



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

# **Nutolusių gaminančių vartotojų ekonominės naudos analizė**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Vitalijus Baltramaitis**

Projekto autorius

**Prof. Saulius Gudžius**

Vadovas

---

**Kaunas, 2020**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

## **Nutolusių gaminančių vartotojų ekonominės naudos analizė**

Baigiamasis magistro projektas

Elektros energetikos inžinerija (6211EX010)

---

**Vitalijus Baltramaitis**

Projekto autorius

**Prof. Saulius Gudžius**

Vadovas

**Lekt. Vaišnorienė Aistija**

Recenzentė

---

**Kaunas, 2020**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

Vitalijus Baltramaitis

## **Nutolusių gaminančių vartotojų ekonominės naudos analizė**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Vitalijaus Baltramaičio, baigiamasis projektas tema „Nutolusių gaminančių vartotojų ekonominės naudos 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.

Vitalijus Baltramaitis

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)

Baltramaitis, Vitalijus. Nutolusių gaminančių vartotojų ekonominės naudos analizė. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. Saulius Gudžius; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): elektros inžinerija (inžinerijos mokslai).

Reikšminiai žodžiai: atsinaujinantys energijos šaltiniai, saulės elektrinė, nutolęs gaminantis vartotojas.

Kaunas, 2020. 84 p.

## Santrauka

Siekiant energetinės nepriklausomybės, aplinką tausojančių išteklių panaudojimą, integracijos į Europos sąjungos energetines sistemas, Lietuva stipriai didina šalies vidaus energijos gamybą panaudojant atsinaujinančius energijos išteklius. Tam tikslui yra numatytos tam tikros skatinimo priemonės. 2019 m. spalio mėn. 1 d. Atsinaujinančių išteklių energetikos bei Elektros energetikos įstatymo pakeičiamieji atvėrė kelią gaminti elektros energiją ir ją vartoti geografiškai skirtingose vietose.

Šiame darbe aptariama saulės energetika. Šiandiena ši technologija išstobulinta ir smarkiai atpigusi, todėl tampa patraukli vartotojams. Visa tai lemia decentralizuotą gamybą, kuri kartu neatsiejama ir su išmaniojo tinklo plėtra. Saulės elektrinių sistemos gali optimizuoti elektros tinklą, taip pat leidžia vartotojams sumažinti išlaidas už elektrą. Tačiau dabartinis elektros tinklas nėra pritaikytas ženkliam mažosios generacijos augimui, kuris sukelia nemažų problemų: įtampos svyravimų, įvairių trigdžių ar net gresmę tinklo patikimumui.

Šis darbas remiasi tikraisiais faktiniais duomenimis, kurie gauti naudojant įmonės AB „Energijos skirstymo operatorius“ vidines duomenų bazes ir programas. Nagrinėjamas gaminančio vartotojo modelis, gaminančio vartotojo energijos apskaita ir veikimas, energijos „pasaugojimo“ elektros tinkle atsiskaitymo būdai pagal VERT 2020 m. sausio 1 d. patvirtintas kainas bei pristatomos naujovės – nutolę gaminantys vartotojai ir pirmieji Lietuvoje atsiradę saulės parkai.

Tyrimo metu nagrinėjami 39-i gaminantys vartotojai, kurie per vadinamą „kaupimo“ laikotarpį pagamino 51 tūkst. kWh daugiau nei patys suvartojo. Pagal dabartinį įstatymą šis energijos kiekis tiesiog prarandamas. Norint kuo labiau išnaudoti perteklinę pagamintą energiją, keičiasi vartojimo įpročiai – energiją stengiamasi vartoti specialiai daugiau, tad daroma išvada, jog dabartinė tvarka neskatina efektyvaus ir taupaus vartojimo. Prijungus nutolusius objektus, gaminantys vartotojai perteklinės energijos problemą išsprendžia, tačiau jiems jau 61 tūkst. kWh energijos trūksta, ją tenka pirkti iš tiekėjų arba didinti gamybos pajėgumus.

Darbe išskiriami du nutolę gaminantys vartotojai (A ir B), kurie analizuojami plačiau. Patikrinama reali šių gamintojų saulės elektrinių daroma įtaka elektros energijos kokybei. Parenkama saulės elektrinių įranga, paskaičiuojamos investicijos įvertinus kreditą bei atsiperkamumas. Dabartinis Atsinaujinančių išteklių įstatymas skatina vartotojus įsidiesti saulės jėgaines ir gaminti elektrą tik savo energijos poreikiams patenkinti, bet negaminti jos daugiau. Pastebima, kad gamintiems vartotojams sudėtinga prognozuoti energijos poreikius. Siūloma keisti dabartinę VERT kainodarą, ją supaprastinant ir darant patrauklesne vartotojams, bei atsisakyti perteklinės energijos „nusavinimo“.

Baltramaitis, Vitalijus. Cost-Benefit Analysis of Remote Prosumers. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. Saulius Gudžius; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering.

Study field and area (study field group): electrical engineering (engineering sciences).

Keywords: renewable energy sources, solar power station, prosumer, remote prosumer.

Kaunas, 2020. 84 p.

### **Summary**

Lithuania highly increases domestic energy production from renewable energy sources in order to achieve energy independence, use of environmentally friendly resources and integration to energy systems of European Union. For that purpose there are certain means to promote it. October 1st, 2019 changes in Renewable Energy and Electricity Law opened the way to produce electric power and to use it in geographically different places.

This study discusses solar energy. Nowadays this technology is advanced and cheaper so as a result it is becoming more attractive to consumers. All of this provides decentralized production which is strongly connected to smart grid development. Solar electricity systems can optimise electricity networks, also it allows to reduce electricity costs for consumers. However, today's electricity network is not adapted to the significant growth of the small generation which causes major issues like voltage fluctuations, various disturbances or even a threat to the reliability of the network.

This study relies on actual factual data, which were obtained using inner databases and programs of company AB „Energijos skirstymo operatorius“. In this study generating consumer model, generating consumer energy accounting and operation, payment methods for energy “storage” in the electricity network according to VERT January 1st, 2020 approved costs are analysed, also innovations are introduced, which are remote producing consumers and the first solar parks to appear in Lithuania.

This research analyzes 39 producing consumers, which produced 51 thousand kWh more than they consumed during the so-called "accumulation" period. Under current law, this amount of energy is simply lost. In order to make the most of the surplus energy produced, consumption habits are changing - special efforts are being made to consume more energy, so it is concluded that the current regime does not promote efficient and economical consumption. Producing consumers solves the problem of excess energy when connecting remote objects, but they already have 61 thousand kWh of energy that is lacking and has to be bought from suppliers or increase production capacity.

In this study there are two remote consumers A and B which are analyzed in more detail. The real impact of these manufacturers' solar power plants on electricity quality is verified. Solar power plant equipment is selected, investments after credit assessment and payback are calculated. Current Renewable Resources law encourages consumers to install solar power plants and produce electricity only for its energy needs, but not to produce more. It is noticeable that it is difficult for producing consumers to predict energy needs. It is proposed to change the current VERT pricing, simplifying it and making it more attractive to consumers, and to eliminate the "misappropriation" of excess energy.

## Turinys

Lentelių sąrašas .....	7
Paveikslų sąrašas .....	8
Santrumpų sąrašas.....	9
Įvadas .....	10
<b>1. Atsinaujinančių energijos išteklių apžvalga ir valstybės siekiai .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo priemonės Lietuvoje .....</b>	<b>14</b>
<b>3. Saulės energetika .....</b>	<b>16</b>
3.1. Saulės elemento veikimas .....	16
3.2. Saulės fotomelektriniai moduliai .....	16
3.3. Saulės energijos potencialas Europoje ir Lietuvoje .....	19
3.4. Inverteriai .....	21
3.5. Saulės jėgainių poveikis aplinkai .....	22
3.6. Saulės jėgainių integracija į elektros tinklą .....	22
3.6.1 Išmaniojo tinklo plėtra Lietuvoje .....	23
3.6.2 Saulės elektrinių įtaką elektros kokybei .....	25
3.6.3 Saulės elektrinių prijungimas .....	28
<b>4. Nutolę gaminantys vartotojai .....</b>	<b>31</b>
4.1. Gaminantis vartotojas .....	32
4.1.1 Gaminančio vartotojo apskaita ir veikimo schema .....	32
4.1.2 Gaminančio vartotojo kainodara .....	35
4.2. Nutolęs gaminantis vartotojas .....	36
4.3. Saulės parkai .....	38
<b>5. Tyrimo dalis .....</b>	<b>40</b>
5.1. Nutolusių gaminančių vartotojų elektros energijos gamybos ir vartojimo analizė .....	40
5.1.1 Nutolusių gaminančių vartotojų kiekiai .....	40
5.1.2 Nutolusių gaminančių vartotojų elektros energijos gamyba ir vartojimas .....	42
5.2. Gaminančių vartotojų atsiskaitymo planų už pasinaudojimą elektros tinklais palyginimas ...	45
5.3. Tyrimo objektai .....	47
5.4. Saulės jėgainių poveikis elektros kokybei .....	49
5.5. Investicijų į saulės elektrinę efektyvumo vertinimas .....	54
5.6. Pasiūlymai ir rekomendacijos .....	60
<b>Išvados .....</b>	<b>62</b>
<b>Literatūros ir informacinių šaltinių sąrašas .....</b>	<b>63</b>
<b>Priedai .....</b>	<b>66</b>
1 priedas. Nutolusių gaminančių vartotojų sąrašas .....	66
2 priedas. Gaminančių vartotojų generacija .....	71
3 priedas. Gaminančių vartotojų suvartojimas .....	73
4 priedas. Nutolusių gaminančių vartotojų suvartojimas .....	75
5 priedas. 10 kW PREMIUM20 saulės elektrinė su optimizatoriais .....	77
6 priedas. A gaminančio vartotojo diskonto skaičiavimo rezultatai .....	78
7 priedas. B gaminančio vartotojo diskonto skaičiavimo rezultatai .....	79
8 priedas. A ir B gaminančių vartotojų balanso (atsiperkamumo) skaičiavimo rezultatai .....	80
9-10 priedai. A GV 2019 m. birželio mėn. vidutinė P+ ir P- galios, kW per valandą .....	81
11-12 priedai. B GV 2019 m. birželio mėn. vidutinė P+ ir P- galios, kW per valandą .....	83

## Lentelių sąrašas

1 lentelė. Pagrindiniai AEŠ privalūmai ir trūkumai .....	11
2 lentelė. Staigiųjų įtampos pokyčių ir mirgėjimo leistinosios ribos .....	29
3 lentelė. Leistinosios projektinės harmoninių įtampų vertės .....	29
4 lentelė. Elektros jėgainių parko modulių keitiklių (inverterių) nuostatos .....	30
5 lentelė. Bendrieji reikalavimai elektros energijos gamybos moduliams .....	30
6 lentelė. GV atsiskaitymo būdai ir kainos .....	36
7 lentelė. Tarifų planų palyginimas pagal faktinius EE gamybos ir vartojimo kiekius .....	46
8 lentelė. Lyginamųjų gaminančių vartotojų duomenys .....	47
9 lentelė. Lyginamųjų nutolusių gaminančių vartotojų duomenys.....	47
10 lentelė. Lyginamųjų nutolusių gaminančių vartotojų suminės energijos .....	48
11 lentelė. 10 kW saulės elektrinės metinės energijos gamybos prognozės .....	54
12 lentelė. Apskaičiuotos A ir B išlaidos už atgautą pagamintą elektros energiją .....	55
13 lentelė. A NGV pajamų ir išlaidų santykis .....	57
14 lentelė. B NGV pajamų ir išlaidų santykis .....	58

## Paveikslų sąrašas

1 pav. Elektros energijos gamyba/importas 2008-2017 m. ....	12
2 pav. Saulės moduliai: polikristalinis (kairėje) ir monokristalinis (dešinėje) .....	17
3 pav. Fotoelektrinės celės atstojamoji schema.....	18
4 pav. Saulės elektrinės produktyvumo priklausomybė nuo metų laiko .....	19
5 pav. Vidutinė metinė Saulės spindėjimo trukmė valandomis Lietuvoje .....	20
6 pav. Rinkos deleguliavimo etapai.....	24
7 pav. Pagrindiniai išmaniosios apskaitos diegimo programos etapai .....	25
8 pav. Įtampos verčių kitimas laike po atliktų korekcijų tinklo įrenginiuose.....	26
9 pav. Tinklo kokybės gerinimo įranga .....	27
10 pav. Gaminančių vartotojų statistika .....	31
11 pav. Gaminančio vartotojo modelis.....	32
12 pav. Paprasto GV informacijos srautų schema.....	33
13 pav. Elektros energijos skaitikliai GAMA 100 (kairėje) ir GAMA 300 (dešinėje).....	33
14 pav. Gaminančių vartotojų kainų taikymo schema .....	35
15 pav. NGV principinė schema .....	37
16 pav. NGV rūšys .....	38
17 pav. Saulės parko principinė schema.....	39
18 pav. Nutolusių gaminančių vartotojų kiekiai.....	41
19 pav. Gaminančių vartotojų pagamintos elektros energijos kiekiai.....	43
20 pav. Gaminančių vartotojų generuojamos ir suvartojamos energijos vidutiniai kiekiai .....	43
21 pav. Nutolusių gaminančių vartotojų generuojamos ir suvartojamos energijos kiekiai.....	45
22 pav. A NGV generuojamos ir suvartojamos energijos kiekiai per kaupimo laikotarpį.....	48
23 pav. B NGV generuojamos ir suvartojamos energijos kiekiai per kaupimo laikotarpį.....	48
24 pav. A GV 2019 m. birželio 9 d. elektros skaitiklio momentiniai įtampos dydžiai .....	49
25 pav. B GV 2019 m. birželio 2 d. elektros skaitiklio momentinė įtampos dydžiai.....	50
26 pav. A gaminančio vartotojo 2019 m. birželio mėn. skaitiklio fiksuotos linijinės įtampos .....	50
27 pav. B gaminančio vartotojo 2019 m. birželio mėn. skaitiklio fiksuotos linijinės įtampos .....	50
28 pav. A ir B gamintojų skaitiklių momentiniai dažniai .....	51
29 pav. Deltuvos miestelio gaminantys vartotojai.....	52
30 pav. Uk-324 įtampų ir galių reikšmės kitimas.....	53
31 pav. A nutolusio gaminančio vartotojo balansas .....	59
32 pav. B nutolusio gaminančio vartotojo balansas .....	59



## Santrumpų sąrašas

AEŠ – atsinaujinantis energijos šaltinis;

APVA – aplinkos projektų valdymo agentūra;

EE – elektros energija;

ES – Europos sąjunga;

GV – gaminantis vartotojas;

NGV – nutolęs gaminantis vartotojas;

VERT – Valstybinė energetikos reguliavimo tarnyba

## Įvadas

Per praėjusį amžių žmonija sunaudojo tiek iškastinių energijos išteklių, kiek per praėjusius daugybę tūkstantmečių. Deginant degalus, dujas ir akmens anglį išsiskyrė tiek daug CO<sub>2</sub> dujų, kad net pradėjo keistis mūsų planetos klimatas. Saulės moduliai, elektros gamybos metu neišskiria jokios taršos, tačiau jie buvo brangūs. 2011 metais saulės elektros kaina siekė 1,63 Lt. Tačiau nuo tada viskas tarsi apsivertė. Pastaraisiais metais saulės jėgainių vystytojai pasaulyje muša mažiausios kainos rekordą. Saulės energetika tapo pigesne už visas kitas energijos gamybos rūšis, nes pati saulės energija nieko nekainuoja. Šiandien Lietuvoje jau taip pat apsimoka gaminti elektrą savo poreikiams.

Ivairiuose žiniasklaidos kanaluose (internete, televizijoje, dienraščiuose ir k.t.) gausu atsinaujinančios energetikos įmonių reklamų, straipsnių ir kitokios informacijos, tiesiog raginančios įsigyti, instaliuoti saulės modulius. Manoma, kad saulės elektrinių plėtra gali patenkinti visos šalies vartojimo poreikį. Tarptautinė energetikos agentūra prognozuoja, kad netolimoje ateityje saulės energetika taps dominuojančiu pasaulio elektros šaltiniu, o tai reiškia, kad kiekvienais metais į atmosfera nebus išmetama milijardai tonų CO<sub>2</sub> dujų ir tai sulėtins pražūtingą globalinį atšilimą.

Lietuvoje įstatymų pakeitimai sudarė sąlygas atsirasti naujoms alternatyvoms: elektros gamybai nuo namų nutolusioje saulės jėgainėje ar saulės elektrinių parke. Šie sprendimai turėtų tapti patogia išeitimi tiems, kas gyvena bute ar name, kurio stogas netinkamas energijos gamybai iš saulės. Tokiu būdu kiekvienas gali tapti elektros energiją gaminančiais vartotojais ir reikšmingai sumažinti savo išlaidas elektrai. Galimybė saulės elektrinę statyti vienoje vietoje, o naudoti elektrą kitoje gyventojams patraukli ne tik dėl finansinio aspekto, bet ir siekiant didinti savarankiškumą.

Ne paslaptis, kad daugelis jautrūs kainai, todėl dažnam įdomu, kokių investicijų reikalauja tapimas gaminančiu vartotoju. Būtent moduliai ir inverteriai sudaro didžiausią nutolusios saulės elektrinės kainos dalį. Greičiausiai daugeliui aktualus ir atsiperkamumo rodiklis. Įvairūs vystytojai ar įmonės, siūlančios savo paslaugas ir produkciją skelbia, kad dabartinėmis supaprastintomis sąlygomis ir valsybės parama, saulės elektrinė atsiperka per 5-9 metus. Tačiau ar tikrai taip yra? Kaip veikia nutolusio gaminančio vartotojo schema ir kaip nutolę objektai, kuriems priskiriama galia, įtakoja vartojimo įpročius? Šie ir kiti klausimai aktualūs kiekvienam besidominčiam gyventojui.

Gaminant ir vartojant energiją tame pačiame objekte, elektrą sunaudojama iš karto arba jos perteklius patiekiamas į tinklą. Naudojantis nuotolinėmis jėgainėmis, kad energija galėtų būti vartojama, ji turi pereiti per skirstomuosius tinklus. Tipiška elektros skirstymo sistema pasižymi pasyvia charakteristika, susijusia su galios srautais (t.y. vienakryptis galios srautas iš pastotės vartotojui). Didėjantys gaminančių vartotojų kiekiai gali turėti reikšmingos įtakos elektros tinklui bei paveikti su energijos kokybe susijusius tinklo parametrus tokius kaip įtampos dydį, perkrovą ar efektyvumą, todėl būtina įvertinti ir šiuos padarinius.

Darbo tikslas – įvertinti nutolusių gaminančių vartotojų charakteristikas ir įtaką elektros tinklui. Tikslui pasiekti keliami uždaviniai:

- apžvelgti atsinaujinančių šaltinių plėtros strategiją bei skatinimo priemones;
- išanalizuoti nutolusių gaminančių vartotojų modelį;
- įvertinti saulės elektrinių daromą įtaką elektros energijos kokybei skirstomajame tinkle;
- pateikti nutolusių gamintojų ekonominės analizės skaičiavimus.

## 1. Atsinaujančių energijos išteklių apžvalga ir valstybės siekiai

Vėjo, saulės, hidroenergijos ir geoterminės energijos išskirtinumas – neišsenkantys energijos šaltiniai, kurių atsinaujinimas priklauso nuo gamtoje vykstančių reiškinių ir jų pokyčių. Pažangiausios technologijos skatina naudoti alternatyvius energijos išteklius, kurių efektyvesnis panaudojimas prisidėtų prie energijos gamybos didinimo ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo. Dažniausiai atsinaujančių energijos išteklių konversija vykdoma elektros energijos sektoriuje.

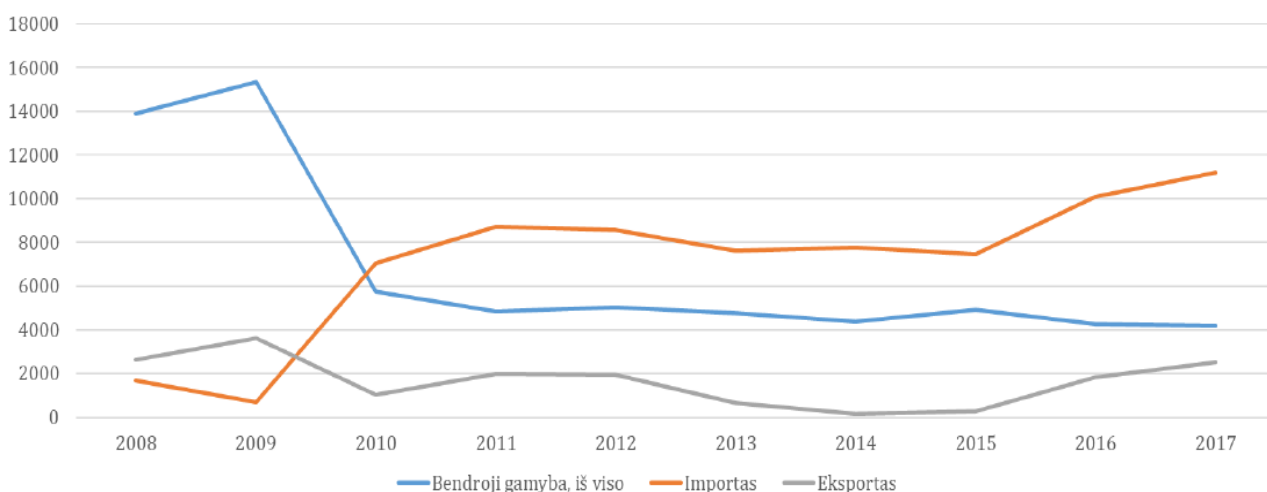
1 lentelė. Pagrindiniai AEŠ privalūmai ir trūkumai

Atsinaujinantis energijos šaltinis	Konversija	Privalumai	Trūkumai
Biomasės energija	Šilumai / aušinimui, transportui, elektrai	Biomasės kuras yra santykinai pigesnis už iškastinį kurą; nenutrūkstanti energijos gamyba; vietiniai biomasės kuro išteklių gali pakeisti iškastinį kurą; biomasės kuro gamybai gali būti panaudojamos įvairios organinės kilmės atliekos.	Biomasės kuro paruošimas (auginimas, atliekų transportavimas, smulkinimas) reikalauja nemažai energijos; kai kurie biomasės išteklių yra sezoniniai. Tiriant biokuro ir jo mišinių su agrokultūromis savybes nustatyta, kad iš agromasės pagamintas kuras pasižymi didesniu peleningumu ir šarminių metalų kiekiu nei mediena. Didžiausias pelenų kiekis – iš šiaudų.
Vėjo energija	Elektrai	Vėjo išteklių yra neišsenkantys; vėjo jėgainės yra ekologiškos, gamina „švarią“ energiją, neišskirdamos į aplinką kenksmingų medžiagų; gaminamos vis efektyvesnės vėjo turbino, o elektros energijos gamybos savikaina nuolat mažėja.	Vėjo energija yra kintanti, priklauso nuo vėjo greičio ir krypties svyravimų. Taip pat arti jėgainių gyvenantiems žmonėms neigiamą poveikį gali turėti jėgainių sklaidžiamas triukšmas ir sparnų šešėlių mirgėjimas. Be to, jėgainių pastatymas ir prijungimas prie elektros tinklo yra brangus, reikalauja didelių investicijų.
Saulės energija	Šilumai / aušinimui, elektrai	Nemokamas, palankus aplinkai ir neišsenkantis energijos šaltinis; naudinga vietovėse, neprijungtose prie elektros tinklo.	Saulės energija yra besikeičianti, nes priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir paros laiko; technologijos yra brangios, jų efektyvumas mažas, todėl jos reikalauja didelio ploto.
Hidroenergija	Elektrai	Vandens išteklių yra nemokami; pigi elektros energijos gamyba; ekologiška energetika, neteršianti aplinkos ir neskatinanti klimato kaitos; užtikrinamas nepertraukiamas tam tikras elektros energijos gamybos kiekis; energijos tiekimo patikimumas.	Poveikis vandens ekosistemoms; hidroelektrinių statybai dažnai reikalingas papildomas žemės plotų užtvindymas siekiant padidinti šaltinio hidrogalių; energijos gamybos priklausomybė nuo klimato (per sausras vandens kiekis sumažėja).
Geoterminė energija	Šilumai / aušinimui, elektrai	Ištekliai yra atsinaujinantys ir neišsenkantys; gaminant energiją neteršiama aplinka; generuojama nuolatinė galia.	Ne visose vietovėse šie išteklių yra prieinami, reikalingos didelės investicijos į technologijas. Be to, šios energijos išgavimą riboja techninės problemos, susijusios su jėgainių eksploatavimu.

Pagrindiniai Lietuvoje AEŠ elektros energijos šaltiniai – vėjas ir vanduo. Vėjo jėgainės yra viena iš sparčiausiai besiplečiančių ir labiausiai aplinką tausojančių atsinaujančių išteklių Lietuvoje, tačiau vis dažniau elektros energijai gaminti panaudojamos ir biodujos. Transporto sektoriuje energija kaip kuras iš atsinaujančių šaltinių gali būti gaunama iš biomasės. Biomasės energija – tai fotosintezės būdu augaluose sukauptą saulės energiją. Tai šaltinis, kuris gali pakeisti iškastinio kuro naudojimą ir didinti nepriklausomybę nuo importinio kuro. Esminis biomasės trūkumas, kad kai kurie išteklių yra

sezoniniai. Kitoms atsinaujinančių energijos išteklių rūšims dažniausiai reikia brangių technologijų, išskirtinių gamybos sąlygų. Vėjo energijos privalumas – gaminamos energijos savikaina dėl technologijų pažangos nuolat mažėja. Saulės energija – tai neišsenkantis energijos išteklius. Nors saulės galimybės yra tūkstančius kartų didesnės už kitų energijos rūšių, tačiau jos energijos gamybai kol kas naudojama mažiausia. Hidroenergija užtikrina nepertraukiamą energijos gamybą, kuri yra pigi, palyginti su kitais energijos ištekliais. Tekančio vandens kinetinę energiją galima panaudoti tiesiogiai, tačiau ji yra menka, o įrengimai nenašūs. Todėl dažniausiai panaudojama vandens tėkmės potencinė energija, kuri specialių įrenginių (turbinų) pagalba verčiama į elektros energiją. Geoterminės energijos pagaminta energija generuoja nuolatinę galią, nes jos ištekliai yra giliai po žeme. Tačiau dėl technologinių apribojimų ne visur šie ištekliai gali būti panaudoti energijai gaminti. Energijos gamyba naudojant atsinaujinančius energijos išteklius, kiekvienais metais Lietuvoje didėjo ir viršijo nustatytą ES28 vidurkį. Energijos gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių per dešimtmetį išaugo 8,6 %, kai 28-ųjų Europos Sąjungos valstybių narių vidurkis padidėjo 8,2 %. Tokie rezultatai rodo gerėjančią atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo energijos gamybai situaciją Lietuvoje. [1]

Lietuvai 2009 m. pabaigoje sustabdžius Ignalinos atominę elektrinę, gaminusią šaliai daugiau nei 80 proc. elektros energijos, Lietuvos elektros energetikos sistema iš eksportuojančios tapo importuojančia. Lietuva importuoja du trečdalius visos suvartotos elektros ir yra priklausoma nuo Rusijos ir Baltarusijos, nors iš Rusijos importuotos elektros energijos kiekis 2017 m. sumažėjo iki 26% dėl pradėjusių veikti Norbalt ir Litpollink jungčių.



**1 pav.** Elektros energijos gamyba/importas 2008-2017 m. Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas

Remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis, 2017 m. Lietuvoje tik ketvirtadalis elektros energijos poreikio buvo užtikrinama vietine elektros energijos gamyba. Lietuvos elektros energijos gamintojai turi konkuruoti su Latvijos ir Švedijos hidroelektrinėmis bei pigia elektra iš Rusijos ir Baltarusijos. Atitinkamai, nauji elektros energijos gamybos pajėgumai nekonkurencingi ir plėtrai Lietuvoje būtinos viešosios investicijos. Lietuvoje pagaminta elektra, konkurencinga elektros biržoje (NordPool) kainai, gali būti tik gamybos iš atsinaujinančių išteklių. [2]

Remiantis Lietuvos statistikos departamento paskelbtais duomenimis 2017 metais AEI dalis bendrame šalies energijos balanse buvo 25,83%; elektros sektoriuje – 18,25%; šildymo ir aušinimo sektoriuje – 46,5%; transporto sektoriuje – 3,69%. 2017 m. Lietuvoje AEŠ naudojančios elektrinės pagamino beveik 2,4 TWh elektros energijos iš kurių daugiau kaip pusę pagamino vėjo energiją naudojančios elektrinės. Galutinis elektros energijos suvartojimas 2017 m. Lietuvoje siekė 10,76 TWh, daugiau kaip 70 % elektros energijos buvo importuota iš kaimyninių valstybių. [3]

Pagal Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti AEŠ energiją, Lietuva AEŠ dalį bendrame galutiniame šalies energijos suvartojime iki 2020 m. buvo įsipareigojusi padidinti iki 23 proc., o AEŠ dalį, palyginti su transporto sektoriaus galutiniu energijos suvartojimu, visų rūšių transporte padidinti ne mažiau kaip iki 10 proc. Šiuo metu atsinaujinančių energijos išteklių srityje užsibrėžtas tikslas pasiekti 23% AEŠ dalį šalies bendrajame energijos suvartojime jau yra pasiektas, tačiau transporto srityje vis dar atsilieka. [3]

Lietuvos Respublikos Vyriausybės programos įgyvendinimo plane įtvirtintas tikslas – vidaus energijos gamybos didinimas, panaudojant vietinius ir atsinaujinančius energijos išteklius. [4] Labai panašiai suformuluotas tikslas Lietuvos pažangos strategijoje „Lietuva 2030“ – pasiekti energetinę nepriklausomybę ir nuosekliai plėtoti aplinką tausojančių išteklių panaudojimą. Nacionalinio saugumo strategijoje [5] keliami trys tikslai:

- stiprinti energetikos sąjungą;
- skatinti Lietuvos Respublikos integraciją į ES energetikos rinką ir sistemas;
- dalyvauti formuojant ir įgyvendinant ES klimato kaitos ir energetikos politiką.

Panašios gairės taip pat teikiamos ir Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje [6] – šalies energetika turi būti visiškai integruota į Europos energetines sistemas, o pati šalis – turėti pakankamai pajėgumų patenkinti savo poreikius ir būti pajėgi dalyvauti ir konkuruoti bendrose ES energijos rinkose, efektyviai bendradarbiauti su kitomis valstybėmis energijos srityje. Įgyvendinant strateginį atsinaujinančių energijos išteklių tikslą, bus siekiama didinti atsinaujinančių energijos išteklių dalį, palyginti su šalies bendruoju galutiniu energijos suvartojimu:

- iki 2020 metų – 30%;
- iki 2030 metų – 45%;
- iki 2050 metų – 80% energija iš atsinaujinančių energijos išteklių taps pagrindinė visuose – elektros, šilumos ir vėsumos energijos bei transporto – sektoriuose.

Panašūs teiginiai ir Lietuvos Respublikos energetikos ministerijos 2018 – 2020 m. strateginiame plane – integruotis į Europos Sąjungos energetines sistemas bei skatinti energetikos sektoriaus plėtrą. Nacionaliniame atsinaujinančių išteklių energijos veiksmų plane [7] siūlomi tikslai stipriai fokusuojasi į atsinaujinančius energijos išteklius, jų naudojimo sąlygų, reikalavimų ir kriterijų sukūrimą. Šiose dvejose programose taip pat iškeliami tikslai, kurie orientuojasi į atsinaujinančių energijos išteklių didinimą šalies energijos balanse, elektros ir šilumos energetikos bei transporto srityse.

## 2. Atsinaujančių energijos išteklių skatinimo priemonės Lietuvoje

Lietuvoje anksčiau galiojusi paramos schema nebuvo pritaikyta veikti rinkos sąlygomis ir integruoti gamintojus į rinką bei neatspindėjo intensyvėjančios technologijų pažangos. Gamintojams būdavo mokamas nustatytas fiksuotas tarifas, kurio dydis būdavo nustatomas aukciono metu – mažiausią tarifą pasiūlęs gamintojas tapdavo aukciono laimėtoju. Elektros energiją iš jų privalomai supirkdavo tinklų operatorius, todėl tokia paramos schema neskatino gamintojų veikti rinkos sąlygomis ir reaguoti į rinkos poreikius bei pokyčius. Taip pat anksčiau vykusius AEŠ aukcionus laimėję gamintojai nebuvo atsakingi už elektros energijos balansavimą, o prijungimo prie elektros tinklų išlaidas jie dalindavosi su tinklų operatoriumi. Tai reiškia, kad už tai tiesiogiai sumokėdavo elektros vartotojai.

2018 m. Seimas pritarė Atsinaujančių išteklių energetikos įstatymo pakeitimams, kuriais įtvirtintas naujas paramos modelis atsinaujinančius energijos išteklius naudosiančių elektrinių skatinimui. Naujasis modelis padeda siekti strateginių energetikos tikslų, įtvirtintų Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje. Pagal naująją tvarką, parama AEŠ elektrinėms ir toliau skirstoma aukcionų būdu, nes toks metodas leidžia užtikrinti pačią žemiausią kainą. Todėl svarbiausias kriterijus, lemiantis naujų aukcionų laimėtojus – mažiausias priedas prie elektros energijos rinkos kainos „Nordpool“ biržoje, kuris bus mokamas 12 metų laikotarpiu. Siekiant kuo mažesnio rinkos iškrypimo, naujuoju paramos modeliu tikimasi palaipsniui integruoti AEŠ naudojančius elektros energijos gamintojus į rinką, todėl jie įpareigoti elektros energiją parduoti rinkoje, o taip pat prisiimti balansavimo atsakomybę bei padengti prijungimo prie tinklų išlaidas [8].

Europos Komisija pagal ES valstybės pagalbos taisykles patvirtino schemą, skirtą elektros energijos gamybai iš atsinaujančiųjų energijos išteklių Lietuvoje remti. Priemonė gali būti taikoma visų rūšių atsinaujinančiosios energijos gamybai ir padės siekti ES aplinkosaugos tikslų pernelyg neiškraipant konkurencijos. Schema padės Lietuvai pasiekti savo nacionalinį tikslą, kad iki 2025 m. bendro galutinio energijos suvartojimo dalis, kurią sudaro atsinaujančiųjų išteklių energija, sudarytų 38%. Atsinaujinančiosios energijos paramos schema bus taikoma iki 2025 m. liepos 1 d. arba tol, kol bus pasiektas 38 proc. tikslas. Šios schemos bendras biudžetas – 385 mln. eurų. [9].

Nuo 2019 m. liepos 2 d. gyventojams ir juridiniams asmenims, norintiems įsirengti iki 30 kW galios saulės elektrines, taikomos supaprastintos procedūros, atsisakant perteklinių leidimų. Nebereikia dviejų leidimų – leidimo plėtoti elektros energijos gamybos pajėgumus ir leidimo gaminti elektros energiją. Šie patobulinimai leido greičiau ir pigiau įsirengti elektrines.

Pradėtas taikyti diferencijuotas elektrinių prijungimo prie elektros tinklų mokestis. Naujus namus besistatantys ir saulės elektrines įsirengiantys gyventojai moka mažesnę tokios jėgainės prijungimo mokestį – 20 proc. įprastos įmokos. Tuo tarpu juridiniai asmenys tokiais atvejais moka 40 proc. prijungimo mokesčio. Gyventojai ir įmonės, įsirengiantys saulės elektrines jau pastatytuose objektuose moka pilną prijungimo mokestį. Iki tol pilną mokestį be išimčių mokėjo visi saulės elektrines įsirengiantys vartotojai. [10]

Per 2019 metus gyventojams saulės elektrinėms individualiuose namuose įsirengti skirti 6,2 mln. eurų. Energetikos ministerija ir toliau kviečia gyventojus teikti paraiškas ir gauti paramą saulės elektrinėms. Šių metų sausio 2 d. startuovo dvi finansinio skatinimo priemonės – Europos Sąjungos parama skiriama saulės elektrinėms individualiuose namuose įsirengti ir nutolusioms saulės elektrinėms įsigyti. Saulės elektrinėms numatyta rekordinė paramos suma – 15,54 mln. eurų. Nutolusioms saulės elektrinėms įsirengti arba daliai elektrinės saulės elektrinių parkuose įsigyti numatyta skirti 4,5 mln. eurų. Taip pat bus tęsiama parama elektrinių įsirengimui individualiuose namuose, tam taip pat skirta 4,5 mln. eurų. Gyventojai, planuojantys įsirengti saulės elektrines ar įsigyti iš elektrinių parko bei už tai gauti finansinę paramą, turi teikti paraiškas Aplinkos projektų

valdymo agentūrai. Suteikiama parama siekia 323 Eur už 1 kilovatą (kW) saulės elektrinės įrengtos galios. Parama skiriama įsigyti iki 10 kW galios elektrinei. [11]

Gyventojai iki šių metų sausio 31 d. APVA'į aktyviai teikė paraiškas kompensacijai saulės elektrinėms įsirengti ar seniems biokuro katilams pasikeisti. Per mėnesį paramos kreipėsi daugiau nei 10 tūkst. gyventojų. Daugiausia gyventojų kreipėsi dėl paramos saulės elektrinėms individualiuose namų ūkiuose įsirengti. Iš viso pateikta 5560 paraiškų, o jų suma siekia 13,65 mln. eurų. Pirmą kartą finansinės paramos galėjo kreiptis gyventojai, norintys įsigyti saulės elektrinę iš saulės elektrinių parkų arba įsirengti ją geografiškai nutolusiose vietose (energija vartojama vienoje vietoje, o pagaminama kitoje). Nutolusioms saulės elektrinėms įsirengti pateikta 1550 prašymų, o paramos suma siekia 2,53 mln. eurų. [12]

Įvertinus didelį gyventojų susidomėjimą saulės elektrinėmis, Energetikos ministerija kartu su APVA rengiasi naujam paraiškų teikimo etapui, pirmasis numatytas jau šių metų liepos 1 d. Taip pat numatyta, kad paramą jau gavusiems gyventojams kompensacijos bus išmokėtos greičiau nei planuota. Siekiant sudaryti kuo platesniam gyventojų ratui įsirengti saulės elektrines numatyta ir dar viena svarbi naujovė – gyventojai, kurie neturi galimybės įsirengti saulės elektrinės nuosavomis lėšomis, ir tai darys išsimokėtinai, galės gauti ir didesnę – ne 323 Eur, o 381 Eur fiksuotą išmoką už 1 kW elektrinės galios. Tokiu būdu bus kompensuojama dalis palūkanų. Tam numatyta skirti 5 mln. Eur iš Klimato kaitos programos. [13]

LR Vyriausybė 2019 m. spalio 30 d. pritarė Atsinaujinančių energijos išteklių įstatymo pakeitimams, kurie leidžia steigti atsinaujinančių išteklių energijos bendrijas. Šis naujas modelis Lietuvoje sudaro galimybes gyventojų bendruomenėms gaminti ir vartoti žalią elektros energiją. Bendrijoms priklausančiose jėgainėse pagamintą energiją galima neatlygintinai perduoti arba perduoti savo nariams ar akcininkams arba perduoti kitiems asmenims pagal dvišalius susitarimus. Bendrijos negalės siekti pelno, todėl už perduotą energiją gautas pajamas jų nariai gali panaudoti bendruomenės tikslams. Panašios bendrijos yra paplitusios ES šalyse, kuriose teikiamas ypatingas dėmesys švarei, darnei bei tvarei energetikai, pavyzdžiui, Danijoje, Olandijoje bei Vokietijoje. Šiose valstybėse tokios bendrijos kuria didelę pridėtinę vertę – į mažosios atsinaujinančios energetikos plėtrą įsitraukia daugiau gyventojų, o tai savo ruožtu skatina vietos investicijas bei išplečia vartotojų pasirinkimo galimybes bei savarankiškumą. Atsinaujinančių išteklių energijos bendrijos gali valdyti ir plėtoti atsinaujinančius išteklius energijos gamybai naudojančias elektrines – jose gaminti, vartoti, kaupti savo kaupimo įrenginiuose ir perduoti pasigamintą atsinaujinančių išteklių energiją. Bendrija gali tapti jau veikiančios arba naujai įsteigtos kooperatinės bendrovės, viešosios įstaigos, daugiabučių namų bendrijos, asociacijos ir sodininkų bendrijos, kurių nariais galės būti pavieniai žmonės, mažos ir vidutinės įmonės arba savivaldybės [14].

### 3. Saulės energetika

Saulės energija yra pats galingiausias atsinaujinančios energijos šaltinis Žemėje. Teorinis metinis saulės energijos potencialas yra tūkstančius kartų didesnis už kitų rūšių energijos potencialą. Mokslininkai apskaičiavo, jog teorinis metinis pasaulio saulės energijos potencialas sudaro 900 000 000 TWh. Jis yra apie 60 kartų didesnis už teorinį metinį pasaulio vėjo energijos potencialą, apie 2200 kartų – už teorinį metinį geoterminės energijos potencialą, 36 tūkst. kartų – už hidroenergijos teorinius metinius potencialus. Nepaisant to, Saulės energijos potencialas energijos gamybai kol kas naudojamas mažiausiai, didžioji dalis saulės energijos potencialo taip ir lieka nepanaudota. Taip yra dėl kelių priežasčių:

- saulės energija yra plačiai išsisklaidžiusi, jos parametrai kinta plačiose ribose priklausomai nuo paros ir metų laiko;
- anksčiau nesusidarė galimybių saulės energiją naudoti efektyviai.

Tačiau laikai keitėsi, technologijos tobulėjo. Naudojantis pažangiausiomis technologijomis, realizuoti saulės energijos išteklius tampa vis lengviau. Lietuvoje 2019 metais jau veikė apie 3290 saulės elektrinių, kurių bendra įrengtoji galia siekia apie 96 MW. Daugiausia Lietuvoje veikiančių saulės elektrinių yra nedidelės galios iki 30 kW. Pagrindiniai saulės energetikos trūkumai: ji yra nepastovi, nes priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir paros laiko; technologijos yra brangios, jų efektyvumas mažas, todėl joms reikia daug ploto. [15]

#### 3.1. Saulės elemento veikimo principas

Daugiau nei 98% visų rinkos saulės elementų gamybos pagrindinė medžiaga yra silicis (Si). Tai – antras pagal gausumą Žemės elementas. Kristalų pavidalo silicio randama smėlyje, smiltainyje bei granite. Dažnai jis sudaro ir nemaža molio ar skalūnų dalį. Randama ir kreidoje, klintyse ir kitose uolienose bei dirvoje. Silicis yra puslaidininkė medžiaga. Tai viena iš pagrindinių priežasčių, kodėl ši medžiaga plačiai naudojama saulės elementų gamyboje, nes elektroninės jo savybės gali būti keičiamos norima linkme, įdėjus šiek tiek priemaišų. Į silicį įmaišius fosforo, jis turi elektronų perteklių ir tampa „n“ laidumo puslaidininkiu. Silicis su boro priemaiša turi skylių perteklių ir tampa „p“ laidumo tipo puslaidininkiu.

Saulės šviesa, fotonai, krentanti į saulės elementą, jonizuoja silicio atomus. Šie, veikiami p-n sandūros potencialų skirtumo, polarizuojasi į dvi priešingo krūvio zonas. Laisvieji elektronai kaupiasi „n“ sluoksnyje prie viršutinio kontakto, atomai, netekę elektrono, kaupiasi „p“ sluoksnyje, prie apatinės kontaktinės plokštelės. Fizikinis reiškinys apibūdinantis šią reakciją, vadinamas - fotoelektriniu efektu. Gavus pakankamą energijos kiekį, elektronai peršoka į laidumo juostą. Valentinės ir laidumo juostos energijų skirtumas yra vadinamas draudžiamąja juosta. Fotoelektros elemento efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo draudžiamosios juostos dydžio. Po reakcijos susiformuoja p-n sandūra, kuri užtikrina elektrinio lauko pastovumą. P-n sandūroje susidaręs elektrinis laukas elektronus ir skyles nukreipia atitinkamomis kryptimis, kurias sujungus į grandinę, elementu pradeda tekėti nuolatinė elektros srovė - laisvieji elektronai keliauja į „p“ silicio sluoksnį ir ten rekombinuojasi su skylėmis, išlaisvindami savo krūvio energiją. [16]

#### 3.2. Saulės fotomelektroiniai moduliai

Saulės elektra gaminama saulės elektros moduluose, dar vadinamuose fotovoltiniais moduliais. Tai – puslaidininkinės stiklu padengtos plokštės, dažniausiai 100x170 cm (tipinio) arba 100x200 cm (padidinto) dydžio, sveriančios 24 arba 28 kg. Moduliai gali būti su aliuminio rėmais arba be jų (stiklas/stiklas tipo moduliai). Pastaraisiais metais pastebima didžiulė pažanga tobulinant fotoelektrinius modulius – nuolat kuriamos tobulesnių veikimo charakteristikų, didesnio patikimumo ir ilgalaikio aptarnavimo koncepcijos. Tinkamo saulės modulio pasirinkimas yra vienas pagrindinių kiekvieno būsimo saulės jėgainės savininko klausimų, ypač jeigu kalba eina apie didelę instaliuotą



galią. Rinkoje yra prieinami devyni saulės modulių tipai. Kiekvienas tipas turi savo teigiamas ir neigiamas savybes: [17]

- polikristaliniai (poly-Si/mc-Si) saulės moduliai.
- monokristaliniai (MONO c-Si) saulės moduliai;
- kvazi-monokristaliniai (c-Si) saulės moduliai;
- amorfinio silicio (a-Si) saulės moduliai;
- kadmio telurido (CdTe) saulės moduliai;
- CIGS/CIS saulės moduliai;
- „All back contact“ saulės moduliai;
- HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer) tipo monokristaliniai moduliai;
- dvipusiai saulės moduliai.

Dažniausiai naudojami polikristalinio arba monokristalinio silicio moduliai. Polikristaliniai moduliai yra pagaminti iš polikristalinio silicio, t. y. tokio, kuris išsikristalizavo iš daugybės monokristalų. Paprastai celės yra šviesiai mėlynos spalvos, turi kvadrato ar stačiakampio formą, dažnai yra matomi kristalų kraštai. Šis celių tipas turi aukštą naudingumo koeficientą, tačiau žemesnį už mono-modulių ir didelį galios sumažėjimo rodiklį, kylant aplinkos temperatūrai. Taip pat polikristaliniai moduliai, lyginant su monokristaliniais, yra 8-15% pigesni. Monokristalinio saulės modulio celės yra pagamintos iš didelių silicio monokristalų. Dažniausiai yra juodos spalvos. Šis modulių tipas pasižymi tuo, jog turi aukščiausią naudingumo koeficientą ir didžiausią galios sumažėjimo rodiklį, didėjant aplinkos temperatūrai. Be tradicinių monokristalių celių taip pat yra gaminamos HIT tipo celės ir celės su dviem elektrodais modulio galinėje pusėje. Tai yra didelio našumo nišiniai sprendimai.



**2 pav.** Saulės moduliai: polikristalinis (kairėje) ir monokristalinis (dešinėje)

Monokristaliniai ir polikristaliniai saulės moduliai yra pagaminti iš to paties silicio. Tik silicis, kol taps saulės fotoelektriniu moduliu, turi praeiti eilę technologinių procesų. Iš pradžių žaliava yra valoma tol, kol tūrio vienetu liks 99% silicio. Vėliau silicis yra lydomas specialiose krosnyse. Išlydžius, prasideda technologiniai skirtumai. Gaminant monokristalinius silicio modulius, silicio plokštelė yra auginama aplinkui vieno bazinio monokristalo ir sukuriamas idealiai orientuotas kristalinis tinklulis. Polikristalinio saulės modulio atveju silicio plokštelė formuojama iškart aplink kelis bazinius kristalus. Kitaip tariant, polikristalas, tai daugybė vienas kito atžvilgiu laisvai orientuotų monokristalų. Monokristalinių saulės modulių gamybos procesas yra brangesnis. Kol monokristalinis silicis taps fotoelektriniu moduliu, jam iš pradžių reikia suteikti taisyklingą formą ir tik po to supjaustyti į plonas plokšteles. Tuo tarpu polikristalinio silicio technologija yra paprastesnė, pigesnė ir tobulesnė. Bazinį polikristalą, lyginant su monokristalu, pavyksta išgauti didesnių

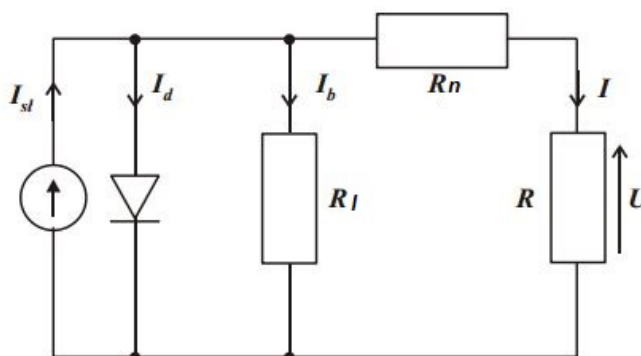
išmatavimų ir iš karto taisyklingos stačiakampės formos. Atsimeta formos suteikimo procedūra, kas mažina išlaidas ir spartina gamybos procesą. Dėl savo daugiau harmoningos struktūros monokristalinis silicis turi šiek tiek didesnę naudingumo koeficientą. Palyginus du vienodos galios monokristalinį ir polikristalinį saulės modulius, polikristalinio modulio plotas bus keliais procentais didesnis. Monokristaliniai saulės moduliai yra šiek efektyvesni karštomis dienomis, o polikristaliniai geriau veikia apniūkusiu laikotarpiu ir vėsiojo vidutinio klimato zonoje, pvz. Lietuvoje. [18]

Vis labiau tampa populiariesni dvigubo stiklo saulės moduliai (stiklas-stiklas), kurių, lyginant su tradiciniais saulės moduliais, pagrindinis skirtumas yra toks, kad saulės moduliai stiklas-stiklas iš abiejų pusių yra apsaugoti grūdintu stiklu. Tuo tarpu standartiniuose saulės moduliuose iš viršaus yra grūdintas stiklas, o iš apačios speciali folija. Papildomas stiklas didesnio svorio ir aukštesnės kainos sąskaita prailgina saulės modulio tarnavimo laiką ir labiau apsaugo gaminį nuo aplinkos cheminio poveikio. Standartiniai saulės moduliai po 25 metų praranda 20% savo nominalios galios, o stiklas – stiklas saulės moduliams gamintojai suteikia 30 metų efektyvumo garantiją.

Fotoelektrinės jėgainės moduliai jungiami dažniausiai nuosekliai ir fotoelementai gaminami 12, 24, 36 ir 48 V darbo įtampai iki 300 W galios. Fotoelektriniai moduliai jungiami lygiagrečiai norint gauti didesnę galią. Fotoelektrinės jėgainės modulius jungiant lygiagrečiai, kiekvienam iš jų diodai jungiami nuosekliai. Diodai apsaugo nuo išlyginamųjų parazitinių srovių, nes fotomodulių parametrai nėra idealiai panašūs. Jei fotoelektrinės jėgainės fotomoduliai jungiami nuosekliai, kiekvienam iš jų diodai jungiami lygiagrečiai, ir taip sudaro sąlygas veikti visam fotomodulių laukui, sutrikus bent vieno fotomodulio veikimui.

Saulės modulių efektyvumas yra matuojamas procentais ir nusako kiek saulės energijos gali surinkti 1 m<sup>2</sup> ploto fotoelektrinė plokštė. Rinkoje jau galima sutikti saulės modulių, kurių efektyvumas siekia 20 %, tačiau šiuo metu masiškai prekiaujama moduliais, kurių vidutinis efektyvumas apie 18 %. Saulės moduliai yra testuojami atliekant 1000 W spinduliavimą ant 1 m<sup>2</sup> paviršiaus ploto. Jeigu saulės modulio plotas būtų 1 m<sup>2</sup> ir efektyvumas 20 %, tuomet iš 1000 W spinduliuotės jis generuotų tik 200 W. Kitaip tariant, kuo didesnis modulio efektyvumas, tuo daugiau energijos gali pagaminti saulės modulio vienas kvadratinis metras.

Saulės modulių fotoelektrinės celės kokybė įtakoja generuojamą galią. Celės kokybę apsprendžia jos nuoseklieji ir lygiagrečioji varžos (3 pav.).



**3 pav.** Fotoelektrinės celės atstojamoji schema

3-čio paveikslo schemas elementai:

- $R_n$  – nuoseklieji fotoelektrinės celės varža. Ją sudaro kontaktų, bazės ir kitų celės sluoksnių varžos;
- $R_1$  – lygiagrečioji fotoelektrinės celės varža. Ji nusako srovės pratekėjimo išilgai celės kraštų ar išilgai kristalų grūdų ribų galimybę;

- R – apkrovos varža. Ji turi būti taip parinkta, kad jos naudojama galia būtų optimali saulės modulio našumo atžvilgiu.

Idealios saulės fotoelektrinės celės lygiagrečioji varža turi būti labai didelė ir siekti begalybės, o nuosekioji varža yra artima nuliui. Lygiagrečiosios varžos sumažėjimas yra susijęs su celių defektais, kas reiškia, jog fotoelektrinis modulis niekada nepasiekia savo maksimalios veikimo srovė ( $I_{mpp}$ ). Tuo tarpu nuosekiosios varžos padidėjimas reiškia netinkamą celės konstrukciją ir per didelę varžą silicio ir metalinių elektrodų sujungimo vietose. Dėl to saulės modulis niekada nepasiekia savo maksimalios veikimo įtampos ( $V_{mpp}$ ). Žinant šiuos teorinius pagrindus, saulės modulio kokybę galima sužinoti nustatčius taip vadinamą užpildymo koeficientą FF (trumpinys iš angliško termino “fill factor”): [19]

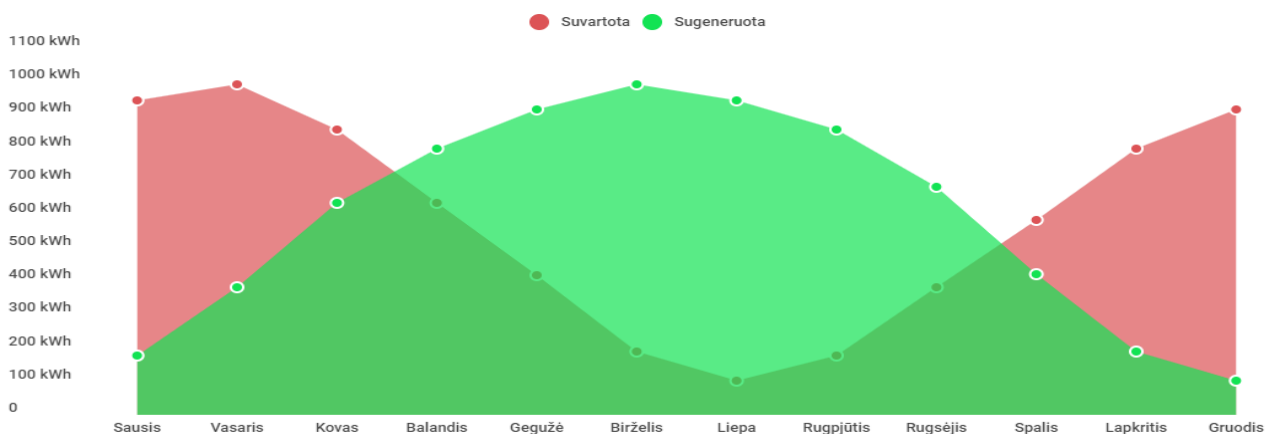
$$FF = (V_{mpp} \times I_{mpp}) / (VOC \times ISC)$$

Saulės modulių, pagamintų iš A klasės saulės fotoelektrinių celių, užpildymo koeficientas turi būti virš 0,75. B klasės celių atveju šis koeficientas neturi būti žemesnis už 0,7 – 0,72 ir C klasės celių užpildymo koeficientas dažnai yra nuo 0,6 iki 0,7.

### 3.3. Saulės energijos potencialas Europoje ir Lietuvoje

Lietuvos geografinė platumą nėra tokia palanki Saulės energijai panaudoti kaip šalys, esančios arčiau ekvatoriaus, tokios kaip pvz: Malta, Kipras. Lietuvos Saulės energija, patenkanti į Žemės paviršių, išsisklaido žymiai didesniame paviršiaus plote negu tose geografinėse platumose, kuriose vidurdienį Saulė stovi zenite. Saulės spinduliai čia taip pat nueina ilgesnį kelią atmosferoje ir todėl patiria kur kas didesnę absorbcijos ir difuzijos nuostolių. Lietuvoje metinis Saulės energijos kiekis, krentantis į horizontalų 1 m<sup>2</sup> ploto paviršių, truputį didesnis nei 1000 kWh/m<sup>2</sup> (Europoje pirmaujančios Vokietijos pietuose – 1260 kWh/m<sup>2</sup>, šiaurėje 970 kWh/m<sup>2</sup>, Ispanijoje apie 1500 kWh/m<sup>2</sup>). Taigi, klimatinės sąlygos saulės energetikai Lietuvoje tik šiek tiek blogesnės negu Vokietijoje, bet geresnės negu Belgijoje, Danijoje ar Didžiojoje Britanijoje. Daugiau kaip 80% šios energijos tenka 6 mėnesiams (nuo balandžio iki rugsėjo).

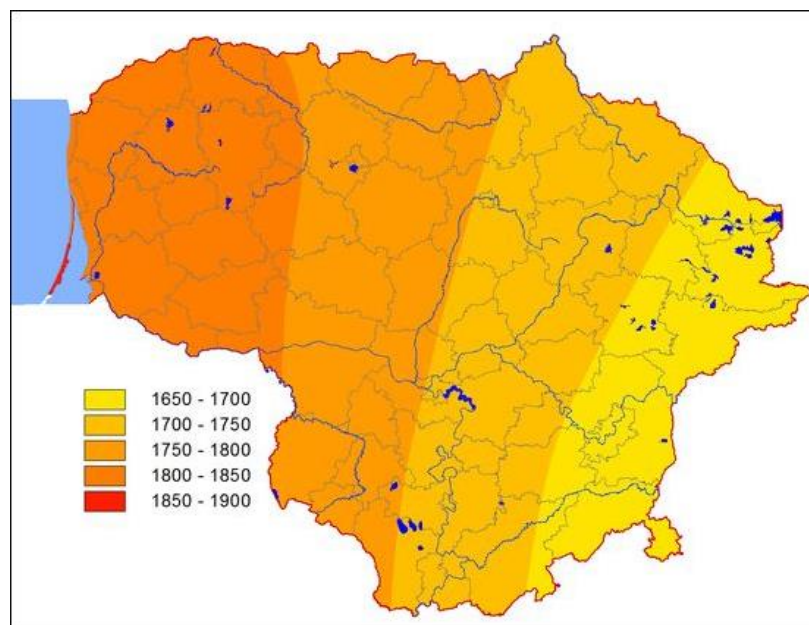
Krintanti į žemės paviršių saulės spindulinė energija kinta atsižvelgiant į metų laiką, paros laiką ir meteorologines sąlygas. Energija, krintanti lapkričio, gruodžio, sausio mėnesiais, sudaro tik 10 % energijos, krintančios gegužį, birželį, liepą (4 pav.). Naktį energija artima nuliui, stipriai apniukusią dieną sudaro tik kelis procentus visos giedrą dieną krintančios energijos. Fotoelektrinė saulės energija, kaip vienintelis nuolatinis energijos šaltinis, gali būti naudojama tik turint galimybę ją sukaupti, tokiu būdu perdengiant energijos nepakankamumą, sukeltą sezoninių, paros ir meteorologinių šviesos srauto kitimų. Akumulavimui taikomi tokie būdai: elektros akumuliatoriuose, vandens akumuliacinėse talpose. Perspektyvus kompensacijos būdas yra jungimas su vėjo jėgaine. [20]



4 pav. Saulės elektrinės produktyvumo priklausomybė nuo metų laiko

Integruotos į tinklą saulės elektrinės sistema yra paprastesnė ir susideda iš fotoelementų ir inverterio. Tokia sistema yra patikimesnė už autonominę sistemą, nes saulės apšvietos trūkumo metu sistema gali pasiimti trūkstamą elektros energiją iš elektros tinklo.

Didelę įtaką saulės energijos intensyvumui turi klimatinės sąlygos. Meteorologiniai stebėjimai rodo, kad saulėtų dienų skaičius Lietuvoje pasiskirstęs nevienodai. Daugiausia saulėtų valandų per metus Nidoje – 1900, mažiausia – rytiniame šalies pakraštyje – 1650 (5 pav.).



**5 pav.** Vidutinė metinė Saulės spindėjimo trukmė valandomis Lietuvoje, esant giedram dangui, kuomet galima gauti maksimalų spinduliuojamos energijos kiekį.

Lietuvos klimatinėmis sąlygomis saulės modulis praktiškai niekada nepasiekia nominalios galios, kuri nurodyta ant saulės modulio lipduko. Tipinė saulės spinduliuotė saulėtą dieną yra 800-900 W/m<sup>2</sup>, t.y. 10-20% mažesnė už tą, kurioje saulės modulis yra testuojamas laboratorinėmis sąlygomis. Lietuva yra nuosaikaus klimato zonoje, todėl didžiausia saulės energijos dalis, kurią gauname iš saulės, yra žemos saulės spinduliuotės diapazone nuo 100 iki 600 W/m<sup>2</sup> ir būtent nuo šio diapazono efektyvaus panaudojimo priklauso visos instaliacijos efektyvumas. Be to, karštą vasaros dieną saulės modulių temperatūra gali siekti net iki 70 0C, dėl ko nuo 5 iki 15% sumažėja saulės jėginės gaminama galia.

Įrengiant saulės elektrinę labai svarbu parinkti tinkamą fotomodulių posvyrio kampą. Nuo jo priklauso suminės apšvietos kiekis, krentantis į fotomodulių plokštumą. Tinkamai parinktas fotomodulių posvyrio kampas užtikrina, kad fotomodulių plokštumą pasieks maksimalus tiesioginių saulės spindulių kiekis. Optimalus fotomodulių posvyrio kampas parenkamas pagal geografinę padėtį. Dėl saulės padėties žemės atžvilgiu suminė apšvita, pasiekianti žemės paviršių skirtingose vietovėse, skiriasi. Pavyzdžiui, jeigu stogo kampas yra nukrypęs nuo pietų 45 laipsnių, metiniai energijos nuostoliai sudaro apie 7%. Jeigu nėra galimybės stogo šlaitą suprojektuoti tiksliai į pietų pusę, vertėtų sumažinti šlaito nuolydžio kampą, kas dalinai kompensuos energijos nuostolius. Skirtingose vietovėse posvyrio kampas nustatomas pagal daugiamečius tyrimų duomenis.

Didžiausias apšvietos kiekis tenka fotomoduliams, orientuotiems į pietinę pusę, mažiausiai – į šiaurinę. Didžiausias efektyvumas pasiekiamas, kai fotomodulio plokštuma orientuota į saulę 90<sup>0</sup> kampu. Skirtingai nuo vietovės, metinė suminė apšvita keičiasi nevienodai. Norint, kad saulės elektrinė sugeneruotu maksimalų elektros energijos kiekį, yra montuojamos sistemos su sekimo įranga. Ši įranga leidžia fotomodulius orientuoti statmenai į saulę, nepriklausomai nuo dienos ar metų

laiko. Tiesa, tokios saulės elektrinių sistemos gana brangios ir dėl sudėtingų konstrukcijų gedimo tikimybė kur kas didesnė nei tradicinių saulės elektrinių.

### 3.4. Inverteriai

Viena svarbiausių saulės elektrinės sudedamųjų dalių yra inverteris (įtampos keitiklis). Pagrindiniai inverterio komponentai yra: nuolatinės – kintamos (DC/AC) srovės keitimo blokas, valdymo blokas, maksimalaus galios taško sekimo įrenginys bei kiti smulkesni elektroniniai komponentai. Saulės modulių įrengtoji galia turėtų būti 10-20% didesnė už inverterio nominalią galią. Tai paaiškinama tuo, kad inverterio našumas yra didžiausias tuomet, kai jis veikia savo nominalia galia. Jeigu saulės modulių galia bus lygi inverterio galiai arba mažesnė, saulės jėgainė negamins prognozuojamo elektros energijos kiekio ir gamybos rodikliai kiekvienais metais mažės. DC/AC srovės keitimo blokas atlieka srovės keitimo funkciją iš nuolatinės į kintamąją. Maksimalaus galios taško sekimo įrenginys atsakingas, kad saulės fotomodulių sistema veiktų maksimaliai efektyviai, esant skirtingoms darbo sąlygoms, tokioms kaip laikinas šešėliavimas ar apšvitos intensyvumo sumažėjimas. Pačio tinklo inverterio veikimo principas iš dalies mažai kuo skiriasi nuo kitų galios elektrinių įrenginių: dažnio keitiklių, maitinimo šaltinių ir pan. Inverterio pagrindinė funkcija valdyti srovės ir įtampos parametrus. Pagal paskirtį inverteriai gali būti autonominio darbo režimo ir integruoto į tinklą darbo režimo. [21] Dauguma srovės keitiklių gamintojų suteikia 5 metų produkto garantiją. Lygiai taip pat absoliuti dauguma tiekėjų suteikia galimybę šią garantiją prasižesti dar 5, 10, o kartais ir daugiau metų. Ilgesnę standartinę garantiją turi SolarEdge keitiklis (inverteris), kuriam suteikiama 12 metų standartinę produkto garantiją, tačiau atitinkamai šios sistemos kaina su optimizatoriais yra didesnė. 5 metų produkto garantija nereiškia, kad dauguma keitiklių po šio laikotarpio pradeda gesti. Kaip jau minėta, tikimybė, jog kažkuris elementas jūsų saulės elektrinėje suges per pirmus 10 metų yra 1 iš 10. Papildomas garantijos pratęsimas yra tarsi draudimas tiems, kurie nori apsidrausti nuo šios apie 10% siekiančios rizikos.

Šiuo metu Lietuvos rinkoje dažniausiai naudojami tradiciniai ir išmanieji inverteriai, veikiantys su galios optimizatoriais. Prie tradicinio inverterio prijungtų saulės modulių darbas priklauso vienas nuo kito, t.y. jei vienas saulės modulis dėl tam tikrų priežasčių (didesnė degradacija, apsinešimas dulkėmis, skirtingas modulių apšviestumas, šešėlis ir kt.) veikia silpnesniu režimu, visi kiti moduliai irgi dirbs nepilnu pajėgumu, nes srovę ribos silpniausias modulis grandinėje.

Optimizuoti naujos kartos inverteriai pasižymi tuo, jog juos galima įrengti ant bet kurios namo stogo dalies, taip suteikiant optimalų saulės energijos panaudojimą. Optimizuotų inverterių saulės moduliai nepriklauso vienas nuo kito ir tokiu būdu išgauna maksimalią galią iš kiekvieno modulio, ko negali padaryti tradicinė sistema. Elektros generacija naujai sumontuotuose saulės moduluose su galios optimizatoriais bus didesnė iki 2%, o ilgainiui šis skirtumas tik augs. Be to, optimizuoti inverteriai yra pritaikyti saugiam naudojimui – išjungus prietaisą, įtampa nuolatinės srovės grandinėje nukrenta žemiau 32 V (elektrinėje sudarytoje iš 32 saulės modulių), taip nekeldama pavojaus žmogaus gyvybei. Tuo tarpu tradicinis inverteris tokios funkcijos neturi ir dienos metu grandinėje nuo saulės modulių iki inverterio lieka aukšta, žmogaus gyvybei pavojinga nuolatinė įtampa (iki 1kV).

Pagrindinis skirtumas tarp šių technologijų yra efektyvus stogo ploto išnaudojimas. Tradicinio inverterio atveju visi saulės moduliai turi būti montuojami tuo pačiu kampu ir ta pačia kryptimi, tai sunkiai įgyvendinama, jei stogas turi daugiau šlaitų. Optimizuota sistema tinkama bet kokio tipo stogui. Be to, išmanusis inverteris leidžia stebėti kiekvieno saulės modulio darbą atskirai. Moduliumi sugedus, sistema parodo, kuri dalis yra pažeista. Tradicinis inverteris to neparodys, o nustatyti, kuris modulis neveikia reikalaus papildomų išlaidų. [22]

### 3.5. Saulės jėgainių poveikis aplinkai

Nors iš pirmo žvilgsnio gali atrodyti, jog saulės fotoelektrinių modulių panaudojimas elektros energijos gamybai nepadaro jokio neigiamo poveikio aplinkai, vis tik saulės modulių gamybos ir utilizavimo etapuose neišvengiamai vyksta kenksmingų substancijų emisija. Saulės fotoelektrinių modulių gamybos proceso metu yra naudojamas didelis įvairiausių toksinių cheminių medžiagų ir sprogių junginių kiekis. Todėl galima padaryti prielaidą, jog didelė konkurencija skatina saulės modulių gamintojus mažinti gamybos savikainą ekologijos ir darbo saugos sąskaita. Pasitaiko tokių saulės modulių gamyklų, kuriose neprisilaikoma elementarių saugos reikalavimų ir neinvestuojama į technines priemones, mažinančias kenksmingų medžiagų emisiją. Maža to, fotovoltinė pramonė yra viena iš tų gamybos šakų, kuri į aplinką išmeta daugiausiai fluoro junginių: heksafluoretanas (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>), azoto tri-fluoridas (NF<sub>3</sub>) ir sieros heksafluoridas (SF<sub>6</sub>). Jeigu CO<sub>2</sub> šiltnamio efekto potencialas yra lygus 1, minėtų junginių šiltnamio potencialas yra 9100, 17200 ir 39800 CO<sub>2</sub> molekulių. Fotovoltinėje pramonėje SF<sub>6</sub> fluoro junginys yra pagrinde naudojamas šalinant pažeidimus, kurie atsiranda paustant kristalinio silicio lydinius. [23]

Šiuolaikiniai fotoelektrinių celių gamybos procesai reikalauja labai didelio vandens kiekio panaudojimo. Po kiekvieno cheminio apdirbimo etapo celės nuo cheminių junginių yra nuplaunamos vandeniui. Saulės modulių gamintojas, kuris per metus pagamina 1,4 GW saulės modulių, deklaruoja, jog per vieną gamybinio proceso minutę jis sunaudoja 15 000 litrų vandens. Toks didelis užteršto vandens kiekis turi būti valomas, kas natūraliai turėtų įeiti į saulės modulių savikainą. O ar tas vanduo tikrai yra valomas, mums belieka tik spėlioti ir tikėti tuo.

Numatomas saulės fotoelektrinių modulių tarnavimo laikas yra iki 30 metų. Kai kurie šaltiniai teigia, jog aktyvinio sluoksnio patalpinimas tarp dviejų stiklų (technologija stiklas-stiklas), gali prailginti saulės modulio tarnavimo laiką iki 40 metų. Taip pat yra nustatyta, jog toks sprendimas saugo modulius nuo mechaninio poveikio ir celių trūkinėjimo. Taigi, kyla natūralus klausimas ką su saulės moduliais darysime po 30 – 40 metų. Išmesti į sąvartyną prieštarautų draugiško aplinkai energijos šaltinio koncepcijai. Belieka tikėtis, jog per tą laiką Lietuvoje atsiras gamyklos, kurios supirkinės ir perdirbinės susidėvėjusius saulės modulius arba tiesiog saugiai juos utilizuos, pasiliekant sau vertingus cheminius junginius. Ir kad tos gamyklos prisilaikys visų kenksmingų medžiagų emisijos normų ir standartų.

Lyginant saulės ir anglies elektrinių CO<sub>2</sub> emisiją per visą elektrinių gyvavimo ciklą, anglies elektrinės atveju virš 98% šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos atitenka elektrinės eksploatacijos laikotarpiui. Kiekviena pagaminta kilovatvalandė prisideda prie 1000 g CO<sub>2</sub>-eq emisijos. Tuo tarpu statybos ir elektrinės utilizavimo laikotarpiais CO<sub>2</sub> emisija yra mažesnė, nei 2 g. Visiškai priešingai yra su fotovoltinėmis sistemomis. Čia 60-70% emisijos, tai procesai, susiję su saulės modulių gamyba ir žaliavų gavyba. Elektrinės eksploatacijos laikotarpiui atitenka apie 25% emisijos. Tačiau reikia turėti omenyje tai, jog saulės elektrinių atveju šiltnamio dujų emisija kiekvienai elektros energijos kilovatvalandei yra apie 25 kartus mažesnė. [23]

### 3.6. Saulės jėgainių integracija į elektros tinklą

Saulės energetika tampa vis populiareesnė ir plačiau naudojama Lietuvoje, Europoje ir pasaulyje. Tai svarbi technologija, nes standartizuotų saulės fotomodulių sistemų integracija į tinklus optimizuoja vartotojų energijos balansą ir suteikia pridėtinę vertę. Saulės tinklo integracija dabar yra įprasta praktika daugelyje pasaulio šalių, kadangi didėja alternatyvios švarios energijos, palyginti su iškastiniu kuru, poreikis. Saulės energijos tinklų integravimo technologija apima pažangias inverterių technologijas, perdavimo ir paskirstymo tinklo apsaugos technologijas, saulės energijos prognozavimo technologijas ir išmaniųjų tinklų technologijas. Saulės elektrinių sistemos gali optimizuoti energijos sistemų veikimą: pagerinti įtampos profilį ir sumažinti energijos nuostolius, techninės priežiūros išlaidas bei transformatorių apkrovą piko valandomis [24].

Dėl atsinaujinančios energetikos integracijos kinta pati energetikos struktūra, rinka ir tiekimas. Vartotojai tampa iniciatyvūs, pradeda elektros energiją gamintis patys savo reikmėm. Paprastai energetikos sistemų energija teka viena kryptimi - nuo centralizuotų generatorių iki pastočių, o paskui - iki vartotojų. Gaminant saulės energiją, energija ima tekėti į abi puses. Tačiau dauguma elektros paskirstymo sistemų nebuvo sukurtos pritaikyti abipusę energijos srautą. Net ir nedideli saulės jėgainių kiekiai gali turėti įtakos sistemos parametrams dėl dvipusių elektros srautų, monitoringo stokos ir didėjančių apkrovų. Dvikryptis galios srautas daro poveikį elektros tinklo saugumui, patikimumui ir įtampos stabilumui. Dauguma saulės elektrinių prijungiamos prie skirstomųjų elektros tinklų, kuriuose būna dažni elektros energijos tiekimo trikdžiai. Visų šių problemų galimi sprendimo būdai būtų tokie [24]:

- prognozavimo įrankių naudojimas, kad būtų galima tiksliau numatyti, kada saulės energija gali sumažėti iki minimalaus pajėgumo;
- saulės jėgainių įrengimas plačiai pasklidusioje geografinėje vietovėje, kad būtų sumažintas generacijos kintamumas dėl debesuotumo;
- elektros energijos pertekliaus kaupimas vėlesniam naudojimui;
- elektros energijos vartojimo įpročių keitimas bei efektyvaus naudojimo skatinimas.

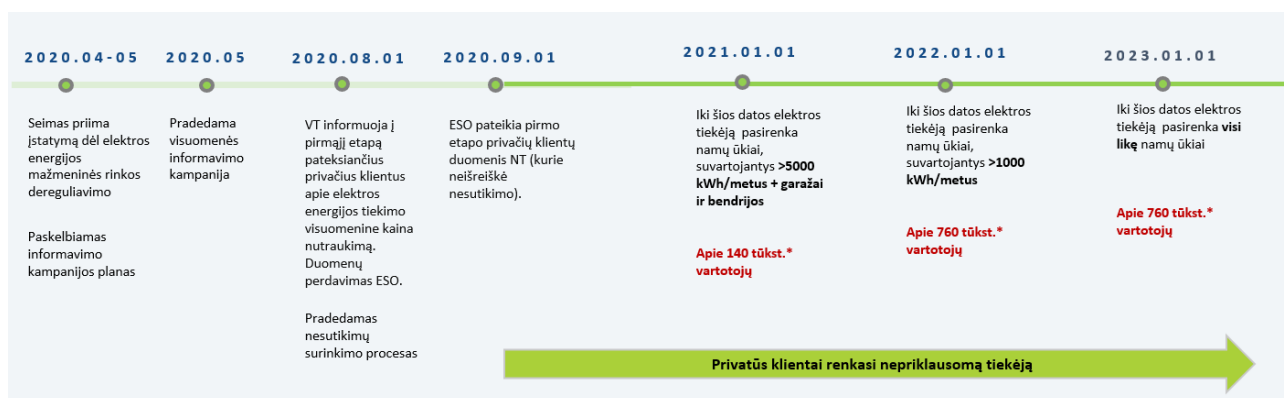
Jeigu įprastos elektrinės turi galimybę kontroliuoti generavimą, tai saulės jėgainės negali užtikrinti energijos poreikių. Elektros generavimas iš saulės šviesos energijos yra labai sezoniškas. Anot AB „Litgrid“ pateikiamų statistinių duomenų, gamyba žiemą būna iki 15 kartų mažesnė nei vasarą. Toks skirtumas susidaro ne tik dėl to, kad žiemą turime kur kas daugiau debesuotų dienų ar kad saulės modulius dengia sniego sluoksnis, bet ir dėl to, kad per Kalėdas džiaugiamės ilgiausia, apie 16 valandų trunkančia naktimi, o per Jonines atvirksčiai – ilgiausia metų diena. Suprantama, kad dažniausiai daugiau elektros vartojimas vyksta žiemą nei vasarą, todėl gaminantiems vartotojams gamybos sezoniškumo problema yra aktualiausia: kaip perkelti vasaros gamybos perteklių į žiemą? Padedant akumulatoriams, kurie kol kas yra vis dar brangūs, galima pasaugoti dieną pagamintą elektros energiją ir panaudoti ją tamsiu paros metu, tačiau perkelti iš vasaros į žiemą – ekonomiškai nerealu. Atsižvelgiant į sezoniškumo ypatumą, jau kelerius metus Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas leidžia gaminantiems elektrą savo poreikiams iš saulės pasinaudoti dvipusės apskaitos galimybe. Paprastai tariant, pasinaudoti viešaisiais elektros tinklais, kaip savotišku elektros energijos akumulatoriumi. Šia galimybe nuo 2017 m. lapkričio mėnesio gali naudotis ne tik fiziniai asmenys ir biudžetinės įstaigos, bet ir absoliučiai visi ūkio subjektai, pradedant pramonės įmonėmis ir baigiant daugiabučių bendrijomis ar ūkininkais. Dvipusės apskaitos paslauga leidžia ne tik siekti darnos ir aplinkosauginių tikslų mūsų šaliai, žmonėms realizuoti laisvę būti dar išmintingesniais savo ūkių šeimininkais ar galiausiai sutaupyti, bet ji yra naudinga visiems elektros rinkos dalyviams. Elektros kaina biržoje dažniausiai didesnė būna šviesiu paros metu vasarą, būtent tada, kada saulės elektrinių savininkai atiduoda elektros perteklių į viešąjį tinklą. Kitaip tariant, laimi visi: šalyje vyksta atsinaujinančių energijos išteklių energetikos plėtra, mažėja elektros importo poreikis, dėl didesnės elektros pasiūlos vartojimo piko metu mažėja elektros kaina pirkėjams iš elektros biržos, gaminantys vartotojai gali pasigaminti ir pasaugoti elektros žiemai, o tinklų operatorius ESO – dar ir uždirbti iš elektros saugojimo mokesčio.

### **3.6.1. Išmaniojo tinklo plėtra Lietuvoje**

Naujos saulės elektrinės gali generuoti elektros energiją daugiau nei 30 metų. Kartu su vis didėjančia atsinaujinančių energijos išteklių integracija į elektros tinklą transformuojasi ir pats tinklas. Dėl šio ilgaamžiškumo ir energetikos tinklų pokyčių būtina įvertinti saulės elektrinių projektų potencialą išmaniuosiuose tinkluose. Išmanusis elektros tinklas nėra naujas elektros tinklas, tai patobulintas šiuo metu turimas elektros tinklas, kuris gali turėti daug funkcijų ir privalumų, kurie apibendrintai gali būti įvardinti kaip išmaniojo tinklo funkcionalumas. Pagrindinės 6 išmaniojo elektros tinklo savybės yra nenutraukiama elektros energija, paskirstytų energijos išteklių integracija į elektros tinklą, paklausos-pasiūlos paslauga, išmanusis elektros srautų monitoringas, išmaniųjų įrenginių integracija

ir baterijų sistemos bei elektromobilių integracija į bendrą elektros tinklą. Tik išmaniųjų elektros tinklų infrastruktūroje efektyviai veiks bendra Europos elektros rinka. Į ją įsilies daug smulkiųjų generacijos šaltinių (pirmiausia saulės ir vėjo elektrinių), tada tradicinis pasyvus skirstomasis tinklas (prijungtiems prie jo vartotojams persiunčiantis iš perdavimo tinklo gaunamą energiją) taps aktyvus – persiūs smulkiųjų šaltinių pagamintą energiją į perdavimo tinklą. Rinkoje atsiras daug aktyvių vartotojų, kurie lanksčiai keis savo vartojimą/apkrovą ir turės savo mini ar mikrogeneracijos šaltinius (pastarieji vartotojai, vadinamieji „prozumeriai“ (angl. prosumers) arba gaminantys vartotojai (angl. self-consuming producers)). Tinkle atsiras smulkių energijos kaupiklių, pirmiausia elektros energijos kaupimo baterijų. Dėl to išmaniajam tinklui prireiks naujų paslaugų, kurias teiks nauji verslai ir naujos darbo vietos. [25]

Energetikos ministerija 2019 m. Vyriausybei pateikė Elektros energetikos įstatymo pakeitimo projektą, kuriuo siekiama pokyčių šiuo metu reguliuojamoje elektros energijos rinkoje. Šiais siūlymais siekiama gerinti elektros sistemos lankstumą, valdymą, inovatyvių energetikos startuolių kūrimąsi ir efektyvesnę elektros energijos vartojimą. Laukiama naujų rinkos dalyvių – nepriklausomų elektros energijos tiekėjų. Nors Lietuvoje pokyčiai dar tik planuojami, Latvijoje ir Estijoje jie įgyvendinti dar 2013-2015 metais. Lietuvoje šiuo metu beveik visi buitiniai vartotojai elektrą perka naudodamiesi visuomeninio tiekėjo „Ignitis“ paslaugomis, o elektros energijos kaina ne dažniau kaip kas pusę metų yra nustatoma VERT sprendimu. Įgyvendinus pokyčius, bus sudarytos sąlygos rinkoje aktyviai veikti daugiau elektros energijos tiekėjų, o vartotojams atsiras realios galimybės rinktis iš keleto alternatyvių pasiūlymų. Lietuvoje laisvai rinktis elektros energijos tiekėją nuo 2007 m. gali verslo klientai. [26] Deleguliavimo etapai pavaizduoti 6-tame pav.



6 pav. Rinkos deleguliavimo etapai

AB“ Energijos skirstymo operatorius“ (ESO) patvirtintoje strategijoje keliamas svarbiausias tikslas - atikimas, efektyvus ir išmanus tinklas, įgalinantis rinką bei sukuriantis geriausią kliento patirtį. O didžiausia strategijos užduotis - sukurti išmanų, patikimą elektros tinklą, kuris sugebėtų tinkamai priimti atsinaujinančių išteklių pagamintą elektros energiją, o ją gaminantiems vartotojams sudaryti sąlygas mainytis energija bei patiems tiekti ją į tinklą. [26] Siekdamas įgalinti rinką, ESO sukūrė ir 2020 m. sausį jau paleido duomenų mainų platformą (angl. Data Hub) – įrankį, kuriame „susitiks“ tiek klientai, tiek tiekėjai. Būtent šioje rinkos dalyvių duomenų bazėje ir yra kaupiami duomenys apie tiekėjus ir jų klientus. Duomenų mainų platforma tiekėjams suteikia informaciją apie klientus ir jų elektros vartojimo įpročius (tik su kliento sutikimu), kad būtų galima kiekvienam klientui pasiūlyti jam tinkantį sprendimą. Tuo metu klientai gali rinktis jiems tinkamiausią elektros pardavėją, jį keisti, persirašyti sutartį, bet centriniu duomenų kaupikliu ir administratoriumi liks duomenų platforma.

Neatsiejama išmanaus tinklo sudedamoji dalis yra išmanieji skaitikliai. ES teisės aktuose išmanioji apskaita minima kaip priemonė įtraukti vartotojus dalyvauti rinkoje bei skatinanti energetinį efektyvumą:

- Europos Sąjungos strateginė vizija „Europa 2020“ ir Komisijos komunikatas dėl 2020–2030 m. klimato ir energetikos politikos strategijos;

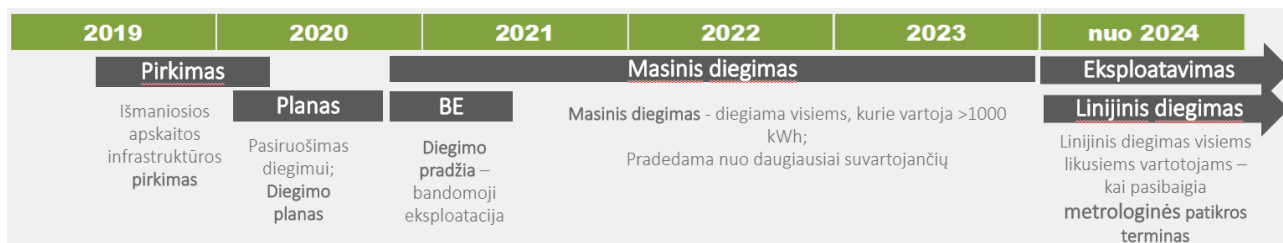


- 2009 m. liepos 13 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2009/72/EB dėl elektros energijos vidaus rinkos bendrųjų taisyklių;
- 2019 m. birželio 5 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva ES 2019/944 dėl elektros energijos vidaus rinkos bendrųjų taisyklių: „norint įtraukti vartotojus reikia tinkamų iniciatyvų ir technologijų, kaip antai pažangiosios matavimo sistemos. <...> Vietovėse, kuriose pažangiųjų matavimo sistemų diegimas vertinamas palankiai, per septynerius metus nuo jų teigiamo vertinimo <...> bent 80 % galutinių vartotojų turi būti įdiegtos pažangiosios matavimo sistemos.“ (preambulės 52 d. ir II priedo 3 str.);

Lietuvos teisės aktuose išmanioji apskaita yra reglamentuota:

- NENS (LRS 2018 m. birželio 21 d. nutarimas Nr. XI-1288): „diegti išmaniąsias elektros energijos apskaitos sistemas <...>. Atlikus išmaniųjų elektros energijos apskaitos sistemų diegimo sąnaudų ir naudos analizę, jeigu analizės rezultatai būtų teigiami, iki 2023 metų turi būti įdiegtos išmaniosios elektros energijos apskaitos sistemos visiems vartotojams“ (42.5.1 p.);
- NENS įgyvendinimo priemonių planas (LRV 2018 m. gruodžio 5 d. nutarimas Nr. 1210): „Diegti išmaniosius elektros energijos apskaitos prietaisus elektros vartotojams (esant teigiamiems kaštų ir naudos analizės rezultatams)“ (9.1.2.1 p.).

Išmaniosios apskaitos diegimo Lietuvoje programos tikslas yra iki 2023 m. įdiegti išmaniosius elektros skaitiklius visiems vartotojams, kurie suvartoja virš 1000 kWh/metus siekiant energetinio efektyvumo, rinkos įgalinimo ir tinklo valdymo efektyvumo. Išmanusis skaitiklis – tai elektros tinklo elementas. Vartotojo objekte įrengtas išmanusis skaitiklis matuos ir registruos elektros energijos suvartojimą kas 15 min. Skaitiklis fiksuos įvairius tinklo įvykius, parametrus bei trikdžius. Išmanusis skaitiklis kartą per parą ESO perduos duomenis apie suvartojimą, o informacija apie tinklo įvykius bus gaunama dar dažniau. Analizuojant suvartojimo duomenis nepriklausomi energijos tiekėjai vartotojams galės pasiūlyti lanksčius tarifus bei įvairias paslaugas leidžiančias efektyviau vartoti energiją.



7 pav. Pagrindiniai išmaniosios apskaitos diegimo programos etapai

Išmanieji skaitikliai įgalins efektyvesnį tinklo valdymą o taip pat suteiks ilgalaikią naudą gyventojams, Lietuvos ekonomikai. Tuo tarpu saulės jėgainių savininkai turės galimybę matyti gaminamos ir suvartojamos elektros energijos kiekį, galimybę rinktis kada vartoti pagamintą energiją, o kada iš tinklo ir pan.

### 3.6.2. Saulės elektrinių įtaka energijos kokybei

Vienas iš didžiausių atsinaujinančių energijos išteklių jungties iššūkių skirstomųjų tinklų srityje yra energijos kokybė. Didelis prie elektros tinklo prijungtų saulės elektrinių skaičius sukelia įtampos nestabilumus. Kuomet tinklo apkrovos yra mažos, o saulės elektrinės gamyba didelė, mažėjantys įtampos nuostoliai didina potencialą, saulės elektrinių sistemos atiduoda auštesnę įtampą elektros tinklui taip išsaugindamos įtampos lygį ypač linijų galuose. Saulės elektrinių sistema įjungia aktyviają galią tik į tinklą, kuris gali pakeisti sistemos reaktyviosios galios srautą. Todėl netoliese esančio tinklo įtampos gali būti padidintos dėl to, kad trūksta reaktyviosios galios. Ant stogų montuojamų saulės elektrinių, ypač miesto zonoje, gausėjimas gali sukelti radialinio paskirstymo tinklų įtampos kokybės

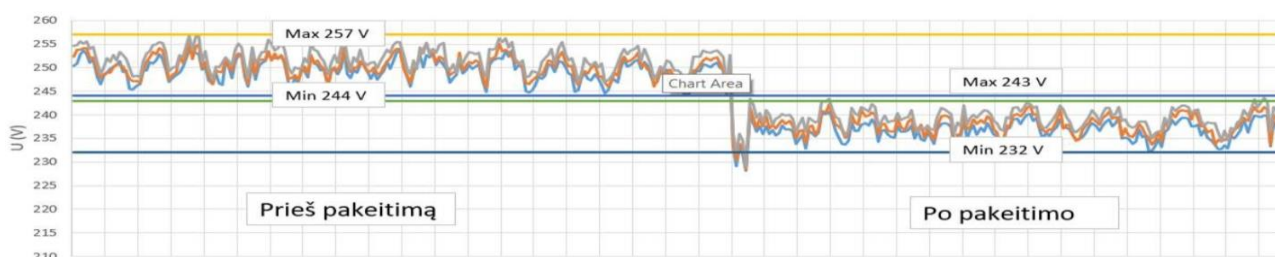
problemų. Nustatyta, kad klientai, ypač tiekimo grandinės pabaigoje, gali jausti didelius įtampos svyravimus vidurdienį, kai saulės elektrinės generavimas yra didelis ir ankstyvame ryte bei vakare dėl didesnio elektros energijos suvartojimo [26].

Saulės elektrinių sistemų sukelti galios svyravimas yra vienas iš pagrindinių veiksnių, galinčių sukelti rimtų eksploataavimo problemų skirstomajame tinkle. Galios svyravimai atsiranda ir dėl saulės spindulių pokyčių, kuriuos sukelia debesų judėjimas, gali tęstis minutes ar valandas, priklausomai nuo vėjo greičio, artimųjų debesų tipo ir dydžio, ploto, kuriam taikoma saulės elektrinės sistema. Galios svyravimai gali sukelti elektros srovės svyravimus linijose, apkrovų svyravimus ir įtampos svyravimus [27].

Praktiškai „skausmingos“ pasekmės: dėl neleistinai didelės įtampos gali sugesti tinklo įrenginiai, pvz., pablogėti izoliacija (kartais net iki nepataisomos būklės). Taipogi tai gali sukelti greitesnį medžiagų senėjimo procesą, o tai pareikalauja papildomų pirmalaikių investicijų atnaujinimui. Vartotojams leistinos įtampos perviršiai irgi ne mažiau pavojingi – juk tiek buities prietaisai, tiek ir rimtesnė įranga yra pritaikyta veikti tam tikrose įtampų ribose. Taigi, per didelė įtampa gali sugadinti įrenginius.

Dažnis yra vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių energijos kokybę. Lietuvoje elektros energijos tiekimas vyksta 50 hercų, kitaip tariant, 50 ciklų per sekundę. Tai reiškia, kad dauguma elektros prietaisų yra suprojektuoti veikti su kintama srove, kur elektros įtampa sklandžiai keičiasi nuo teigiamo iki neigiamo poliškumo 50 kartų per sekundę. Elektros energija daugiausia naudojama varikliams, šviesai ir kitiems elektros prietaisams. Vartojant elektros energiją susidaro linijinės apkrovos, o tai reiškia, kad srovė pakyla ir nukrenta proporcingai įtampos bangai. Tokiu būdu jos turi nedidelį poveikį 50 hercų bazinės sinusinės bangos formai. Bet koks disbalansas tarp pagamintos ir sunaudotos galios gali sukelti dažnio svyravimus. Dėl nedidelio saulės elektrinių sistemų dydžio dažnio svyravimai yra maži, palyginti su kitais atsinaujinančios energijos ištekiais. Tačiau ši problema gali išryškėti didėjant saulės elektrinių sistemų skverbčiai. Dažnio svyravimai gali pakeisti apvijų sukimosi greitį elektros varikliuose ir gali pakenkti generatoriams [28].

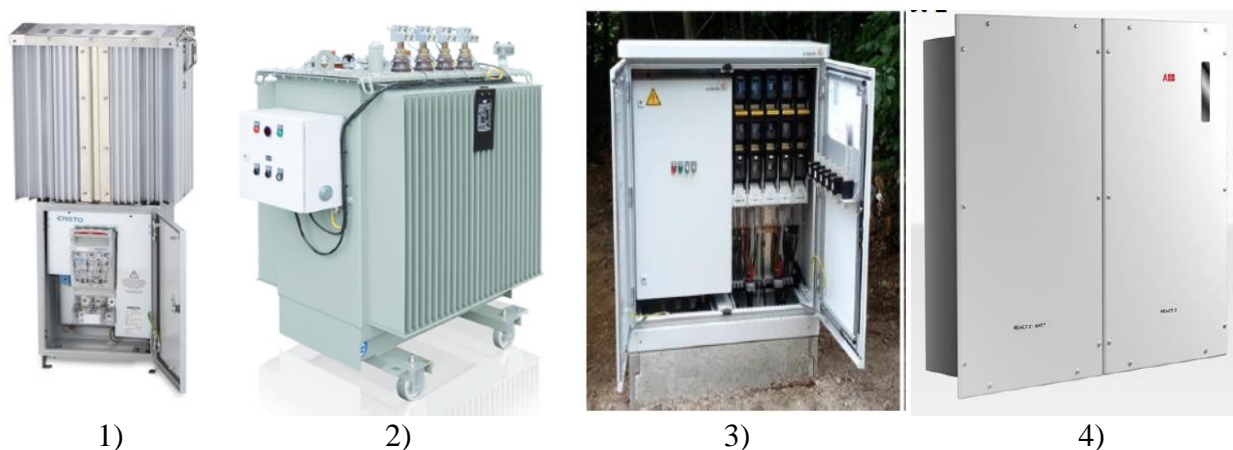
AB „Energijos skirstymo operatorius“ netolimoje ateityje planuoja diegti išmaniasias apskaitas. Tačiau jau šiandien ESO turi jau keiasdešimt tūkstančių veikiančių, nuotoliniu būdu nuskaitomų elektros skaitiklių, kurie įrengti gaminantiems vartotojams, pilotinio projekto dalyviams, automatizuotą apskaitą įsigijusius gyventojams ir verslo įmonėms, techninėms-kontrolinėms apskaitoms ir kt. Vien jie kas dieną sugeneruoja milijonus įrašų, tokių kaip trifazio tinklo įtampa, srovės, tinklo dažnį, fazinius kampus ir skaičiuoja galias, energiją, galios koeficientą. Tinklo eksploataavimo tarnyba, analizuojant iš per nuotolį nuskaitomų skaitiklių gaunamus duomenis, pastebėjo, kad kai kuriose vietose įtampų vertės viršija leistinas ribas, tinklo įtampų nukrypimus nuo leistinų verčių bei transformatorius, kuriuose reikėtų atlikti parametrų pakeitimus (pakeisti transformatoriaus atšakų padėtį). Taigi, remiantis skaitiklių duomenimis buvo pareguliuoti tinklo įrenginiai ir pagerinta įtampos kokybė kelioms dešimtims klientų. Pateiktame grafike (8 pav.) pavaizduotas įtampos verčių kitimas laike, kuris parodo, kaip pasikeitė įtampų vertės atlikus korekcijas tinklo įrenginiuose. Iki korekcijos įtampos viršijimas siekė 12 proc., kai didžiausia leistina riba yra 10 proc. ( $230\text{ V} \pm 10\%$ ). Po pakeitimo nebebuvo passtebimi įtampų kitimai virš leistinų ribų.



8 pav. Pagrindiniai išmaniosios apskaitos diegimo programos etapai

Jau dabar aišku, kad specialūs elektros skaitikliai leidžia daug tiksliau, operatyviau ir didesniu mastu spręsti įtampos kokybės problemas. Šiandien ESO atrinko virš 80 transformatorinių, kur potencialiai reikalingos korekcijos.

Į ESO skirstomąjį tinklą integruojant vis daugiau saulės jėginių, įtampos valdymo technologijų poreikis augs. Išmanūs transformatoriai, veikiantis automatiškai, be žmogaus įsikišimo, yra vienas iš geriausių įrankių įtampos kokybei užtikrinti. Taip pat ESO didina tinklo efektyvumą įvairiais būdais: įrengiami fazių balansavimo įrenginiai, įtampos reguliatoriai, baterijų sistemos. Visa tai sukuria alternatyvų portfelį, kuriuo ESO gali naudotis, siekdama užtikrinti patikimą energijos tiekimą pagrįstais kaštais.



**9 pav.** Tinklo kokybės gerinimo įranga: 1) apkrovų balansavimo įrenginys; 2) 10/0,4 kV įtampą reguliuojantis galios transformatorius; 3) 0,4 kV įtampos reguliavimo sistema; 4) ABB react 2 tinklo baterijos sistema

Harmoninis įtampos iškreipimas elektros tinkle gali turėti neigiamą poveikį įvairioms elektros energijos sistemoms, įskaitant kondensatorių baterijas, transformatorius ir variklius (perkrovos, perkaitimas ir padidėję nuostoliai). Harmonikų neigiami poveikiai [29]:

- išaugę elektros energijos nuostoliai elektros įrenginiuose;
- greitesnis elektros įrangos izoliacijos senėjimas;
- galios faktoriaus sumažėjimas;
- padidėjęs akustinis triukšmas elektromagnetiniuose įrenginiuose;
- vibracija elektros sistemose;
- nulinio laidininko apkrovos išaugimas;
- įtampos tarp nulinio laidininko ir įžeminimo kontūro padidėjimas;
- maitinimo įtampos ir srovės sinusoidės formos iškreipimas;
- padidėjusios indukcinės aktyviosios ir reaktyviosios energijos skaitiklių paklaidos.

Vienas iš pagrindinių būdų mažinti harmonines sroves tinklo keitikliais saulės elektrinėse yra aktyvusis galios filtravimas arba aktyvusis harmonikų kompensavimas. Įdiegus vieną iš tokių algoritmų į jau veikiančius keitiklius pagerėtų charakteristikos. Tai galima padaryti be didesnių keitiklių aparatinės dalies modifikacijų. Norint sumažinti harmonikų neigiamą poveikį, naudojami pasyvūs arba aktyvūs harmonikų filtrai. Pasyvus harmonikų filtras – kai prie apkrovos prijungiami papildomi reaktyviniai komponentai, droselių ir kondensatorių kombinacijos. Aktyvus harmonikų filtras – kai į elektros tinklą generuojama priešingos krypties srovė nei apkrovos generuojamos srovės harmonikos. Tokiu būdu galima kompensuoti didelį harmonikų spektrą su mažesniu kiekiu komponentų nei įprastiniai pasyvūs filtrai.

### 3.6.3. Saulės elektrinių prijungimas

Saulės elektrinė turi būti įrengta laikantis teisės aktų ir techninių reikalavimų, o prieš naudojimą – išbandyta. Kai visi saulės elektrinės elementai sujungiami į vientisą sistemą, atliekami svarbiausi darbai – saulės elektrinės paleidimas, bandymas ir derinimas, užtikrinantys patikimą įrangos veikimą.

Prie elektros tinklo prijungiamas asmuo, siekiančio tapti elektros energiją gaminančiu vartotoju, vienfazis elektros gamybos įrenginys negali būti didesnis kaip 3,6 kW įrengtosios galios. Jungiant didesnis kaip 3,6 kW įrengtosios galios elektros gamybos įrenginį būtina numatyti elektros gamybos įrenginio prijungimą prie operatoriaus elektros tinklo trifaze jungtimi su trifaziais inverteriais. Elektros energiją gaminančių vartotojų ar asmenų, siekiančių tapti elektros energiją gaminančiais vartotojais ne didesnis kaip 30 kW įrengtosios galios elektros energijos iš atsinaujinančių išteklių gamybos įrenginiai prie elektros tinklų prijungiami supaprastinta tvarka. Gaminantys vartotojai ir asmenys, siekiantys tapti gaminančiais vartotojais, turi teisę įsirengti atsinaujinančius išteklius naudojančias elektrines, kurių įrengtoji galia neviršija Vartotojo objektui suteiktos įrengtosios naudoti galios ir nėra didesnė kaip 500 kW. Taikoma buitinių ir nebutinių tipų vartotojams.

Iki 30 kW naujos jėgainės prijungimui reikia:

- pateikti paraišką tapti gaminančiu vartotoju ESO savitarnos svetainėje;
- gauti parengtas prijungimo sąlygas, sutartį bei prijungimo įmokos dydį;
- pasirinkus rangovą, pateikti ESO rangovo deklaraciją ir įrengti jėgainę;
- pasirašyti gaminančio vartotojo elektros energijos pirkimo-pardavimo sutartį.

Virš 30 kW naujos jėgainės prijungimui reikia:

- pateikti paraišką išankstinėms prijungimo sąlygoms gauti;
- pateikti reikalingus dokumentus ir gauti VERT leidimą plėtoti energijos gamybos pajėgumus;
- pateikti paraišką prijungimo sąlygoms gauti;
- parengti elektrinės prijungimo prie elektros tinklų projektą;
- pasirašyti prijungimo paslaugos sutartį ir sumokėti prijungimo įmoką;
- įsirengti elektrinės vidaus elektros tinklą;
- gauti VERT leidimą elektros energijos gamybai;
- pasirinkti nepriklausomą tiekėją ir sudaryti sutartį;
- pasirašyti gaminančio vartotojo elektros energijos pirkimo-pardavimo sutartį.

Vartotojų ir gamintojų elektros įrenginių prijungimo techniniai sprendiniai turi atitikti Elektros skirstomojo tinklo technologinės plėtros standarto (galiojančios redakcijos) nuostatas. Prijungimo taškas parenkamas atsižvelgiant į Vartotojų ar Gamintojų įrenginių bei Bendrovės skirstomojo tinklo vietovę, techninius rodiklius ir ekonomiško principą. Išduodamose Prijungimo sąlygose turi būti nurodomi techniniai reikalavimai, susiję tik su konkrečiu Vartotojo, Gaminančio vartotojo ar Gamintojo elektros įrenginių prijungimu. Saulės jėgainių iki 250 kW prijungimo prie žemos ar vidutinės įtampos tinklo įtampos lygio vertinimas atliekamas prie ribinio režimo kai esamų ir planuojamų elektrinių galia lygi leistinajai generuoti galiai ( $P_G = P_{leist}$ ), vartojimo galia nevertinama ( $P_V = 0$ ) elektrinės galios faktorius lygus 1 ( $\cos \varphi = 1$ ):

- 1) Elektrinės prijungimo bendrieji reikalavimai: įtampos lygis (U, kV), įtampos nuokrypis nuo vardinės įtampos (dU, %) (normos žemos įtampos tinkle  $\pm 10\%$ ), galios srautai, esamos elektrinės ir jų leistinosios generuoti galios, galimi tinklo režimai, tinklo parametrai (transformatorių, linijų, kompensavimo įrenginių parametrai), trumpojo jungimo srovės.

- 2) Elektrinės įtampos staigiųjų pokyčių bendrieji reikalavimai (nuo 30 kW). Elektrinės generatoriaus įjungimo, išjungimo ar apvijų (polių) perjungimo sukeltas įtampos pokytis elektrinės atitiktis sertifikate apibrėžiamas  $k_u(\Psi_k)$  faktoriumi. Šis faktorius nustatomas per elektrinės tipo bandymus (išskyrus saulės elektrines) ir gali būti tikrinamas matavimais elektrinei veikiant (arba/ir atliekant atitiktis modeliavimą, jei taip nusprendžia STO). Staigiojo įtampos pokyčio ( $d$ ) ir įtampos pokyčio faktoriaus santykis yra:

$$d(\%) = 100 * k_u(\Psi_k) * \frac{S_n}{S_k} \quad (1)$$

Čia:  $S_k$  – trumpojo jungimo galia prijungimo taške;

$k_u$  – sukeltas įtampos pokyčio faktorius;

$\Psi_k$  – trumpojo jungimo grandinės fazinis kampas prijungimo taške;

$S_n$  – elektrinės vartinė pilnutinė galia.

Iš formulės apskaičiuotas staigusis įtampos pokytis elektrinės prijungimo tašketuri būti mažesnis už 2-oje lentelėje pateiktas ribines vertes.

**2 lentelė.** Staigiųjų įtampos pokyčių ir mirgėjimo leistinosios ribos

Įtampos pokyčių ir mirgėjimo dažnis $r$ (kartai per val.)	Didžiausias leistinas įtampos pokytis ir mirgėjimas $d$ , %
$r \leq 1$	4
$1 < r \leq 10$	3
$10 < r \leq 100$	2
$100 < r \leq 1000$	1,25

- 3) Elektrinės harmoninių srovių ir įtampų bendrieji reikalavimai (nuo 30 kW). Apskaičiuojama: atskirų harmonikų nuo  $h_2$  iki  $h_{25}$  eilės lygis, suminis harmonikų (nuo 2 iki 25) lygis NISF (THD),  $S_k$  – trumpojo jungimo galia prijungimo taške. Elektrinės gamintojas pateikia  $I_h(\%)$  – elektrinės  $h$ -harmoninės srovės ir pagrindinio dažnio srovės. Santykinių harmoninių įtampų leistinosios projektinės vertės, pateiktos 3-čioje lentelėje, yra harmoninės įtampos ir pagrindinio dažnio įtampos santykis:

$$U_h(\%) = 100 * \frac{U_h}{U_1} \quad (2)$$

Čia:  $U_h$  – pirmosios (pagrindinės) harmonikos įtampa;

$U_1$  –  $h$ -osios harmonikos įtampa prijungimo taške.

**3 lentelė.** Leistinosios projektinės harmoninių įtampų vertės

Nelyginės harmonikos, kurios nekartotinės 3		Nelyginės harmonikos, kurios kartotinės 3		Lydinės harmonikos	
Eilė $h$	Projektinė leistinoji vetė iki 35 kV, %	Eilė $h$	Projektinė leistinoji vetė iki 35 kV, %	Eilė $h$	Projektinė leistinoji vetė iki 35 kV, %
5	5	3	4	2	1,6
7	4	9	1,2	14	1
11	3	15	0,3	6	0,5
13	2,5	21	0,2	8	0,4
17	1,6	> 21	0,24	10	0,4
19	1,2			12	0,2
23	1,2			>12	0,2
25	1,2				

Tikrinant, ar prie prijungimo mazgo prijungta elektrinė, ypač jei elektrinė prijungta per dažnio keitiklius, negadina elektros vartotojams įtampos kokybės, reikia apskaičiuoti, o elektrinei veikiant išmatuoti netiesinių iškreipų suminį koeficientą (NISF, angl. THD), kuris įtampoms yra lygus:

$$NISF = 100 \sqrt{\sum_{h=2}^{50} \left(\frac{U_h}{U_1}\right)^2}, \% \quad (3)$$

Čia:  $U_h$  – pirmosios (pagrindinės) harmonikos įtampa;  
 $U_1$  – h-osios harmonikos įtampa prijungimo taške;  
 $h$  - harmonikos eilė.

3 formulėje apsiribota 50 harmonikos eile (2500 Hz). Elektrinėms taikoma netiesinių iškreipčių suminio faktoriaus nuo 10 kV iki 35 kV įtampos tinkluose leistinoji projektinė vertė yra 6,5 %. Ribų vertės atitinka IEC/TR 61000-3-6:2008 ir IEC 61400-21-1 standartų reikalavimus.

4) Elektros jėgainių parko modulių, jungiamų prie elektros skirstomojo tinklo, keitiklių (inverterių) nuostatos pateiktos 4-oje lentelėje.

**4 lentelė.** Elektros jėgainių parko modulių keitiklių (inverterių) nuostatos

Eil.	Pavadinimas	Reikalavimo poreikis	
1	Per aukšta įtampa $U \gg$ (suveikimo laikas)	Įtampos stabilumas	1,15 s.v. (0,2 s)
2	Per aukšta įtampa $U >$ (suveikimo laikas)		1,11 s.v. (600 s)
3	Per aukšta įtampa $U <$ (suveikimo laikas)		0,84 s.v. (600 s)
4	Per aukšta įtampa $U \ll$ (suveikimo laikas)		0,8 s.v. (0,2 s)
5	Automatinis prisijungimas po įtampos atsistatymo (suveikimo laikas)		0,9 - 1,1 s.v. (60 s)
6	Per aukštas dažnis $f >$ (suveikimo laikas)	Dažnio stabilumas	$\leq 10\text{kW}$ : konkreti nuostatos vertė nustatoma atsitiktine tvarka iš diapazono 50,2-50,5 Hz (be laiko delsos) prijungimo sąlygose $>10\text{kW}$ : 51-51,5 Hz ( $\geq 1800$ s)
7	Per žemas dažnis $f <$ (suveikimo laikas)		47,5-49 Hz ( $\geq 1800$ s)
8	Automatinis prisijungimas po dažnio atsistatymo (suveikimo laikas)		49 - 50,1 Hz (60 s)

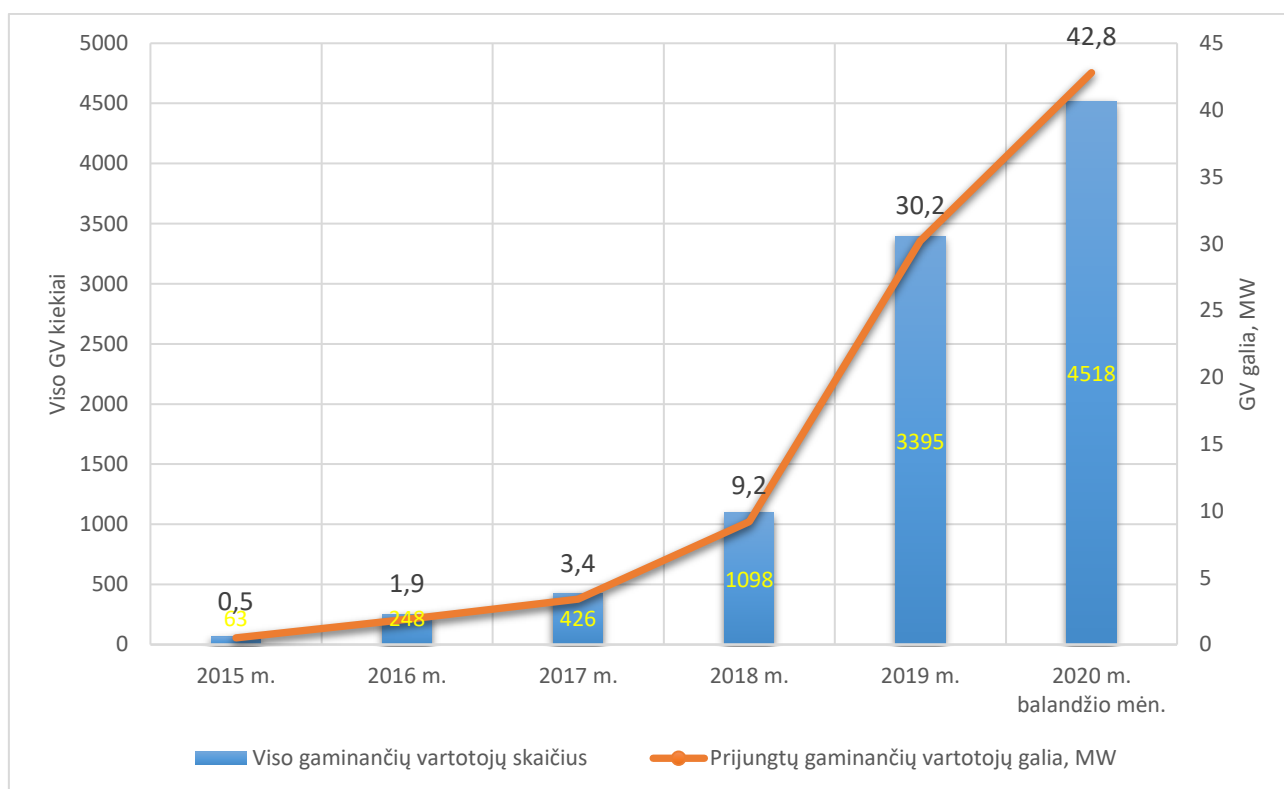
5) Generatorių prijungimo prie elektros energijos tinklo reikalavimų taikymas skirtingiems generatorių tipams (komisijos reglamentas (ES) 2016/631)

**5 lentelė.** Bendrieji reikalavimai elektros energijos gamybos moduliams

Eil.	Reikalavimas užtikrinti	Reikalavimas taikomas
1	Dažnio diapazono reikalavimus (4 lentelė)	Dažnio stabilumo užtikrinimui
2	Riboto jautrumo pertekliniam dažnio (RJPD) režimą	Dažnio stabilumo užtikrinimui
3	Atsparumą spartiems dažnio pokyčiams (angl. ROCOF)	Dažnio stabilumo užtikrinimui
4	Pastovios atiduodamosios galios, atitinkančios tikslinę aktyviosios galios vertę išlaikymą	Dažnio stabilumo užtikrinimui
5	Didžiausios galios sumažėjimą mažėjant dažniui	Dažnio stabilumo užtikrinimui
6	Automatinis atsijungimas (4 lentelė)	Dažnio stabilumo užtikrinimui
7	Automatinį prisijungimą (4 lentelė)	Dažnio stabilumo užtikrinimui
8	Nuotolinio įjungimo/išjungimo valdymą (tik nuo 100kW)	Dažnio stabilumo užtikrinimui

#### 4. Nutolę gaminantys vartotojai

Pasaulyje prieš dešimtmetį prasidėjęs ir milijonus vartotojų turintis elektros energiją savo reikmėms gaminančių vartotojų (toliau – GV) judėjimas įgauna pagreitį ir Lietuvoje. Netrukus energetikos sistemoje ateis laikas, kai pasigaminti “žalia” elektros energiją savo reikmėms gali kainuoti pigiau negu pirkti ją “tradiciškai” – iš tinklo. Atsinaujinančių elektros energijos išteklių generavimo pajėgumai – saulės elektrinės – nuo 2010 m. iki 2017 m. atpigo 83%. Ekspertų nuomone, per artimiausius 4 metus saulės elektrinių kaina gali sumažėti dar 27%. Visi šie globalūs pokyčiai sukuria naujų galimybių tiek vartotojams, tiek valstybei. [30]



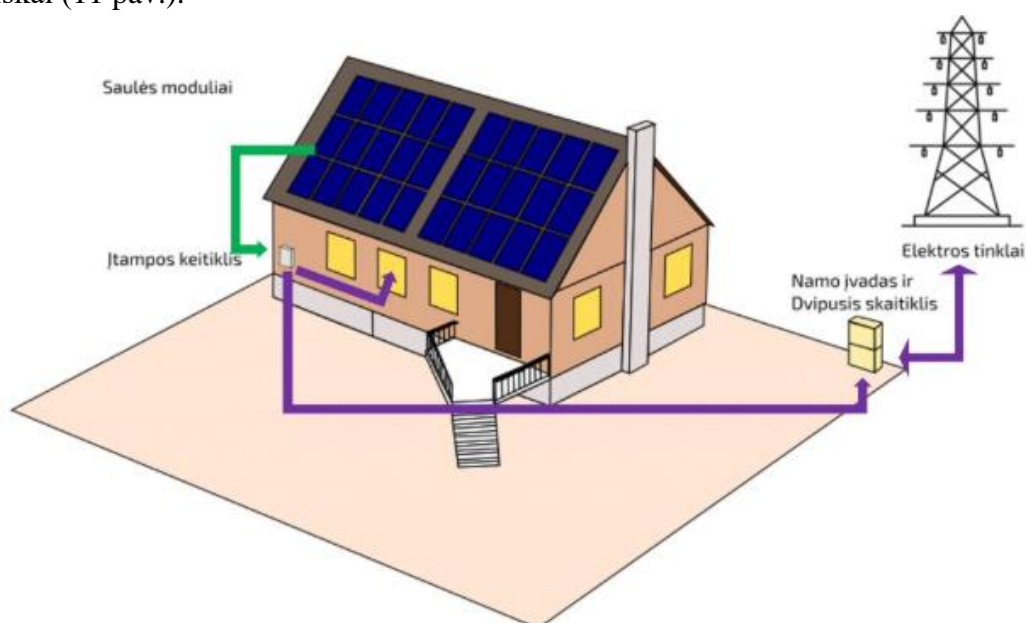
10 pav. Gaminančių vartotojų statistika

10-to paveikslo gradike pateikta gaminančių vartotojų statistika. Įdomu tai, kad 2019 metais saulės elektrines įsirengė ir ėmė gaminti elektrą 2297 vartotojų, tačiau vien nuo 2020 metų sausio mėn. iki 2020 m. balandžio mėn. naujų gaminančių vartotojų atsirado beveik pusę tiek, kiek per 2019 metus – 1123. Toks augimo tempas reiškia, kad Lietuva laikosi AEŠ plėtros plano ir strategijos. AB „Energinės skirstymo operatoriaus“ duomenimis, 2019 metais gaminantys vartotojai į patiekė 9097,1 MWh.

Natūralu, kad gyventojai ieško būdų, kaip sumažinti ir stabilizuoti išlaidas elektrai, ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas tampa vis patrauklesne alternatyva, o taip pat gaminančių vartotojų ženklo augimą lėmė ir valstybės finansinė parama, galimybė prisidėti prie aplinkos tausojimo bei socialinė atsakomybė, energetinė nepriklausomybė, investicijų atsiperkamumas, buitiniams vartotojams nuo 2019 m. spalio mėn. 1 d. palengvinta tvarka įsirengti iki 30 kW elektrines, bei sudarytos sąlygos atsirasti galimybei gaminti pozityvią energiją nuotoliniu būdu.

## 4.1. Gaminantis vartotojas

Gaminantis vartotojas – tai elektros energijos vartotojas, gaminantis elektros energiją iš atsinaujinančių energijos išteklių savo reikmėms ir ūkio poreikiams tenkinti ir turintis teisę pagamintą, bet savo reikmėms ir ūkio poreikiams nesuvaržytą elektros energiją patiekti į elektros tinklus Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymo nustatyta tvarka. [31] Saulės moduliai pritvirtinti specialiais laikikliais prie stogo arba ant žemės, gamina nuolatinę elektros srovę. Prie modulių grandinės prijungtas inverteris (įtampos keitiklis) keičia pagamintą srovę į kintamąją ir perduoda ją į namų tinklą, o dvipusis skaitiklis fiksuoja elektros srovės kryptį. Pirmiausia elektra iš saulės elektrinės patenka į namų tinklą ir patenkina namo prietaisų elektros poreikį. Jeigu saulės elektrinė gamina nepakankamai elektros energijos, jos trūkumas paimamas iš tinklo automatiškai (11 pav.).



11 pav. Gaminančio vartotojo modelis.

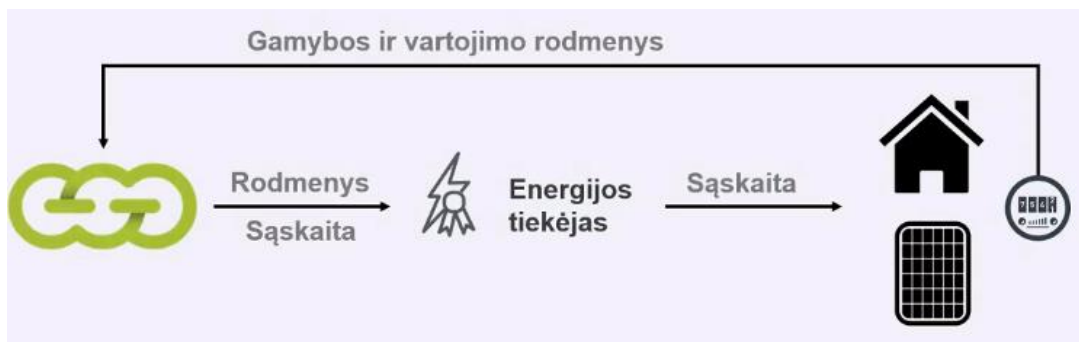
Iki šiol buitiniai vartotojai galėjo įsirengti ne daugiau kaip didžiausia leistinoji naudoti galia ir ne daugiau kaip 10 kW saulės jėgainę. Tuo tarpu visi juridiniai asmenys ir ūkininkai, ne daugiau kaip didžiausia leistinoji naudoti galia ir ne daugiau kaip 100 kW. Nuo 2019 m. spalio 1 d. visi elektros energiją gaminantys vartotojai gali įsirengti jau iki 500 kW galios elektrines. Taip pat, šiai dienai, buitiniams vartotojams iki 30 kW generacijos, supaprastintas prijungimas: nebereikia leidimo plėtrai ir leidimo gamybai bei išankstinių techninių sąlygų.

### 4.1.1. Gaminančio vartotojo apskaita ir veikimo schema

Paprastas GV – tai objektas, kuriame vyksta ir elektros energijos vartojimas ir gamyba. 12-tame paveiksle pavaizduotos įmonių grupės ir jų dalyvavimas bei atsakomybės GV. AB „Energinės skirstymo operatorius“ (toliau – ESO) valdo duomenis, vykdo susiejimus, perduoda duomenis nepriklausomiems tiekėjams. Visa suvartota ir pagaminta energija apskaitoma dvykrypčių elektros skaitiklių pagalba. Nesvarbu koks yra Kliento elektros tiekėjas, nesvarbu, kaip Klientas tą jėgainę įsigijęs, jeigu Klientas prisijungęs prie ESO tinklų, ESO visuose procesuose vistiek dalyvauja. Buitinių vartotojų energijos tiekėja, kol kas, yra vienintelė įmonė UAB „Ignitis“ (toliau – Ignitis). Ignitis susikūrė 2019 m. į vieną bendrovę sujungus „Lietuvos energijos tiekimą“, „Energinės tiekimą“,



„Gilė“ ir „Litgas“. Tai didžiausias elektros ir dujų tiekėjas Lietuvoje, teikiantis visas svarbiausias energetikos paslaugas daugiau kaip 1,6 mln. šalies gyventojų. Pagal iš ESO gautus duomenis, Ignitis formuoja ir pateikia sąskaitas Klientams.



12 pav. Paprasto GV informacijos srautų schema

GV pagaminto elektros energijos kiekio apskaita tvarkoma pagal elektros energijos apskaitos prietaisų, fiksuojančių suvartotą ir pagamintą elektros energiją, rodmenis. Tapus gaminančiu vartotoju, ESO įrengia elektros energijos skaitiklius su nuotolinio nuskaitymo galimybe. Duomenys iš elektros skaitiklių yra nuskaityti automatiškai kiekvieną mėnesį ir pagal šiuos duomenis gaminančiam vartotojui yra apskaičiuojama ir savitarnoje pateikiama tiksli sąskaita faktūra. Šiuo metu ESO naudoja UAB „Elgama-elektronika“ dvykrypčius elektros skaitiklius.



13 pav. Elektros energijos skaitikliai GAMA 100 (kairėje) ir GAMA 300 (dešinėje)

Elektros energijos skaitiklis GAMA 100 (G1B.xxx) – vienfazis tiesioginio jungimo elektroninis daugiatarifis aktyviosios ir reaktyviosios (arba tik aktyviosios) elektros energijos skaitiklis skirtas naudojimui kintamos srovės tinkluose. G1B skaitiklis gali registruoti abiejų krypčių aktyviąją energiją (+A ir -A, kaip ir |A|) ir abiejų krypčių reaktyviąją energiją (+R ir -R). G1B skaitikliai gali registruoti paros ir mėnesio galios maksimumus, matuoti momentines vertes, formuoti galios profilius bei pildyti įvykių žurnalą. Skaitiklis gali būti vientarifis arba daugiatarifis. Tarifai gali būti perjungiami naudojant vidinį laikrodį. G1B skaitiklis gali turėti S0 išvadą(-us) ir papildomai gali turėti optinį ir elektrinį ryšio sietuvus vietiniam ir nuotoliniam duomenų apsikeitimui. Skaitiklis atitinka naują Lietuvos matavimo priemonių techninį reglamentą ir 2004/22/EC Europos Parlamento direktyvos (MID) reikalavimus. ESO naudojama modifikacija: G1B.152.220.F4.P2.C210.V1 [32]

Elektros energijos skaitiklis GAMA 300 (G3B.xxx) – trifazis elektroninis daugiatarifis aktyviosios ir reaktyviosios (arba tik aktyviosios) elektros energijos skaitiklis skirtas naudojimui kintamos srovės trijų fazių keturlaidžiuose ir trilaidžiuose tinkluose. Skaitiklis taip pat gali būti naudojamas vienfaziuose kintamosios srovės tinkluose. Be to jis veikia ir skaičiuoja energiją atjungus skaitiklio "0", jei įtampa yra bent dvejose fazėse. Priklausomai nuo modifikacijų G3B.xxx skaitikliai gali būti tiesioginio jungimo ir transformatorinio jungimo jungiami per srovės ir/arba įtampos transformatorius. Papildomai GAMA 300 skaitiklis gali registruoti paros ir mėnesio galios maksimumus, matuoti momentines vertes, formuoti galios profilius bei pildyti įvykių žurnalą. Skaitiklis gali būti vientarifis arba daugiatarifis. Tarifai gali būti perjungiami išoriniu būdu arba naudojant vidinį laikrodį. GAMA 300 skaitiklis gali turėti S0 išvadą(-us) ir papildomai gali turėti optinį ir elektrinius ryšio sietuvus vietiniam ir nuotoliniam duomenų apsikeitimui. ESO naudojamos modifikacijos [33]:

- tiesioginio jungimo G3B.144.230.F67.P2.C100.A3 (su GPRS) skirtas objektams iki 50 kW.
- transformatorinio jungimo G3B.548.140.F47.P2.C200.A3. Skirtas galingesniems objektams nuo 50 kW ir jungiamas per srovės matavimo transformatorius.

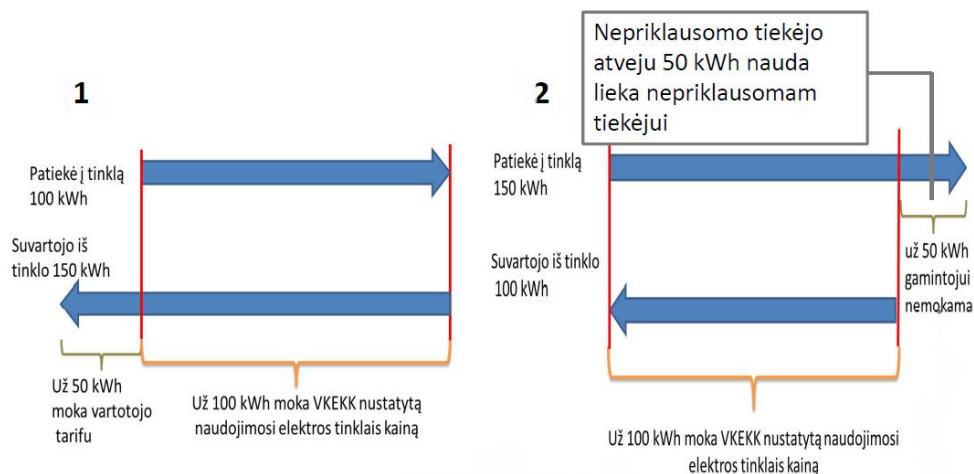
Trifaziai skaitikliai skaičiuoja kiekvienos fazės į tinklą patiektą ir iš tinklo paimtą elektros energijos kiekį atskirai. Taip yra todėl, kadangi tarp fazių energija nėra tiesiogiai perduodama, ir Jūsų vidaus tinklo vienoje fazėje atsiradęs elektros perteklius yra suvartojamas kitų prie tinklo prijungtų vartotojų, o į fazes, kuriose tuo pačiu metu vartojimas didesnis nei generacija, elektra yra tiekiamą iš tinklo. Tai tinkle sukelia disbalansą tarp fazių ir blogina elektros kokybę kitiems vartotojams. Tam, kad tokiu atveju ESO galėtų užtikrinti tiekiamos elektros kokybę, reikalingos papildomos tinklo investicijos.

Elektros apskaitos pagrindu nustatoma ir GV veikimo schema yra tokia: [34]

- 1) per kalendorinį mėnesį GV į elektros tinklus patiektos elektros energijos kiekis ir iš elektros tinklų suvartotos elektros energijos kiekis;
- 2) per laikotarpį nuo einamųjų metų balandžio 1 dienos iki kitų metų kovo 31 dienos (toliau – kaupimo laikotarpis) GV į elektros tinklus patiektos elektros energijos kiekio ir iš elektros tinklų suvartotos elektros energijos kiekio santykis:
  - jeigu GV per einamąjį kalendorinį mėnesį pagamina daugiau elektros energijos negu suvartoja, tai tarp pagamintos ir suvartotos elektros energijos susidaręs skirtumas perkeliamas į kitą kalendorinį mėnesį ir taip tas elektros energijos kiekis yra kaupiamas kaupimo laikotarpiu;
  - jeigu GV per einamąjį kalendorinį mėnesį pagamina mažiau elektros energijos negu suvartoja, tai tarp pagamintos ir suvartotos elektros energijos susidaręs skirtumas yra atimamas iš per kaupimo laikotarpį sukaupto elektros energijos kiekio;
  - jeigu pasibaigus kalendoriniam mėnesiui GV suvartotos elektros energijos kiekis yra didesnis negu pagamintos, už šį skirtumą gaminantis vartotojas moka pagal GV ir elektros tiekėjo sudarytoje elektros energijos pirkimo–pardavimo sutartyje nustatytą į kainą
  - per kaupimo laikotarpį GV suvartotą elektros energiją viršijantis į elektros tinklus patiektos elektros energijos kiekis į kitą kaupimo laikotarpį nėra perkeliamas ir už šį kiekį nemokama.

14-tame paveiksle iliustruoti pavyzdžiai paaiškina dabartinį GV modelį, kurio nauda akivaizdi visiems – vartotojas gali sumažinti išlaidas už elektros energiją, o investuoti pinigai su laiku atsiperks, Lietuvos energetikos sistemai vartotojų pagaminta energija sumažina poreikį importuoti atitinkamą kiekį elektros, o visos ekonomikos mastu, atsinaujinančios energetikos sfera gali tapti svarbia šaka kuriančia darbo vietas ir pridėtinę vertę. Tačiau esamas reguliavimas neleidžia išnaudoti viso šio

modelio potencialo. Dabartinis reguliavimas motyvuoja vartotoją tenkinti tik savo asmeninius poreikius, t. y. investuoti į mažesnę, o ne didesnę saulės jėgainę. Būtent pagaminta perteklinė ir nesuvargota elektros energija iki balandžio pirmosios dienos ir yra esminis trūkumas. Įvairios įmonės, siūlančios vartotojams įsigyti saulės elektrines, rekomenduoja instaliuoti mažesnę galią, nei jos vartotojams gali prireikti. Ir tai yra suprantama, kadangi kiekvienas kilovatas kainuoja šiai dienai apie 1000 Eu, o tikslaus suvartojimo – galios poreikio, prognozuoti sudėtinga, o kartais ir neįmanoma. Kita vertus jeigu GV matys, kad visos pagamintos energijos jis neįstengs per kaupimo laikotarpį sunaudoti, greičiausiai ims tyčia vartoti elektros daugiau, kad nebūtų ko nusavinti – pvz., pradės šildyti savo būstą nereikalingai aukšta temperatūra laikydamas pravirus langus ir pan, o tai neskatina energijos taupymo.



**14 pav.** GV kainų taikymo schema. 1) GV trūkstamas kWh perka iš tinklo. 2) GV per kaupimo laikotarpį pagamino 50 kWh daugiau nei suvartojo.

#### 4.1.2. Gaminančio vartotojo kainodara

Elektros energijos tiekimo ir naudojimo taisyklėse numatyta, kad GV elektros kiekių apskaita vykdoma tik pagal vienos laiko zonos tarifą. GV, jei per mėnesį suvartojo daugiau nei pagamino, už trūkstamą elektros energijos kiekį moka įprastą kainą kaip ir kiti vartotojai. Nuo 2020 m. sausio 1 d. UAB „Ignitis“ vienos laiko zonos energijos dedamosios kaina – 1 kWh = 0,149 Eu.

Šiuo metu yra keturi būdai atsiskaityti už energijos pasaugojimą. Pasirinkti tinkamiausią nėra lengva – ekonomiškiausias apmokėjimo planas konkrečiam gaminančiam vartotojui priklauso nuo tikslios prognozės – kiek per metus elektros pagamins, kiek sunaudos, kiek energijos pateiks į tinklą pasaugoti. Vartotojas gali pasirinkti atsiskaityti savo pagaminta elektra už energijos “pasaugojimą”, tačiau pasirinkti tokį apmokėjimo būdą jis gali tik kartą metuose. Valstybinė energetikos reguliavimo tarnyba (toliau – VERT) savo nutarimais tvirtina Elektros energiją gaminančių vartotojų naudojimosi elektros tinklais paslaugų kainos skaičiavimo metodiką ir nustato gaminančių vartotojų naudojimosi elektros tinklais paslaugų kainas. Nuo 2018 06 01 pakeitus Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymą, gaminantys vartotojai už naudojimosi tinklais paslaugą gali atsiskaityti rinkdamiesi vieną iš keturių atsiskaitymo būdų. Visi šie būdai ir kainos pateiktos antroje lentelėje. Kainos galioja nuo 2020 m. sausio m. 1 d. ir patvirtintos VERT. [35]

## 6 lentelė. GV atsiskaitymo būdai ir kainos

Planas	Mokama už:	Kaina žemojoje įtampoje su PVM
I	Už patiektos į tinklą ir vėliau atgautos elektros energijos kilovatvalandę	0,05203 Eur/kWh
II	Už instaliuotą elektrinės generuojamos galios kilovatą	2,6378 Eur/kW/mėn.
III	Atsiskaitymas mišriu būdu, t.y. už patiektos į elektros tinklus ir vėliau atgautos elektros energijos kilovatvalandę ir už instaliuotą elektrinės generuojamos galios kilovatą	0,02662 Eur/kWh  1,3189 Eur/kW/mėn.
IV	Atsiskaitymas kilovatvalandėmis: nustatytas procentas nuo patiektos į tinklus energijos kiekio paliekamas operatoriui už naudojimosi tinklais paslaugas klientas galės neatlygintinai atgauti nustatytą procentą nuo savo pagaminto ir patiekto į tinklą kiekio	36% (gaminančiam vartotojui lieka 64%)

Vartotojas gali pasirinkti atsiskaityti savo pagaminta elektra už energijos „pasaugojimą“, tačiau pasirinkti tokį apmokėjimo būdą jis gali tik kartą metuose. Jei gaminantis vartotojas pasirenka atsiskaitymo būdą už elektrinės instaliuotą galią arba atsiskaitymą pagal procentą nuo patiekto į tinklą energijos kiekio, tokiu atveju gaminantis vartotojas už atgautos elektros energijos kilovatvalandes nemoka. Taikant atsiskaitymo būdą už elektrinės įrengtąją galią ar pasirinkus mišrų atsiskaitymo būdą, esant nepilnam atskaitiniam mėnesiui, gaminančiam vartotojui skaičiuojama elektrinės instaliuotos galios dedamoji, proporcinga dienų skaičiui, kai buvo naudojama paslauga. Pasirinkus atsiskaitymo būdą pagal procentus, gaminančio vartotojo atgautas kWh kiekis visuomet bus mažesnis nei patiektas į tinklą. Gaminančių vartotojų naudojimosi elektros tinklais paslaugų kainos priklauso ir nuo to, iš kokios įtampos tinklų vartotojas gauna elektros energiją.

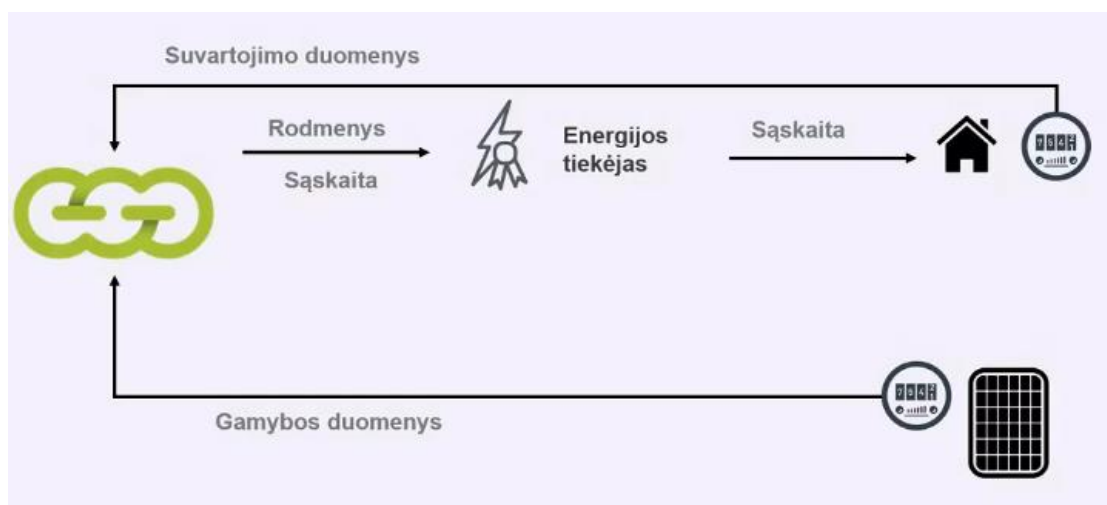
### 4.2. Nutolęs gaminantis vartotojas

Nuo 2019 m. spalio 1 dienos įsigaliojo Atsinaujinančių išteklių energetikos bei Elektros energetikos įstatymo pakeičiamieji, leidžiantys gaminančių vartotojų generacijos pajėgumams būti geografiškai nutolusiems nuo vartojimo taško, tai reiškia, kad GV gali elektrą gaminti viename, o ją vartoti kitame objekte, nepriklausomai nuo jų tarpusavio atstumo. Šiame modelyje elektrinė ar jos dalis yra laikoma nutolusia elektrine, o objektas, kuriame yra vartojama elektros energija – vartojimo objektu. Toks vartojimo objektas, kuriam yra priskiriama nutolusios elektrinės generavimo galia, tampa nutolusiu gaminančiu vartotoju, ir jam yra taikomos tos pačios sąlygos ir galimybės, kaip įprastam gaminančiam vartotojui, kuris gamina ir vartoja tame pačiame objekte. [36]

Gaminantys vartotojai gali savo elektrinės generacijos galią priskirti tik kitiems savo nuosavybės teise valdomiems objektams. Taipogi, norint užtikrinti, kad elektra vartojama savo reikmėms, generacijos ir vartojimo objektuose elektros tiekimo sutartis turi būti sudaryta su tuo pačiu asmeniu. Jeigu norima elektrinės galią priskirti kitam asmeniui, tam reikalingas VERT išduodamas leidimas gaminti ir tai leidžiama tik naujoms elektrinėms. Kiti reikalavimai: vartojimo objektas vienu metu gali turėti priskirtą galią tik iš vienos nutolusios elektrinės, priskiriama elektrinės galia negali viršyti vartojimo objekto leistinosios vartoti galios.

Nutolusio gaminančio vartotojo elektros apskaita yra sujungiama iš dviejų atskirų skaitiklių (15 pav.). Vartojimo objekto elektros skaitiklis apskaito iš tinklo suvartotos elektros energijos kiekį, o nutolusios elektrinės objekte esančio elektros skaitiklio rodmenys yra naudojami suskaičiuoti prie

elektrinės priskirtam vartojimo objektui tenkančią pagamintos ir į tinklą pateikto energijos kiekio dalį.

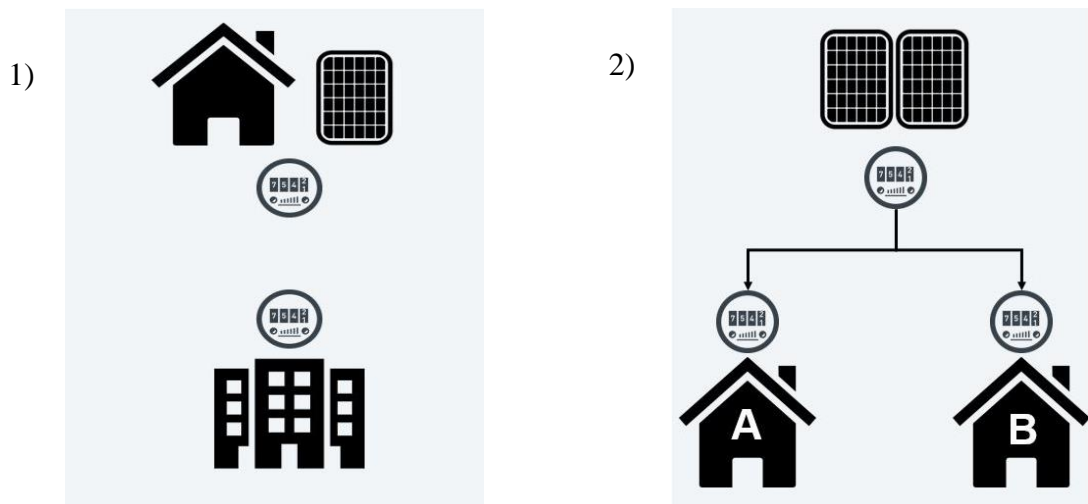


15 pav. NGV principinė schema

Kiekvieną mėnesį automatiškai nuotoliniu būdu nuskaičius abiejų skaitiklių rodmenis yra suskaičiuojama:

- kiek elektros energijos gaminantis vartotojas atgavo iš tinklo (t.y. atgavo iš savo paties anksčiau pagaminto ir pateikto į tinklą kiekio);
- kiek elektros energijos gaminančiam vartotojui trūko (tuo atveju jei savo pagaminto kiekio neužteko);
- kiek energijos gaminantis vartotojas sukaupe (tuo atveju jei į tinklą pateikė daugiau nei suvartojo iš tinklo). [34]

Nutilusios elektrinės pagamintas kiekis yra priskiriamas kiekvienam vartojimo objektui atskirai, proporcingai pagal iš anksto išdalintą ir objektui priskirtą elektrinės galią. Priskyrus elektrinės galią, sugeneruotos kilovatvalandės yra kaupiamos atskirai ir jos negali būti perkeliamos iš vieno objekto į kitą. Pavyzdžiui: sodo namelyje įrengta 10 kW galios elektrinė – tai įprastas gaminantis vartotojas. Šis GV dar turi ir butą. Sode priskirtą elektrinės galią jis turi galimybę sumažinti iki 7,5 kW, o likusius 2,5 kW priskirti butui. Abu objektai tampa gaminančiais vartotojais, abu gali turėti skirtingus EE tiekėjus, tarifų planus, skirtingus atsiskaitymo už naudojimąsi tinklais būdus. Visas per mėnesį į tinklus patiekiamas elektros kiekis iš sodo namelio yra proporcingai išdalinamas abiem objektams pagal jiems priskirtas galias. Šiuo atveju 25% kWh priskiriamos butui, o 75% kWh – sodo nameliui. GV kWh kaupimas objektuose yra atskiras, ir jau sukauptas kiekis negali būti perkeliamas iš vieno objekto į kitą. Galios priskyrimui apribojimų nėra, tačiau užklausa ESO išsprendžia iki 5-ių darbo dienų.



**16 pav.** NGV rūšys. 1) GV gamina elektra viename, o vartoja kitame savo objekte. 2) Nutolusios elektrinės galia padalinta keliems objektams

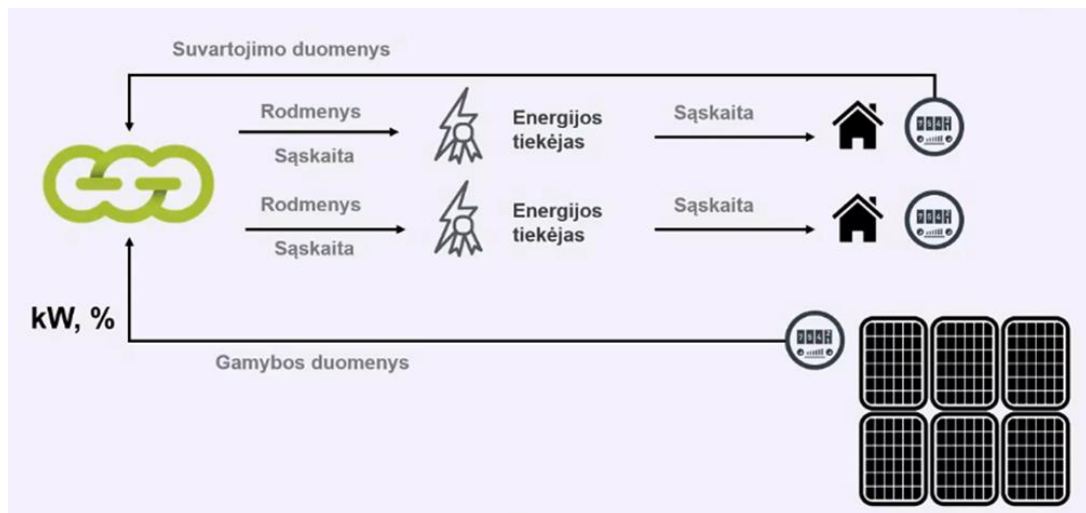
Tipiniai galimi NGV pavaizduoti 16-tame paveiksle. 16 pav. 2) schemoje pavaizduotą elektrinę prijungus prie tinklų, jos galia gali būti išdalinama ir priskiriama keletui skirtingų vartojimo objektų. Elektrinė gali būti prijungiama atskiru įvadu kaip gamintojas, arba prie jau esančio vartojimo įvado, paprastą elektros vartotoją padarant gaminančiu vartotoju su dvikrypte elektros apskaita.

Šiame darbe bus nagrinėjami būtent šie NGV tipai, t.y. esami buitiniai gaminantys vartotojai priskybę savo nutolusiems objektams įdiegtų ir veikiančių jėginių galių. Darbe nebus vertinamos GV elektrinių galių proporcijų paskirstymas, kadangi tai yra pernelyg individualus bei galimai dažnai kintantis kiekvieno GV pasirinkimas, negana to, duomenų apie paskirstytas galių proporcijas nėra. Darbe visas dėmesys sutelktas į sumines energijas, t.y. bendrą kiekvienos nutolusios elektrinės ir vartojimo objekto mėnesinį kilovatvalandžių gamybą ir suvartojimą per praėjusį pilną kaupimo laikotarpį.

### 4.3. Saulės parkai

AB „Ignitis“ atliko statistinius skaičiavimus ir nustatė, kad Lietuvoje 60% gyventojų gyvena daugiabučiuose. 50% gyventojų gyvenančių nuosavose namuose kurių stogai nėra tinkami įrengti saulės modulius. Tačiau juos visus apklausus, net 90% atsakė, kad norėtų gaminti iš saulės. Jau minėti 2019 m. spalio mėn. 1 d. pasikeitimai įgalina nutolusių saulės elektrinių modelį visoje Lietuvoje, todėl siekiant sukurti paprasto proceso, paprasto būdo naudoti, paprastos galimybės įsigyti saulės elektrinę, „Ignitis“ sukūrė pirmąją „Saulės parkai“ platformą, kurioje atsirado pirmieji vystytojų projektai ir galimybė rezervuoti bei įsigyti nuosavas saulės elektrines iš saulės parkų. Saulės parkai platforma Klientą įgalina naudoti atsinaujinančią elektros energiją, tausoti gamtą, sutaupyti net iki 70% elektros sąskaitos ir didinti Lietuvos energetinę nepriklausomybę. Saulės parkai platforma – tai viena bendra erdvė, internetinė svetainė, kurioje vystytojai, kurie stato didelius saulės parkus, gali juos viešinti platformoje, o klientai gali rinktis tarp skirtingų vystytojų, pagal lokaciją, pagal kainodarą, projektų kainas, saulės elektrinės prijungimo datą, pagal patikimumą, įsivertinti savo naudas ir pasirinkti labiausiai patinkantį projektą. [36]

Šia komercinė veikla gali užsiimti ir kitos įmonės. Elektrinės, susiejamos su nutolusiais gaminančiais vartotojais, gali būti parduodamos ir ne per Ignitis platformą, elektrines gali statyti bet kokie reikalavimus atitinkantys vystytojai, tuomet, kai yra gaunamas VERT leidimas gaminti, o šis yra išduodamas tik anksčiau neeksploatuotoms elektrinėms.



17 pav. Saulės parko principinė schema

ESO neišvengiamai dalyvauja visada, kadangi ir nutolusi elektrinė, ir vartojimo objektai yra prijungti prie ESO tinklų. Tą jėgainę pastatęs ir administruojantis asmuo (vystytojas arba eksploatuotojas) pateikia duomenis kas ir kiek galios yra išsiperkęs, o ESO mėnesio eigoje visą elektrinės į tinklus pateiktą energijos kiekį padalina proporcingai tiems prijungtiems vartojimo objektams. Jei kažkokia galios dalis nepriskirta niekam, tai ta generacija tiesiog ESO padenginėja nuostolius. Jei vystytojas ne viską išsiperduoda ar išnuomoja, ne viską priskiria vartojimo objektams, turėdamas visus leidimus, generaciją gali pardavinėti į rinką arba nepriklausomiems tiekėjams, tačiau elgsena turi būti kaip įprastų gamintojų – rūpinimasis balansavimu bei dokumentacija.

Šių metų balandžio mėn. šalia Elektrėnų atidaryta 1 MW saulės elektrinė ir tai yra pirmos pasaulyje visiems šalies namų ūkiams prieinamos nutolusių saulės jėgainių platformos „Ignitis saulės parkai“ veiklos startas. Tai yra pirmasis pasaulyje įgyvendintas geografiškai nutolusių saulės elektrinių projektas, veikiantis nacionaliniu mastu. Pirmąją saulės elektrinę naudos beveik 300 namų ūkių, o numatomas saulės elektrinės gyvavimo laikotarpis – 25 metai. Per šį laiką bus sugeneruota 25 GWh elektros energijos ir taip bus išsaugota daugiau nei 450 tūkst. medžių. CO<sub>2</sub> kiekis bus sumažintas beveik 19 tonų. [37]

Saulės elektrinės įsigijimą skatinantys veiksniai:

- Taupymas: apsauga nuo elektros kainų pokyčių, elektros pirkimo iš elektros tinklų mažinimas;
- Patogumas: saulės elektrinę įsigyti ytin paprasta, tiesiog internetinėje platformoje, o savitarnos svetainėje galima matyti vartojimo ir kitus duomenis;
- Nepriklausomybė: vartotojo neveikia išorinės įtakos, kadangi gamina savo energiją;
- Modernumas: tai inovacijos, dabarties ir ateities technologijos.
- Gamtos apsauga: „žaliosios“ energijos naudojimas.

## 5. Tyrimo dalis

Šioje darbo dalyje pateikti realių nutolusių gaminančių vartotojų duomenys, gauti naudojant AB „Energijos skirstymo operatoriaus“ įmonės vidines programas. Dėl 2018 m. liepos 16 d. Lietuvoje įsigaliojusio Asmens duomenų teisinės apsaugos įstatymo, šiame darbe nenaudojami jokie konkrečių asmenų indentifikavimo duomenys, gaminantys vartotojai ir jų nutolę objektai sunumeruoti atsitiktine eilės tvarka, pažymėtos objektų tik orientacinės, apytikslės buvimo vietos, tačiau panaudoti tyrimui reikalingi tų objektų vartojimo bei generacijos duomenys kilovatvalandėmis. Duomenys buvo surinkti naudojant šias programas:

- „EMCOS Corporate“ – tai AB „Sigma Telas“ sukurta programinė įranga. Tai automatizuota energijos nuskaitymo sistema, skirta peržiūrėti duomenis iš duomenų nuskaitymo įrenginių realiame laike, peržiūrėjimus duomenis atspausdinti, eksportuoti į MS Excel, išsaugoti įvairių formatų failuose, keisti grafikų atvaizdavimo būdą, grafikus atspausdinti, grafikus išsaugoti įvairių grafinių formatų failuose, tikrinti duomenų archyvų vientisumą, peržiūrėti įvykius ir įvykius (ryšio patikimumo pranešimus, duomenų vėlavimo statusus, Oracle pranešimus, programų klaidas ir t.t.), vartotojams, turintiems atitinkamą teisių lygį, atlikti duomenų nuskaitymo įrenginių parametravimą, sistemos konfigūravimą, peržiūrėti archyvus, peržiūrėti ir redaguoti ataskaitas, schemas ir t.t.
- „TEVIS“ – Tinklo Eksploatavimo ir Valdymo informacinė sistema. Tai visų AB „Energijos skirstymo operatoriaus“ elektros bei dujų apskaitos taškų, o taip pat ir tinklo (linijų, pastočių) duomenų bazė bei darbuotojų užduočių, planinių ir neplaninių darbų organizavimo įrankis.

Šiame skyriuje, remiantis faktiniais duomenimis, pateikiama esamų nutolusių gaminančių vartotojų elektros energijos vartojimo bei generavimo analizė, stastika. Pagal skyriaus pirmos dalies gautą esamų gaminančių vartotojų elektros energijos gamybos ir suvartojimo vidurkį, pritaikomos 2020 m. sausio 1 d. VERT gaminančių vartotojų naudojimosi elektros tinklais paslaugų kainos, bei pateikiamos išvados, kurie tarifų planai naudingiausi vartotojams. Pasirinkus du 10 kW saulės jėgaines turinčiu gaminančius vartotojus, EMCOS programa nuskaityti elektros skaitiklių duomenys bei analizuojama saulės jėgainių įtaka tinklo parametrams. Galiausiai įvertinamos gaminančių vartotojų investijos, atsiperkamumas ir ekonominis poveikis bei apibendrinami tyrimo rezultatai. Siekiant tiksliai atlikti skaičiavimus ir pateikti grafinius rezultatų atvaizdus, papildomai naudojama Microsoft Excel programa.

### 5.1. Nutolusių gaminančių vartotojų elektros energijos gamybos ir vartojimo analizė

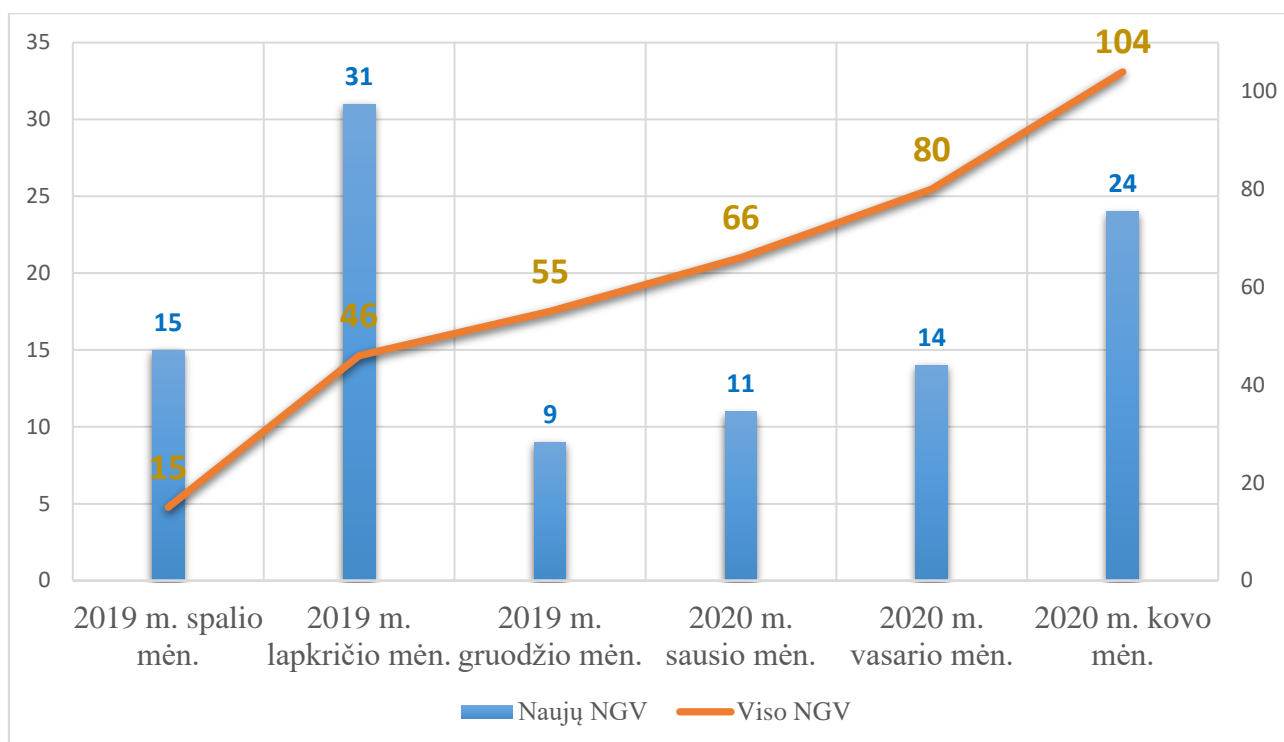
4-tame skyriuje minėti 2019 m. spalio 1 dienos įsigalioję Atsinaujančių išteklių energetikos ir Elektros energetikos įstatymų pakeitimai atvėrė kelią pasinaudoti žaliosios energijos galimybėmis gyventojams ir verslo subjektams, t. y. atsirado galimybė statyti arba naudoti geografiškai nutolusią elektrinę ir joje pagamintą elektrą vartoti kitoje vietoje, pvz. bute. Pasirodė pirmieji saulės parkų projektai, tačiau šie projektai šiuo metu vis dar vystomi, saulės moduliai montuojami, skelbiami kvietimai rezervuoti elektrinių galias, sudarinėjamos sutartys. Dalis saulės parkų pradėjo ir dar pradės veikti jau šiais, 2020 metais, o galią vartotojams siūloma rezervuoti, t.y. pirkti ar nuomotis iš anksto, jau dabar.

#### 5.1.1. Nutolusių gaminančių vartotojų kiekiai

Po minėto 2019 m. AEI įstatymo pakeitimų įsigaliojimo, iškart fiksuoti pirmieji nutolę gaminantys vartotojai, kurie, paprastai, yra buitiniai esami arba nauji elektros energiją gaminantys vartotojai, turintys savo nuosavas saulės jėgaines. Naudojantis įmonės AB „Energijos skirstymo operatoriaus“ vidinėmis programomis apžvelgti ir nustatyti nutolusių gaminančių vartotojų kiekiai 2020 m. kovo 31 dienai. Tą dieną nutolusių gaminančių vartotojų Lietuvoje jau buvo 104.



Asmuo, nauju nutolusiu gaminančiu vartotoju laikomas nuo tada, kai ESO savitarnos svetainėje arba pateikus prašymą gyvai Klientų aptarnavimo centruose, jo nevienintelėje nuosavybėje įrengiamas naujas elektros skaitiklis, turintis duomenų perdavimo nutoliniu būdu galimybę. Nutolusių gaminančių vartotojų atsiradimo kiekiai ir sparta pavaizduoti 18-o paveikslo grafike, kuriame matyti, kad vos atsiradus galimybei gaminti elektros energiją ir ją vartoti kitoje, geografiškai nutolusioje vietoje, susidomėjimas buvo didžiulis. 2019 m. spalio mėn. ESO sulaukė pirmosios paraiškų bangos dėl nutolusiems objektams generuojamos galios priskyrimo, tad per praėjusių metų spalį bei lapkritį atsirado net 46 tokie vartotojai, o tai yra beveik pusė viso esamų nutolusių gaminančių vartotojų, praėjus 6-iems mėnesiams nuo įstatymo pakeičių įgyvendinimo. Šiuos vartotojus galima laikyti žaliosios energetikos entuziastais, kurie domisi ir naudojami naujomis galimybėmis.



**18 pav.** Nutolusių gaminančių vartotojų kiekiai. Melsva spalva žymimi stulpeliai – tai nauji mėnesio nutolę gaminantys vartotojai, oranžinė linija – bendras nutolusių gaminančių vartotojų kiekis.

Praėjus pirmajai paraiškų bangai, naujų nutolusių gaminančių vartotojų kiekiai ir toliau auga. Nuo 2019 m. gruodžio mėn., kiekvieną mėnesį jų atsiranda vis daugiau. Tai gali būti susiję su vis daugėjančiu paprastų gaminančių vartotojų skaičiumi, o taip pat ir pačių vartotojų švietimu. Tačiau naujų nutolusių gamintojų skaičių riboja jų fizinės galimybės, pvz. turimas nekilnojamasis turtas. Gaminančių vartotojų, kurie turi kelis objektus skirtinguose vietose, pvz. sodo namą, su ant stogo įrengtais saulės moduliais, ir butą mieste, bei pageidaujančių gaminti ir naudoti elektros energiją visuose savo objektuose 2019 m. kovo 31 dieną viso buvo 104, tačiau nutolusių gaminančių objektų – 121. Taip yra todėl, kad 14-ka šių gaminančių vartotojų paskirsto sugeneruotą energiją ne vienam, o dviem ar trimis savo nutolusiems objektams. Visas gaminančių vartotojų ir jų nutolusių objektų sąrašas pateiktas 1-me priede.

Nutulusių gaminačių vartotojų proveržio laukiama ir tikimasi vos pradėjus veikti saulės parkams. 2020 m. kovo 31 d. AB „Ignitis“ internetinėje platformoje [www.saulėsparkai.lt](http://www.saulėsparkai.lt) skelbiama, kad jau

2497 klientų yra rezervavę būsimų saulės parkų galią, kurią sudaro 9869 kW, tačiau tai dar nepabaiga, rezervacijos ir toliau vyksta, o naujų, ir ne tik AB „Ignitis“ saulės parkų vis daugiau atsiranda.

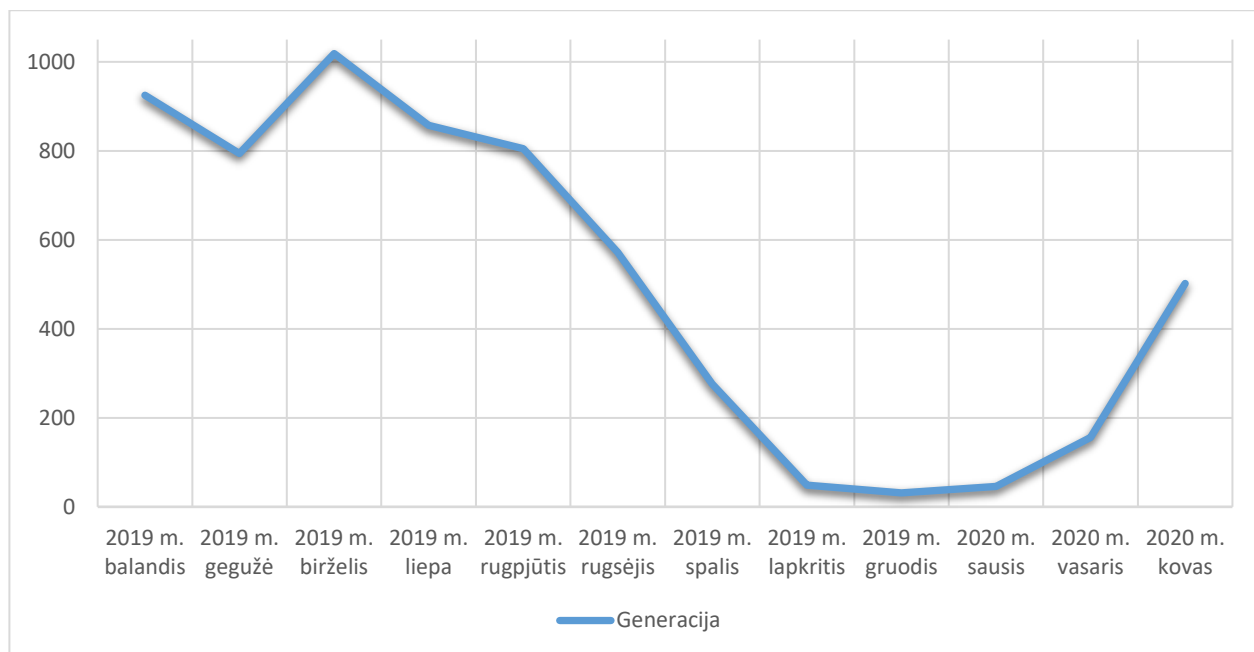
1-o priedo lentelėje, t.y. nutolusių gaminančių vartotojų sąrašė, didžioji dalis gaminančių vartotojų, t.y. net 92 objektai yra gyvenamieji namai. Kita dalis – sodų namukai, įsirengę saulės modulius ant pastatų stogų, arba sklypuose, ant žemės. 76% šių gaminančių vartotojų saulės jėgaines įsirengę rajonuose arba miesteliuose. Gaminančių vartotojų įrengtų saulės modulių galia įvairi, nuo 2,36 kW iki 13,46 kW. Tuo tarpu šių gamintojų vartojimo objektai objektai išsidėstę didmiesčiuose ar miesteliuose. Net 79 objektai iš 121 – daugiabučių namų butai.

Energijos vartojimo ir generavimo laikotarpis parinktas pagal Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme nustatytą vadinamąjį „kaupimo“ laikotarpį, t.y. nuo 2019 m. balandžio 1 d. iki 2020 m. kovo 31 dienos. Nutolusių gaminančių vartotojų sąrašė, 1-me priede pateikta informacija, žyminti nuo kada vartotojas tapo elektros energijos gamintoju. Siekiant kuo tikslesnių rezultatų, būtina žinoti pagamintas ir suvartotas kilovatvalandes per visą pilną kaupimo laikotarpį, todėl iš sąrašė esančių 104 gaminančių vartotojų pasirenkami tik tiek, kurie saulės jėgaines įsirengė ir elektros energiją gaminti pradėjo dar iki 2019 m. balandžio 1 d. Tokių gaminančių vartotojų yra 39-i, tad toliau šiame darbe analizuojami tik šie objektai. Likę 65-i laikomi naujais gaminančiais vartotojai, kurie turi prisiskyrę ir nutolusius savo objektus, 24-i iš jų ėmė gaminti elektros energiją tik nuo šių metų.

### **5.1.2. Nutolusių gaminančių vartotojų elektros energijos gamyba ir vartojimas**

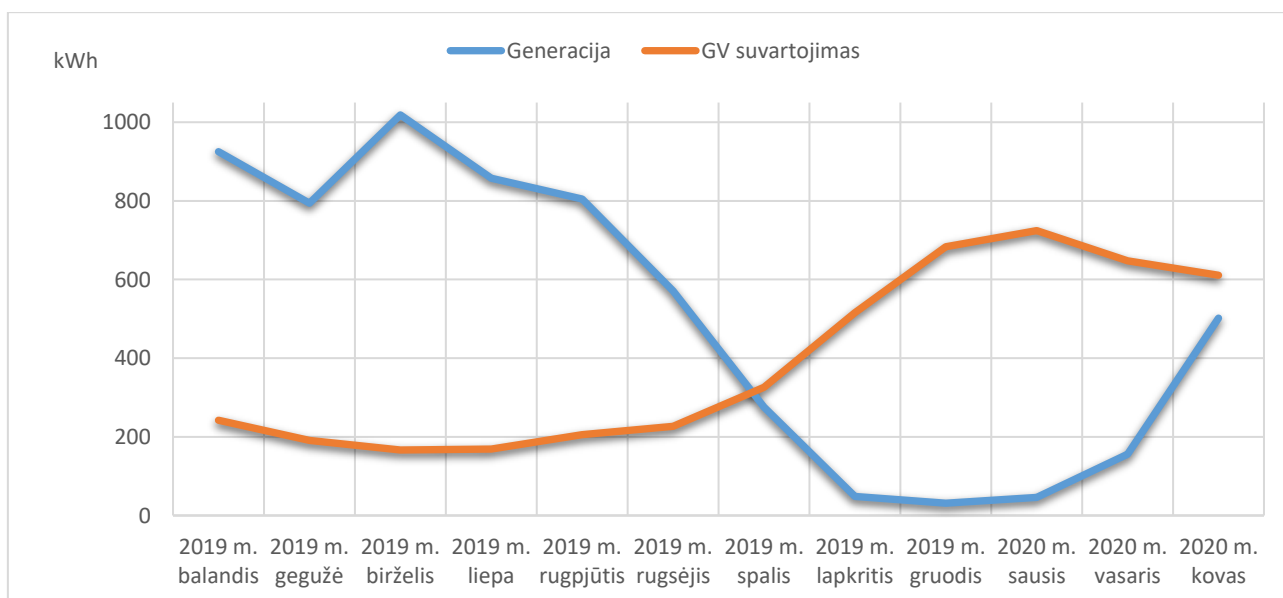
Kaip jau minėta, toliau analizuojami 39-i gaminantys vartotojai. EMCOS programos pagalba nuotoliniu būdu nuskaityti šių vartotojų elektros energijos generacijos ir suvartojimo duomenys per visą pastarąjį kaupimo laikotarpį. Nuskaityti faktiniai duomenys pateikti 2-me priede. Nustatyta, kad per kaupimo laikotarpį šių vartotojų saulės jėgainės viso pagamino 235196 kWh.

Didžiausias pagamintos energijos kiekis yra 75-u eilės numeriu pažymėtas gamintojas – 10721 kWh, kurio instaliuotos jėgainės galia – 9,95 kW. Tuo tarpu mažiausiai energijos pagamino gamintojas Nr. 120 – 1914 kWh su 2,36 kW elektrine. Nepaisant skirtingų jėgainių pajėgumų bei pagamintos energijos kiekių, 19 pav. pateikiamas gaminančių vartotojų gaminamos energijos vidurkis per kaupimo laikotarpį. Grafike akivaizdžiai matyti, kad vidurvasarį, būtent 2019 m. birželio mėnesį, kada saulė spindėjo intensyviausiai, 39-ių gamintojų vidutinis pagamintas didžiausias elektros energijos kiekis buvo 1018 kWh, o viso – 39724 kWh. Tuo tarpu žiemos metu, gruodį, generacija vidutiniškai tesiekė 31 kWh, t.y. viso 1220 kWh. Saulės elektrinių darbas tiesiogiai priklauso ir proporcingai didėja arba mažėja priklausomai nuo saulės šviesos laiko. Tai paaiškina šiltuoju metų periodu nevienodą sugeneruotos elektros energijos kiekį. 2019 m. gegužės mėn. sugeneruotos elektros energijos kiekio vidurkis nesiekė 800 kWh, kadangi tą mėnesį saulė švietė 226 val. [38] Palyginus ankstesnę mėnesį, t.y. 2019 m. balandį, saulės buvo 313 val., o birželį, kada fiksuotas generacijos maksimumas – 355 val. Šaltuoju metų periodu, saulė tepasirodė vos 21-32 valandas per mėnesį.



**19 pav.** Gaminančių vartotojų pagamintos elektros energijos kiekiai.

Gaminančių vartotojų suvatotos elektros energijos kiekiai per tą patį kaupimo laikotarpį pateikti 3-me priede. Bendras šių vartotojų suvartotas elektros energijos kiekis yra 183645 kWh. Suvartojimai ženkliai skiriasi, t.y. nuo 387 kWh (86-tas vartotojas) iki 10362 kWh (75-tas vartotojas). Vėlgi, apskaičiuojami mėnesių vidurkiai kurie atvaizduojami grafike kartu su tų pačių vartotojų pagamintos elektros energijos vidurkiu 20 pav. Grafike matyti, kad žiemos periodu elektros energijos poreikis išauga: elektra labiau naudojama apšvietimui, kadangi tamsus paros metas trunka ilgiau, taip pat galimai kai kurie vartotojai elektrą naudoja šildymui ir pan.



**20 pav.** Gaminančių vartotojų generuojamos ir suvartojamos energijos vidutiniai kiekiai.

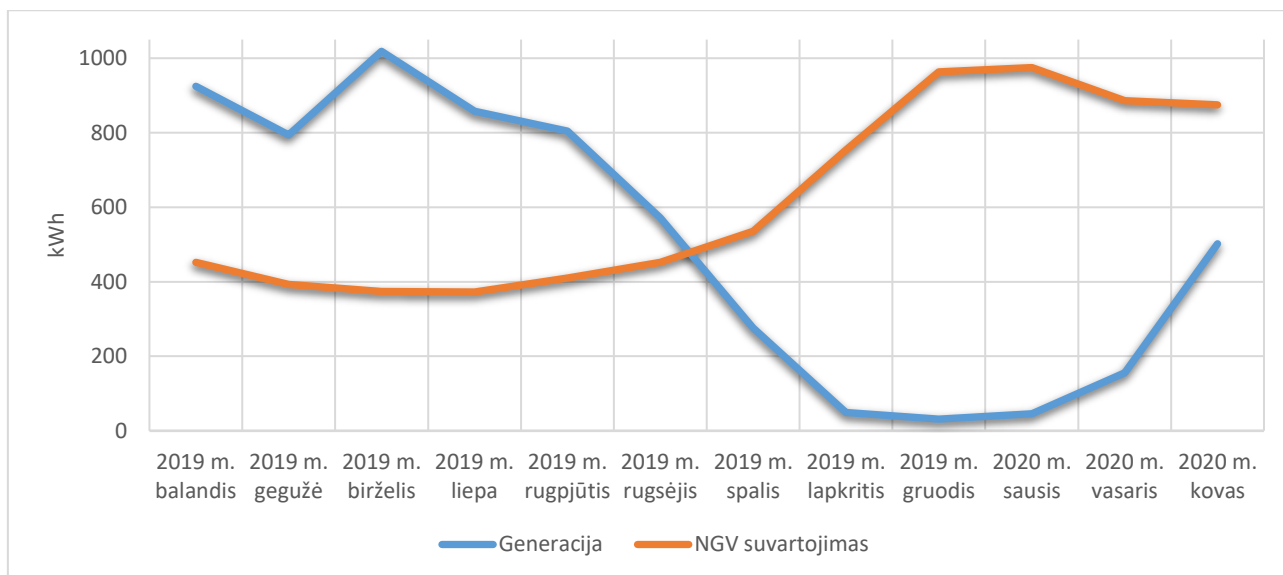
Gaminantys vartotojai sugeneravo 1,28 karto daugiau elektros energijos nei suvartojo. 39-i tyrimieji objektai viso į tinklus pateikė 51550 kWh perteklių, kuris 2020 metų balandžio mėn. 1-a dieną tiesiog išnyksta ir už jį nėra sumokama ar kaip kitaip kompensuojama. Daugiausia pagamintos elektros energijos nesuvaldojo 6-tasis vartotojas – 6,1 tūkst. kWh ir 4-tas – 4,3 tūkst. kWh. Žiūrint bendrai, net 32 gaminantys vartotojai elektros energijos sugeneruoja daugiau nei patys jos suvartoja ir tik 5-i gaminantys vartotojai suvartojo kelis šimtus kWh daugiau nei pagamino. Tai reiškia, kad didžioji dalis saulės jėgaines įsirengę vartotojai galimai neįvertino, arba netiksliai paskaičiavo savo elektros energijos poreikių bei instaliavo, o taip pat ir investavo daugiau nei reikėjo.

Sugeneruotos energijos perteklius įtakoja kai kurių vartotojų elgseną. Sienkiant kuo labiau išnaudoti sukauptą perteklinę ir į tinklus pasaugojimui atiduotą elektros energijos kiekį, šie galimai tyčia ima vartoti elektrą. Antai 75-tojo vartotojo 2020 m. sausio mėn. suvartojimas 1,9 karto didesnis nei įprastas šio vartotojo mėnesinis suvartotos energijos kiekis žiemos metu. 110-tojo vartotojo 2020 m. kovo mėn. suvartojimas 3 kartus didesnis nei bendras jo vidurkis kaupimo laikotarpiu. Panašių atvejų galima rasti ir pas kitus gaminančius vartotojus. Toks elgesys veda prie išvados, kad dabartinis Atsinaujinančių išteklių energetikos ir Elektros energetikos įstatymas neskatina elektros energiją naudoti efektyviai ir juo labiau instaliuoti didesnio galingumo elektrines bei generuoti daugiau elektros energijos nei reikalauja vartotojų poreikiai. Nors Lietuva ir siekia energetinės nepriklausomybės, strateginė kryptis – vartotojų perėjimas prie „žaliosios“ energetikos, dabartinis įstatymas apriboja vartotojų interesus statyti galingesnes saulės elektrines, nes pasibaigus kaupimo laikotarpiui, perteklinė energija yra tarsi nusavinama.

2019 m. spalio mėn. 1 d. Atsinaujinančių išteklių energetikos ir Elektros energetikos įstatymo pakeičiamieji suteikė galimybę gaminantiems vartotojams pagamintą energiją paskirstyti keliems savo objektams. Nutolusių gaminančių vartotojų objektų elektros energijos suvartojimai pateikti 4-tame priede. 39-ių tyrimieji gaminantys vartotojai turi priskyre galias 42-iems savo nutolusiems objektams. Du gamintojai turi po du ir trys nutolusius objektus (Nr. 8-37-79 ir Nr. 88-96).

Reikėtų pažymėti, kad nutolusiuose objektuose, elektros skaitikliai su nuotolinio nuskaitymo galimybe, pradėti montuoti tik nuo 2019 m. spalio mėn. po įstatymo pakeitimo, todėl faktiniai nutolusių objektų elektros energijos vartojimų duomenys yra nepilni – tik nuo spalio mėnesių. 4-to priedo lentelėje raudona spalva pažymėtos reikšmės yra nuotoliniu būdu nuskaityti skaitiklių rodmenys, tačiau ankstesniųjų mėnesių objektų elektros energijos vartojimų kiekiai pateikti pagal pačių vartotojų deklaruotus rodmenis (sveikieji skaičiai) arba pagal apskaičiuotus atsiskaitymo už vartojamą elektrą energiją vidurkius. Šie duomenys gauti naudojant IS TEVIS programą. Susumavus gaminančių vartotojų objektų ir jų nutolusių objektų suvartojimų vidurkių duomenis, 17-tame paveiksle pavaizduotas bendras nutolusių gaminančių vartotojų elektros energijos gamybos bei vartojimo grafikas.

Prijungus nutolusius objektus, gaminantys vartotojai tarsi išsprendė perteklinės pagamintos energijos problemą. Šiame darbe nėra duomenų apie kiekvieno gamintojo galių proporcijų paskirstymą savo nutolusiems objektams, todėl vertinama tik bendra pagamintos ir suvartotos energijų suma. Paaikškėjo, kad nutolusių objektų suvartotos 122800 kWh per kaupimo laikotarpį net tik kad visiškai padengė generacijos perteklių, tačiau dar 61249,02 kWh jau pirkto iš elektros tinklų.



**21 pav.** Nutolusių gaminančių vartotojų generuojamos ir suvartojamos energijos vidutiniai kiekiai.

21 pav. grafikas parodo, jog nutolę gaminantys vartotojai žiemos metu suvartoja elektros energijos beveik tiek, kiek vasaros metu pagamina. Tačiau akivaizdu, kad šaltuoju metų periodu elektrinės gamina elektrą labai minimaliai, o elektros energija vartotojams reikalinga ištisus metus, todėl dabar jau saulės elektrinės nebepatenkina elektros energijos poreikio. Per kaupimo laikotarpį nutolę gaminantys vartotojai energijos suvartojo 1,26 karto daugiau, nei pagamino. 16-ką nutolusių gamintojų vis dar 19,8 tūkst. kWh pagamino daugiau. Tarp jų gaminantis vartotojas, turintis net tris savo nutolusius objektus, visiems jiems užtikrina elektros gamybą bei dar kiek daugiau nei 1 tūkst. kWh turėjo perviršį. Na ir 23-ims vartotojams saulės elektrinių pajėgumo trūksta.

## 5.2. Gaminančių vartotojų atsiskaitymo planų už pasinaudojimą elektros tinklais palyginimas

Remiantis tyrimųjų 39-ių gaminančių vartotojų elektros energijos gaminimo ir vartojimo duomenimis, kurie pateikti 1-4 prieduose, atlikti skaičiavimai siekiant nustatyti optimaliausią atsiskaitymo planą už į tinklus patiektą ir vėliau atsiimtą elektros energiją. Atsiskaitymo būdai ir planai plačiau aprašyti 4.1.2 skyriuje. Atsiskaitymo planai vertinami visų 39-ių objektų bendrais, suminiais duomenimis, remiantis naujausia, 2020 m. sausio mėn. 1 d. Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos (VERT) pateikta informacija apie paslaugų kainas, tačiau kartu su PVM [35]. Skaičiavimai atlikti už visą kaupimo laikotarpį, t.y. 12 mėnesiu laikotarpiui. Taip pat naudojamas gaminantiems vartotojams taikomas visuomeninio tiekėjo AB „Ignitis“ atsiskaitymo už suvartotą elektros energiją standartinis vienos laiko zonos energijos dedamosio tarifų planas – 0,149 Eu / 1 kWh.

Pirmoje tyrimo dalyje nustatyta, kad GV visa suminė instaliuotų saulės jėgainių galia – 280,26 kW ir į tinklą jie patiekė 235196,28 kWh, tačiau sugeneravo 51550,99 kWh daugiau, nei suvartojo. Tai reiškia, kad iš elektros tinklų susigražino savo suvartojimo poreikį - 183645,29 kWh. Tačiau prijungus nutolusius objektus, rezultai parodė, kad sugeneruotos energijos neužteko poreikiams patenkinti. Vadinasi visas šias sugeneruotas kilovatvalandes nutolę gaminantys vartotojai iš tinklo susigražino bei papildomai dar pirkė 61249,02 kWh elektros energijos už įprastinę, standartinę, vienos laiko zonos tarifo kainą. Tadėl skaičiavimai atliekami dviem atvejais: GV ir NGV:

- 1) Atsiskaitymas už atgautą energiją. Šiuo atveju mokama už patiektos į tinklą ir vėliau atgautos elektros energijos kilovatvalandę (kWh):

$$\text{visa susigražinta energija, kWh} * 0,05203 \text{ Eu} \quad (1)$$

- 2) Atsiskaitymas už elektrinės instaliuotą galią:

$$\text{suminė instaliuotų saulės jėginių galia, kW} * 12 \text{ mėn.} * 2,6378 \text{ Eu} \quad (2)$$

- 3) Atsiskaitymas mišriu būdu:

$$(\text{suminė saulės jėginių galia, kW} * 12 \text{ mėn.} * 1,3189 \text{ Eu}) + (\text{visa susigražinta energija, kWh} * 0,02662 \text{ Eu}) \quad (3)$$

- 4) Atsiskaitymas kilovatvalandėmis.

$$\text{visa sugeneruota ir suvartota energija, kWh} * 36\% \text{ į tinklą patiektų kWh} \quad (4)$$

**7 lentelė.** Tarifų planų palyginimas pagal faktinius elektros energijos gamybos ir vartojimo kiekius

	Atsiskaitymas už atgautą energiją	Atsiskaitymas už elektrinės instaliuotą galią	Atsiskaitymas mišriu būdu	Atsiskaitymas kilovatvalandėmis
39-i gaminantys vartotojai	suvartojimo ir atgavo sugeneruotos energijos už 9555,06 Eu.	atsiskaitymas nepriklauso nuo sugeneruotos ir suvartotos elektros energijos: 8871,24 Eu	suvartojimo ir atgavo sugeneruotos energijos už 9324,26 Eu	susidaro 33 tūkst. kWh trūkumas, už kurias sumokėta 4934,83 Eu.
39-i gaminantys vartotojai su savo nutolusiais objektais	suvartojimo elektros energiją ir atgavo sugeneruotos energijos už 12237,26 Eu + trūkstamos energijos pirkimo iš tinklų už 9126,10 Eu. Viso išlaidų: 21363,37 Eu.	atsiskaitymas nepriklauso nuo sugeneruotos ir suvartotos elektros energijos: 8871,24 Eu. Tačiau trūkstamos energijos pirkimo iš tinklų už 9126,10 Eu. Viso išlaidų: 17997,34 Eu.	suvartojimo elektros energiją ir atgavo sugeneruotos energijos už 10696,54 Eu + trūkstamos energijos pirkimo iš tinklų už 9126,10 Eu. Viso išlaidų: 19822,64 Eu.	susidaro 146 tūkst. kWh trūkumas, už kurias sumokėta 21742,03 Eu.

Tyrimas parodė, kad gaminantys vartotojai suvartojo 183645,29 kWh, o pridėjus ir nutolusius objektus – 296445,30 kWh. Už visą šį kiekį vartotojai nepriklausomam tiekėjui būtų sumokėję 44170,35 Eu. Įvertinus pasinaudojimo elektros tinklais, arba kitaip vadinamais „pasaugojimo“ planus gaminantiems vartotojams, akivaizdu, kad vartotojai, įsirengę saulės elektrines, pradėję gaminti elektros energiją bei ją tiekti į tinklus, savo išlaidas už elektros energiją gali sumažinti nuo 50% iki 100%.

Remiantis šiais skaičiavimais, bendrai gaminantiems vartotojams brangiausias tarifų planas būtų pirmasis – atsiskaitymas už atgautą elektros energiją. O tai yra vos 22% mažesnės išlaidos už suvartotą elektros energiją. Taip pat dalį sugeneruotos elektros energijos GV tiesiog praranda, nes nesunaudoja tiek, kiek pagamina. Su nutolusiais objektais, GV prarandamas kilovatvalandės jau

susigražintų, suvartotų ir už jas sumokėtų „pasaugojimo“ mokėstį bei dar trūkstamos energijos pirktų. Tačiau šis tarifų planas leistų sumažinti elektros energijos vartojimo išlaidas iki 51,6%.

Tuo tarpu pigiausias GV planas 4-tasis, t.y. atsiskaitymas ne pinigais, o pagaminta elektros energija. Šiuo atveju GV 64% pagamintos energijos nepakanka savo poreikiams tenkinti, todėl 33 tūkst. kWh tenka iš elektros tinklų pirkti. Prijungus nutolusius objektus, šis planas tampa brangiu, kadangi trūkstamos pagamintos energijos kiekis smarkiai išauga, tenka papildomai pirkti.

### 5.3. Tyrimo objektai

Iki šiol buvo analizuojami bendri vidutiniai 39-ių gaminančių vartotojų duomenys. Toliau šiame darbe nagrinėjami konkretūs atvejai. Tam, kad palyginti skirtingus atvejus reikalingi keli objektai. Kadangi 10 kW saulės elektrinės yra vienos populiariausių bei patraukliausių Lietuvoje, tyrimui pasirinkti du realūs nutolę gaminantys vartotojai. 1-o priedo lentelėje šie vartotojai pažymėti 6-tuoju ir 56-uoju eilės numeriu. Dėl paprastumo, toliau jie bus atitinkamai įvardijami kaip „A“ ir „B“ nutolusiai gaminančiai vartotojais. Šių vartotojų duomenys pateikiami 8-čioje ir 9-toje lentelėse.

**8 lentelė.** Lyginamųjų gaminančių vartotojų (GV) duomenys

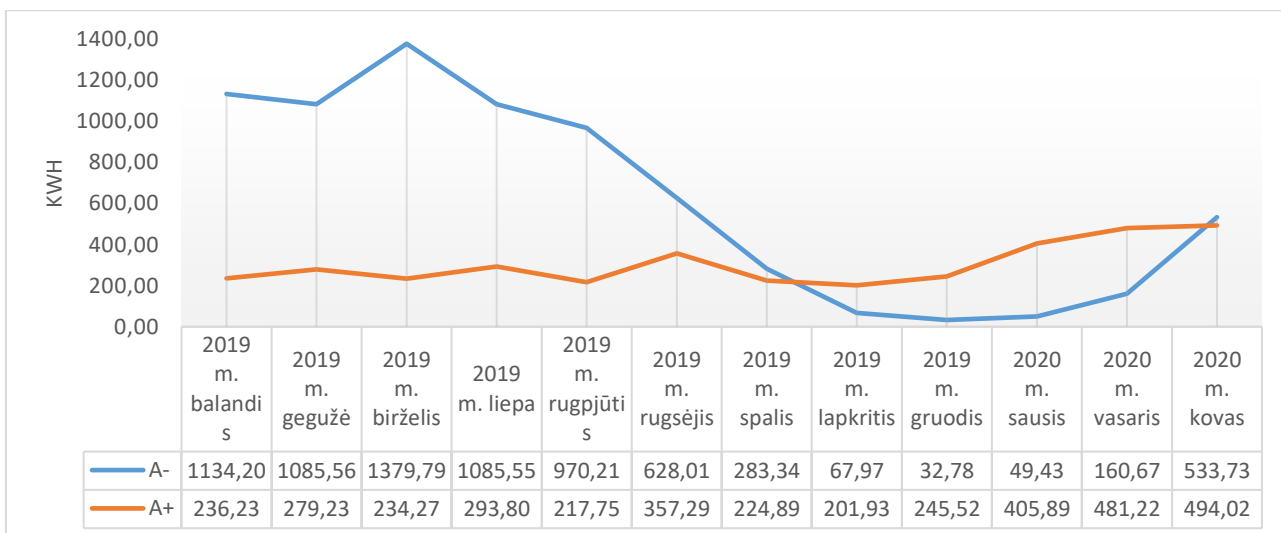
GV	GV objektas	GV vieta	GV LNG, kW	Įrengtos jėgainės galia, kW	GV suvartojimas per kaupimo laikotarpį, kWh	GV sugeneruotos el. energijos kiekis per kaupimo laikotarpį, kWh
A	namas	Molėtų r.	10	9,76	1228,23	7411,21
B	namas	Kazlų Rūdos r.	40	10	6002,36	9123,38

Lyginant A ir B gaminančių vartotojus (8-ta lentelė), akivaizdu, jog Kazlų Rūdos rajone esantis namas (B objektas), turintis 40 kW lestiniosios naudoti galios (LNG), beveik penkis kartus daugiau suvartoja elektros energijos už Molėtų r. esantį gaminantį vartotoją (A objektas). Molėtų r. gamintojo elektrinė šiek tiek mažesnės galios, t.y. 9,76 kW, tačiau nepaisant to, laikoma, kad abiejų gamintojų elektrinės vienodo 10 kW galingumo. Sugeneruotos ir į tinklą patiektos energijos kiekiai taip pat skiriasi. Tai priklauso nuo modulių tipo, jų įrengimo vietos, inverterio, o taip pat ir nuo skirtingų objektų vietų – B gamintojo jėgainė yra ilgesnės saulės spindėjimo trukmės zonoje – arčiau pajūrio (5 pav.). Abiejų gamintojų saulės jėgainės viršija jų pačių elektros energijos poreikius. A gamintojas sugeneravo 6182,98 kWh daugiau nei suvartojo, tuo tarpu B gamintojas – 3121,02 kWh (8 lentelė).

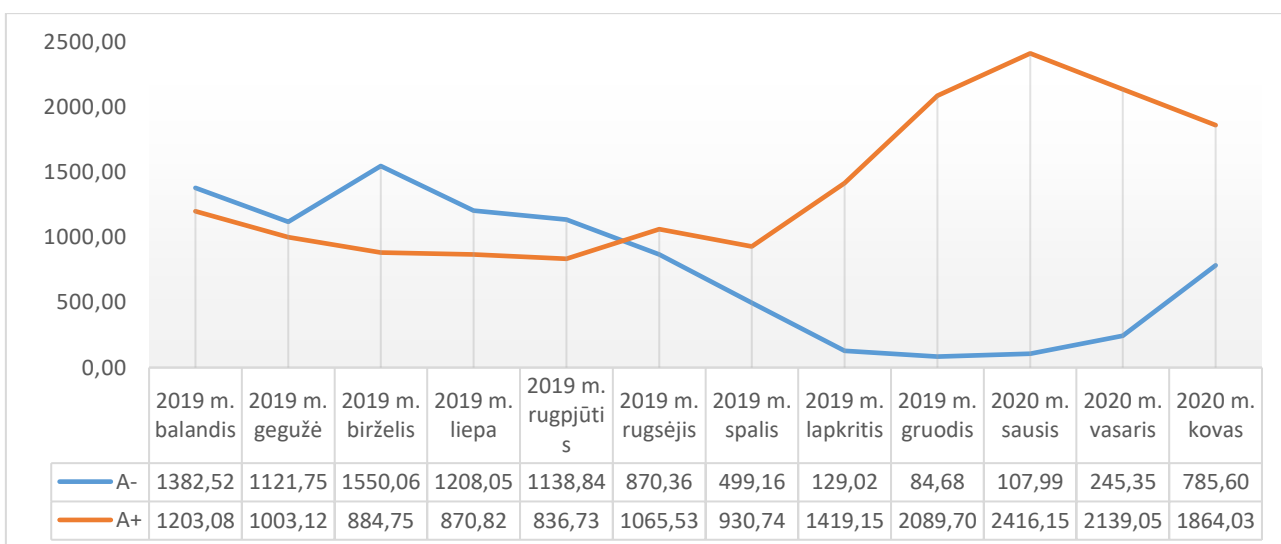
Gaminančių vartotojų A ir B prijungti nutolę vartojimo objektai pateikti 9-toje lentelėje. Akivaizdu, kad B vartotojo namas, esantis Marijampolėje, sunaudoja 4,3 karto daugiau nei A gamintojo butas Vilniuje. Suminės nagrinėjamų A ir B nutolusių gaminančių vartotojų energijos pateikiamos 5-oje lentelėje bei 22-ame ir 23-me paveiksluose, kuriuose grafiškai pavaizduota energijos gamyba bei vartojimas per praėjusį kaupimo laikotarpį.

**9 lentelė.** Lyginamųjų nutolusių gaminančių vartotojų (NGV) duomenys

NGV	NGV objektas	NGV vieta	NGV LNG, kW	NGV suvartojimas per kaupimo laikotarpį, kWh
A	butas	Vilnius	3	2443,82
B	namas	Marijampolė	10	10720,5



**22 pav.** A NGV generuojamos (A-) ir suvartojamos (A+) energijos kiekiai per kaupimo laikotarpį



**23 pav.** B NGV generuojamos (A-) ir suvartojamos (A+) energijos kiekiai per kaupimo laikotarpį

Jeigu A NGV energija metų bėgyje, galima laikyti, stabiliai vienodai vartojama, 22 pav. matyti tik nežymus padidėjimas žiemos metu, tai B NGV 23 pav. energijos poreikiai žiemą išauga daugiau nei 2 kartus. Galima daryti prielaidą, kad B vartojas galimai energiją naudoja šildymui ar pan. Nors abiejų GV elektrinių elektros gamyba palyginus nežymiai skiriasi, A GV 10 kW elektrinė vasaros metu sugeneruoja perteklinę energiją. Tuo tarpu B GV generuojama energija vasaros metu vos didesnė nei vartojama, didesnis skirtumas buvo tik 2019 m. birželio mėn. – 666 kWh. Tuo metu abiejų GV elektrinės veikė maksimaliai.

**10 lentelė.** Lyginamųjų nutolusių gaminančių vartotojų (NGV) suminės energijos

NGV	GV suvartota elektros energija, kWh	NGV suvartota elektros energija, kWh	Viso suvartota elektros energijos (GV+NGV), kWh	Sugeneruotos ir suvartotos energijų skirtumas, kWh
A	1228,23	2443,82	3672,05	-3739,16
B	6002,36	10720,5	16722,86	7599,48



Remiantis 10-tos lentelės duomenimis, A ir B nutolusių gamintojų suvartotos elektros energijos suma, pagal dabartinę elektros energijos kainą rinkoje, kuri lygi 0,149 Eu/kWh, siektų:

$$A_{suvartota EE} = 0,149 \text{ Eu} * 3672,05 \text{ kWh} = 547,14 \text{ Eu} \quad (4)$$

$$B_{suvartota EE} = 0,149 \text{ Eu} * 16722,86 \text{ kWh} = 2491,71 \text{ Eu} \quad (5)$$

Per kaupimo laikotarpį, tyrimųjų nutolusių gaminančių vartotojų A ir B suminių energijų rezultatai parodė, kad A vartotojas pagamino ir nesuvarchojo, t.y. į elektros tinklus patiekė 3739,16 kWh, t.y. dvigubai daugiau, nei pats A NGV suvarchoja. Šias perteklines kilovatvalandes A gamintojas, pagal galiojantį įstatymą, tiesiog prarado ir už jas jam nebuvo sumokėta jokia kompensacija. A gamintojo net ir prijungtas nutolęs objektas – butas Vilniuje, tik sumažino generacijos perteklių 1,6 karto. Tuo tarpu B gamintojas Kazlų Rūdos rajone, prijungęs kitą savo namą Marijampolė, rodos ne tik išsprendė viršytos generacijos problemą, tačiau jau trūkstamas 7599,48 kWh pirko iš tinklo. Šiam vartotojui generacijos pajėgumo su nutolusiu objektu jau nebepakanka.

#### 5.4. Saulės jėgainių poveikis elektros kokybei

Šiame darbe 3.6.2 poskyryje skirta dėmesio saulės elektrinių keliamoms problemoms elektros energijos kokybei. Nuotolinio nuskaitymo programos EMCOS pagalba atliktas tyrimas, nuskaityti ir užfiksuoti elektros skaitiklių istoriniai duomenys.

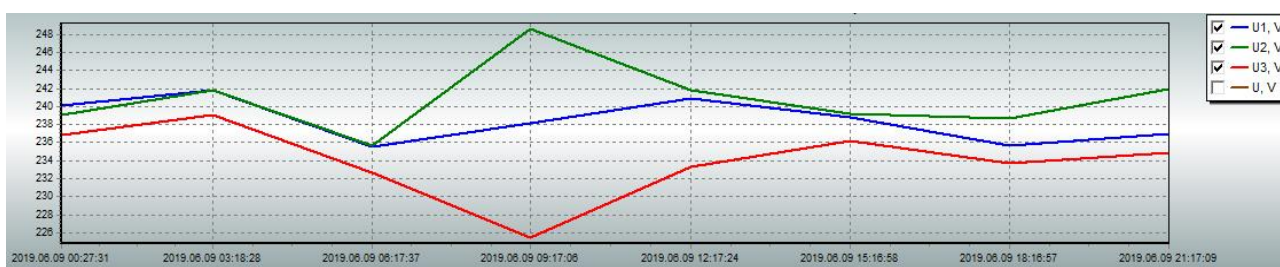
Kadangi A ir B vartotojų didžiausi pagamintos energijos kiekiai buvo 2019 m. birželio mėnesį (22 ir 23 pav.), būtent šio mėnesio nuskaityti nagrinėjamų gamintojų skaitiklių informacija apie vidutines valandinės gaminamos ir vartojamos energijų galias. Ši informacija pateikiama 9-13 prieduose. Pagal duomenis nustatyta, kad didžiausios vidutinės valandinės generuojamos galios buvo:

- A gamintojo  $P_{Amax}$  buvo birželio 9 d. 13 val. ir siekė 5,766 kW;
- B gamintojo  $P_{Bmax}$  buvo birželio 2 d. 12 val. ir siekė 8,268 kW.

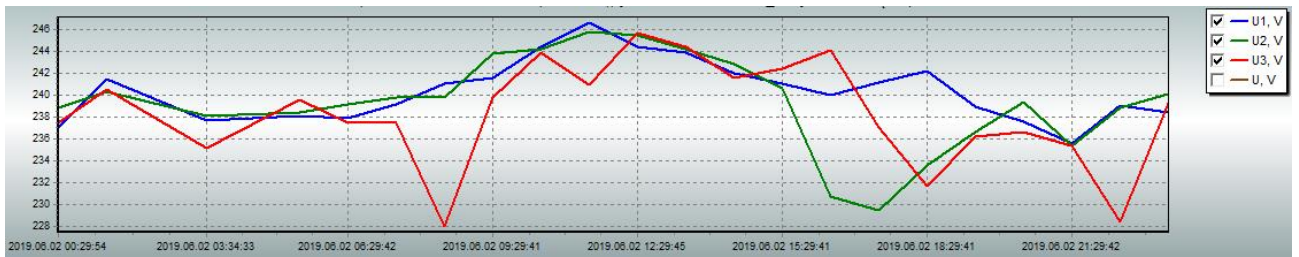
24 ir 25 paveiksluose pateikti EMCOS programos fragmentai, t.y. sugeneruotų ataskaitų grafikai, kuriose matyti momentinių fazinių įtampų kitimas nustatytų dienų, t.y. birželio 9-os ir 2-os parų bėgyje. Paveiksluose pavaizduotos fazinės įtampos, kurios kinta:

- A gamintojo nuo  $U_{A3fmin} = 225,46 \text{ V}$  iki  $U_{A2fmax} = 248,61 \text{ V}$ ;
- B gamintojo nuo  $U_{B3fmin} = 227,98 \text{ V}$  iki  $U_{B1fmax} = 246,62 \text{ V}$ .

Nustatyta, kad fazinė įtampa pasirinktomis paromis svyruoja ir būtent tomis valandomis, kuomet generuojama galia buvo didžiausia, fazinės įtampos taip pat išaugo labiausiai. Tas labai akivaizdu B gamintojo atveju, 25 pav. grafike, kuomet 2019 m. birželio 2 d. apie 12 val. pirmoji fazė fiksavo  $U_{B1fmax} = 246,62 \text{ V}$ .



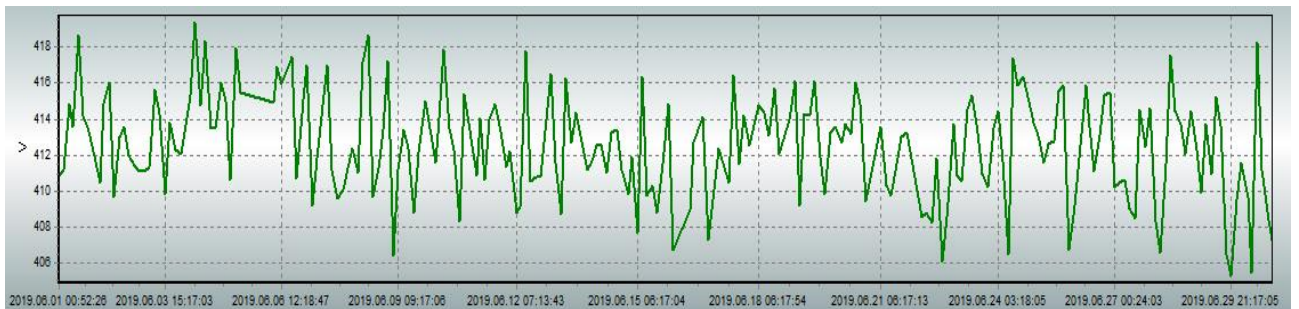
24 pav. A gaminančio vartotojo 2019 m. birželio 9 d. elektros skaitiklio momentiniai įtampos dydžiai



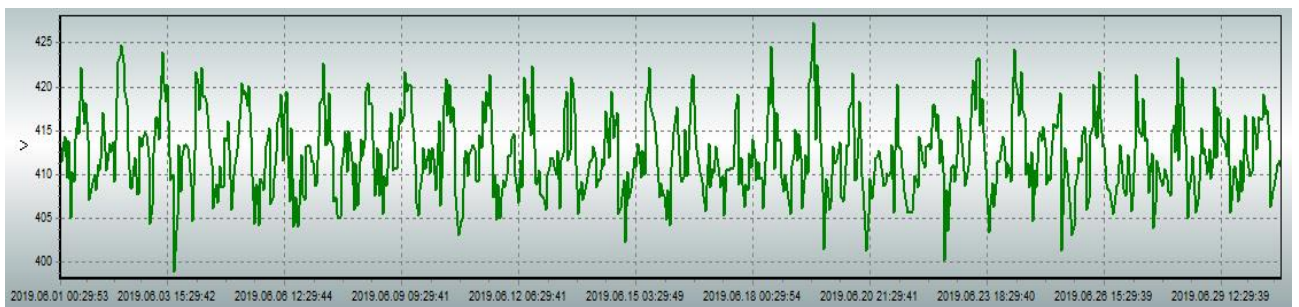
**25 pav.** B gaminančio vartotojo 2019 m. birželio 2 d. elektros skaitiklio momentinė įtampų dydžiai

Trifaziai skaitikliai skaičiuoja kiekvienos fazės į tinklą patiektą ir iš tinklo paimtą elektros energijos kiekį atskirai. Taip yra todėl, kad tarp fazių energija nėra tiesiogiai perduodama. Vidaus tinklo vienoje fazėje atsiradęs elektros perteklius yra suvartojamas kitų prie tinklo prijungtų vartotojų, o į fazes, kuriose tuo pačiu metu vartojimas didesnis nei generacija, elektra yra tiekiamas iš tinklo. Tai tinkle sukelia disbalansą tarp fazių ir blogina elektros kokybę kitiems vartotojams.

Norint, kad saulės elektrinė būtų prijungta prie elektros tinklų, būtina užtikrinti, kad į elektros tinklą nepateks netinkama elektros energija. Tai užtikrina inverteris. Jeigu galios keitikliai yra suprojektuoti tinkamai, jie gali padėti sumažinti elektros tinkle esančius trikdžius ir srovių harmoninius iškreipimus. Didžioji dalis šiuo metu rinkoje esančių inverterių yra tinkami vykdyti šias papildomas funkcijas. Inverteriai naudoja energiją ne tik iš saulės modulių, bet ir iš tinklo. Inverteriai taip pat „stebi“ nuolat kintančius elektros tinklo parametrus: įtampą, dažnį, bangos formą, pagal kuriuos sureguliuoja saulės elektrinėje pagamintą energijos įtampą šiek tiek aukščiau nei tinkle esanti įtampa tam, kad energija tekėtų į reikiamą pusę. Pagal tik vienos paros fazines įtampas negalima spręsti, kad A ir B vartotojų saulės elektrinės vėikia tinkamai. Todėl tuo pačiu nuotolinio nuskaitymo būdu apžvelgtas visas praėjusių metų birželio mėnuo, to mėnesio linijinės įtampos. Gauti rezultatai pateikti 26 ir 27 pav. grafikuose.



**26 pav.** A gaminančio vartotojo 2019 m. birželio mėn. skaitiklio fiksuotos linijinės įtampos



**27 pav.** B gaminančio vartotojo 2019 m. birželio mėn. skaitiklio fiksuotos linijinės įtampos

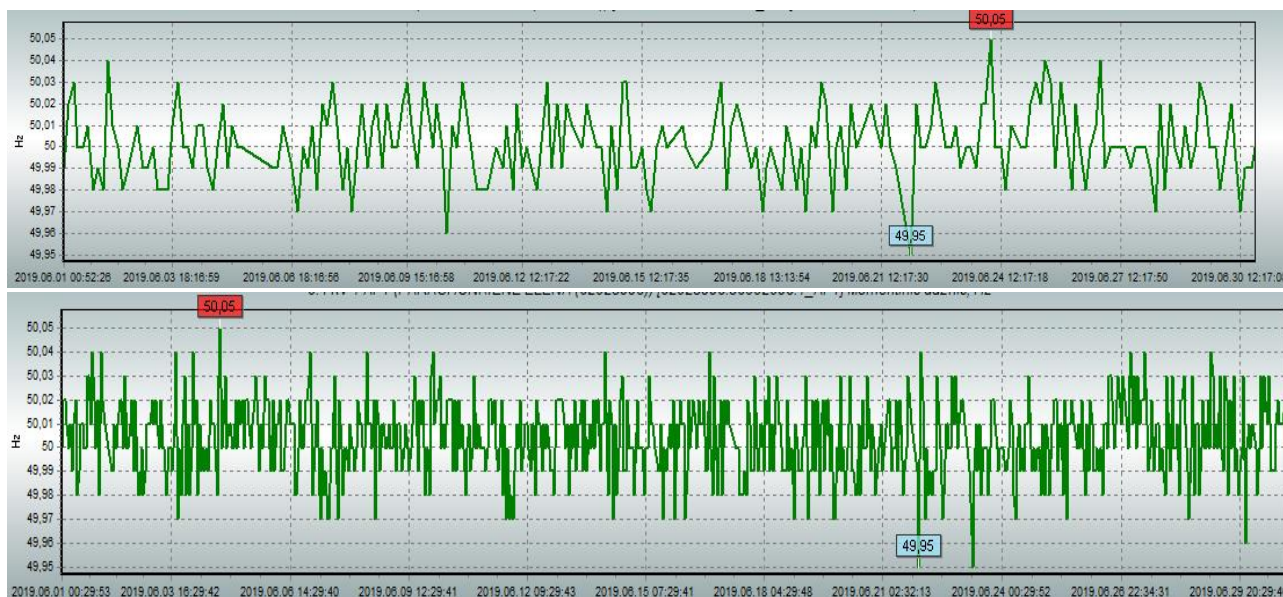
Ataskaitoje užfiksuota A vartotoji manksimali linijinė įtampa 419,38 V [2019.06.04 09:17:14], tuo tarpu minimali - 405,27 V [2019.06.29 21:17:05]. Lygiai taip pat B vartotojo: 427,31 V [2019.06.19 12:29:52] ir 398,92 V [2019.06.03 19:29:41].

Šie rezultatai parodė, kad įtampos svyravimai egzistuoja, tačiau jie neviršija leistinų maksimalių įtampų nukrypimų, kurios yra:

- fazinė  $U_{nom}$  - 230 V, leistina paklaida  $\pm 10\%$ ;
- linijinė  $U_{nom}$  - 400 V, leistina paklaida  $\pm 10\%$ .

Taigi, nustatyta, kad A ir B gamintojų linijinės įtampos keitėsi nuo -0,3% iki 6,8%, o fazinės, kuomet saulės elektrinės generavo didžiausią galią nuo -1,8% iki 7,2%. Analogiškai patikrintas ir 2019 m. gruodžio mėn., kuomet nustatyta, kad abiejų gamintojų saulės elektrinės energijos pagamino mažiausiai, ir nustatyta, kad linijinės įtampos svyravo tarp -1,5% ir 4,6 %, tad tai reiškia, kad nagrinėjamų gamintojų jėgainės neigiamos įtakos tinklo charakteristikoms nedaro ir atitinka LST EN 50160 standartą.

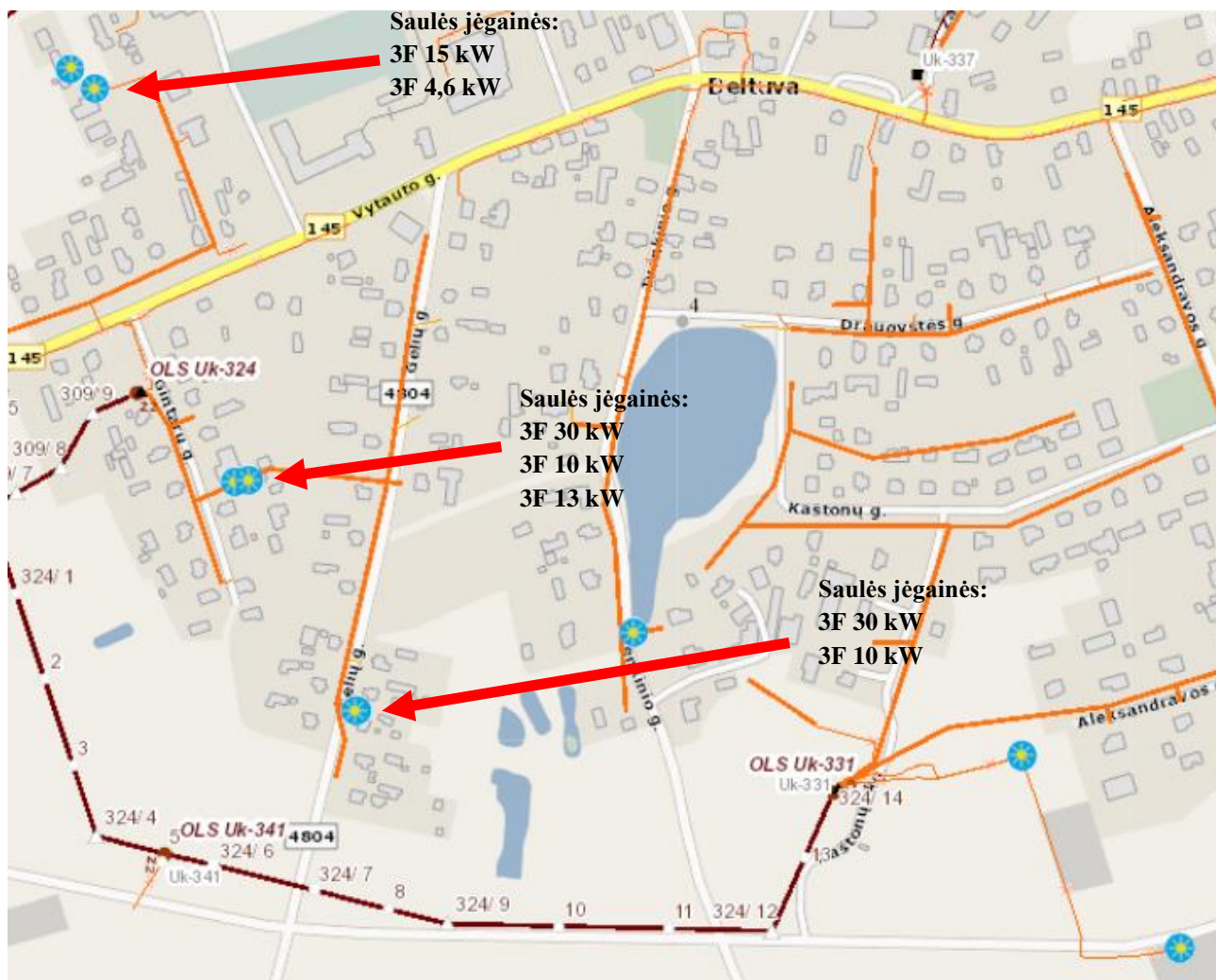
Tinklo dažnis nustatytas LR standartuose yra 50 Hz, leistina paklaida nuo 49,50 Hz iki 50,50 Hz. EMCOS programos fiksuoti archyviniai duomenys rodo, kad 2019 m. birželį abiejų gamintojų dažniai kito tarp 49,95 ir 50,05 Hz (28 pav.), tad rezultatai rodo, kad prijungtos saulės elektrinės prie skirstomojo tinklo ir jos generuojama galia, tinklo dažnio rodikliams ir vartotojams neigiamos įtakos neturi.



28 pav. A (aukščiau) ir B (žemiau) gamintojų skaitiklių momentiniai dažniai

Tyrimų A ir B objektų saulės elektrinių projektai atitinka 3.6.3 poskyriuje aprašytus prijungimo reikalavimus ir nuostatas, todėl didesnių problemų elektros tinklui nesukelia, veikia tvarkingai. ESO išduodamose prijungimo sąlygose detalčiai nurodoma ar esamas skirstomasis tinklas gali priimti saulės elektrinės pagamintą elektrą ar reikalinga tinklo plėtra, ką reikia atlikti. Nesilaikant reikalavimų elektrinė gali neveikti tinkamai, sugesti, savavališkai sumontuoti įrenginiai gali pakenkti skirstomajam tinklui, pažeisti elektros instaliaciją ar įrenginius. Didėjantis gaminančių vartotojų kiekis vis dėl to sukelia įtampos svyravimo problemas. ESO sulaukia vis daugiau vartotojų skundų.

Reaguodama į vartotojų skundus, ESO įmonė atlieka tinklo kokybės tyrimus. Vienas tokių buvo atliktas Deltuvos miestelyje., Ukmergės r. 29 pav. matyti elektros tinklo fragmentas, kuriame šiandien jau yra 10 elektra gaminančių vartotojų.

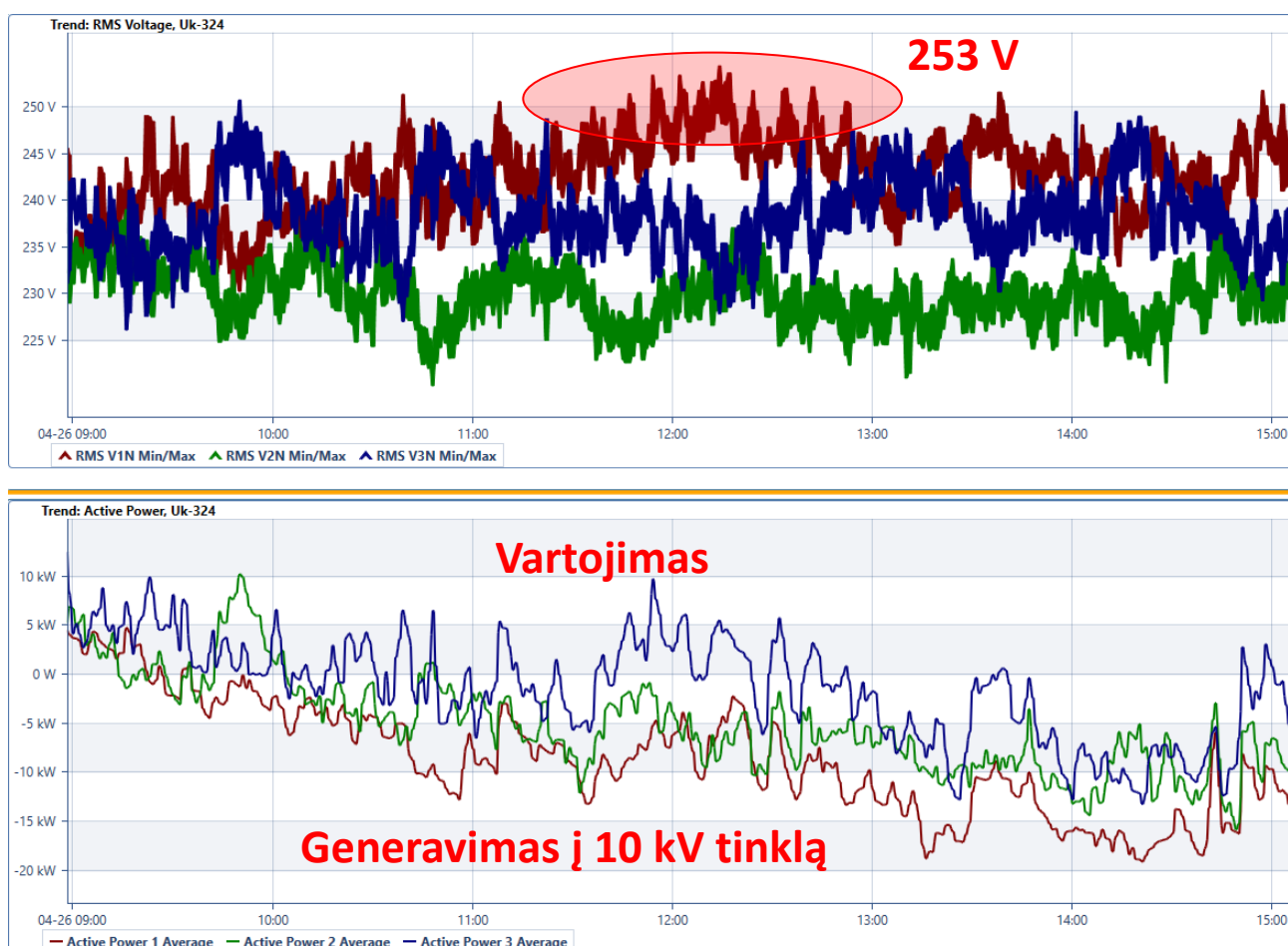


29 pav. Deltuvos miestelio gaminantys vartotojai

Tinklo analizė atlikta pastotėje Uk-341. Galios transformatorius 160 kVA. Šios pastotės linijose L-100 ir L-300 instaliuotų elektrinių galia siekia 112 kW. 0,4 kV linijos yra rekonstruotos, po žeme paklotas  $4 \times 150^2$  AXMK kabelis. Analizė atlikta techninių/kontrolinių elektros skaitiklių, esančių pastotėje, fiksuotais duomenimis. Duomenys gauti nuskaitant skaitiklius EMCOS programos pagalba. Gauti rezultatai, kurie grafiškai pavaizduoti 30 paveiksle tik parodo, kad įtampų svyravimai ir saulės jėgainių neigiama įtaka elektros tinklui egzistuoja. Daugėjant gaminančių vartotojų, ESO gali susidurti su rimtomis problemomis ir iššūkiais: dažnio valdymu, energetikos sistemos galių balanso valdymu su dažnio korekcija, energetikos sistemos energijos balanso valdymu, įtampos valdymo principais, sistemos atstatymo po totalinių avarijų principais.

Saulės energijos srautas Lietuvos teritorijoje sukuria teorinį potencialą patenkinti visą Lietuvos elektros energijos poreikį iš saulės energijos, bet techniškai tai įgyvendinti sudėtinga, nes saulės elektrinės elektros energijos tamsiuoju paros metu negamina, todėl reikėtų akumuluoti elektros energiją, pagamintą dienos metu. Tačiau kol kas akumuliatorių sistemos, energijos kaupiklių technologijos yra pakankamai brangios ir ekonomiškai neefektyvios. Tiesa, 2019 m. rudenį, ESO

išbandė tinklo efektyvumo didinimo priemonę – mikrosalą, kur dabartinės linijos rekonstrukcija yra brangi ir sudėtinga. Mikrosala yra tradicinės elektros linijos (laidų) alternatyva, leidžianti užtikrinti elektros tiekimą net ir pačiomis sudėtingiausiomis oro sąlygomis bei taupyti įmonės kaštus. Šiam sprendimui įgyvendinti yra pasitelkiama saulės elektrinė, kuri yra prijungiama prie baterijų sistemos. Gyvename geografinėje platumoje, kur saulėtų dienų visus metus nebūna, todėl kaip rezervinis elektros gamybos šaltinis yra įrengiamas ir generatorius. Vartotojai gali džiaugtis pagerėjusia elektros kokybe, padidėjusia galima vartojama galia. Tačiau iš esmės modelis yra pagrįstas ESO kaštų taupymu, nes padeda taupyti laiko ir kitus resursus, kurių reikia remontuojant linijas.



30 pav. Uk-324 įtampų ir galių reikšmės kitimas

Techninis elektros energijos gamybos potencialas priklauso nuo elektros perdavimo ir skirstymo tinklų parengties priimti papildomus saulės elektrinių pajėgumus. Todėl svarbu išanalizuoti kitų užsienio šalių patirtis valdant EE kokybę (vadovaujantis LST EN 50160 standarto numatytais parametrais, bei įvertinant įtampos kryžių reguliavimą, pasiskirstymą) elektros skirstomuosiuose tinkluose. Tuo tarpu ESO keliami uždaviniai bei privalomos investicijos į:

- elektros energijos kokybės parametų stebėseną ir valdymo ir kontrolės sistemų integraciją;
- sąsajas su kitomis sistemomis (el energijos apskaitos, RAA, tinklo operatyvinio valdymo, gedimų nustatymo ir analizės, eksploatacinių, investicijų planavimo ir pan.);
- matavimo įrangą bei jos išdėstymas elektros skirstomajame tinkle;
- matavimo duomenų apdorojimo priemones, vertinimo sistemas;
- techninės ir organizacinės elektros energijos kokybės gerinimo priemonės.

## 5.5. Investicijų į saulės elektrinę efektyvumo vertinimas

Saulės elektrinės nesustoja pigti, šiuo metu perkant saulės elektrinę savo elektros poreikiams patenkinti investicijos yra trejopos: saulės elektrinės įranga, inverteris ir visos sistemos montavimas. Kadangi šiame darbe yra žinomi tik suvartojimo ir generacijos duomenys, bus laikoma, kad gamintojai įsirengė vienodas jėgaines ant šlaitinio stogo. A ir B gamintojams parinkta 10 kW PREMIUM20 saulės elektrinė su optimizatoriais, kurios kaina 10990 Eu su PVM. [27] Saulės elektrinės komplektacija ir aprašymas pateikti 5-tame priede.

Ši investicija gali būti padengiama ir savomis lėšomis, tačiau ji bus vertinama ir su banko paskola. Vertinant šią investiciją imama 5 metų vartojimo paskola su 8% palūkanomis. Jei imamas visas 10 900 Eur vartojimo kreditas, sutarties trukmė (ir Kredito gražinimo terminas) – 5 metai, taikant 8% metinę fiksuotą palūkanų normą, mokant Banko nustatytą minimalų kasdienių paslaugų mokestį (0,70 Eur per mėnesį), 30 Eur sutarties administravimo mokestį, mėnesio įmokas mokant anuiteto metodu, bendra vartojimo kredito gavėjo mokama suma būtų 4756 Eu. [28].

Kadangi faktiniai tyrimųjų objektų duomenys pateikti tik už vieną periodą, t.y. už vienerius kaupiamuosius metus, tikėtina, kad elektros energijos gamyba sekančiais metais gali svyruoti, tad reikia įvertinti potencialų elektros energijos generavimo nuokrypį. Remiantis Amerikoje atliktais tyrimais su saulės energijos elektros gamybos nuokrypiu nustatyta, kad standartinis nuokrypis nuo planuojamo rezultato vidutiniškai skiriasi 4,83%. Taigi įvertinus šį nuokrypį galima apskaičiuoti kiek skirsis numatoma energijos prognozė:

$$E_{min/max} = E * (1 \pm \Delta e) \quad (6)$$

čia:  $E_{min/max}$  – minimalus ar maksimalus prognozuojamas energijos kiekis, kWh;

$\Delta e$  – standartinis saulės elektrinės nuokrypis nuo prognozės – 4,83%.

**11 lentelė.** 10 kW saulės elektrinės metinės energijos gamybos prognozės

NGV	Pesimistinė prognozė (minimalus energijos kiekis, kWh)	Vidutinė prognozė ((minimalus+maksimalus/2) energijos kiekis, kWh)	Optimistinė prognozė (maksimalus energijos kiekis, kWh)
A	7053,25	7769,17	7411,21
B	8682,72	9564,04	9123,38

Iš gautų rezultatų galima matyti, kad elektros energijos generacijos prognozė yra gana tiksli ir neturės didelės įtakos tolimesniems investicijų efektyvumo skaičiavimams. Metinė gamyba iš 10 kW saulės elektrinės vidutiniškai sieks: A gamintojo 7769,17 kWh, B – 9564,04 kWh. Būtent šiais skaičiais remiamąsi ir tolimesniuose skaičiavimuose.

Vertinant saulės elektrinę ir potencialius jos pinigų srautus elektros tinkluose reikia išskirti suinteresuotas šalis. Suinteresuotos šalys tai visi veikėjai tinkle, kurie bus paveikti jame vykdomų procesų. Šiame baigiamajame magistriniame darbe bus išskiriamos 3 suinteresuotos šalys: nutolę gaminantys vartotojai (NGV), investuotojai ir elektros tinklo operatorius (ESO).

NGV apibūdinami kaip aktyvūs vartotojai arba projekto vystytojai, galintys ne tik vartoti elektros energiją keliuose savo objektuose, bet ją gaminti. Kiekvienas NGV dalyvaudamas elektros tinkle

vykstančiuose procesuose gali sukurti didesnę vertę tiek sau tiek ir kitiems elektros tinklo dalyviams ne tik generuodamas elektros energiją, bet ir užsiimdamas kitomis elektros tinkle vykstančiomis veiklomis. Apskaičiuojant šių veiklų sukuriamą vertę bus naudojamosi tiriamųjų objektų elektros energijos suvartojimų, tiriamos saulės elektrinės elektros energijos gamyba, dabartine elektros energijos rinkos kaina ir jau atliktų tyrimų rezultatais.

Energijos poreikio mažinimas taipogi yra sunkiai įvertinamas ir priklauso nuo daug kintamųjų: žmogaus įpročių, name naudojamų elektrinių prietaisų ir pan. Taigi šį kriterijų galima vertinti pagal tiriamųjų A ir B objektų energijos poreikį ir kiek saulės elektrinėje pagamintos elektros energijos jie suvartoja savo poreikiams padengti. Atsižvelgiant į tiriamųjų objektų elektros energijos gamybą ir suvartojimus, kurie pateikti 10-oje lentelėje, matyti, kad A vartotojas elektros energijos iš tinklo nepirko, kadangi pagamintos elektros energijos kiekis visiškai patenkino poreikį. Tuo tarpu B vartotojui pagamintos elektros energijos trūko ir 7599,48 kWh teko pirkti iš tinklo, todėl vertinant dabartinę elektros energijos kainą rinkoje, kuri lygi 0,149 Eu/kWh, abu vartotojai papildomai patyrė tokias išlaidas:

$$NGV_{A \text{ perkama EE}} = 0 \text{ Eu} \quad (7)$$

$$NGV_{B \text{ perkama EE}} = 0,149 * 7599,48 = 1132,32 \text{ Eu} \quad (8)$$

Šiame tyrime vertinami NGV atsiskaitymo būdai už pagamintas ir į tinklą patiekias, o vėliau susigražintas kilovatvalandes. Bendri atsiskaitymo būdai apskaičiuoti antroje tyrimo dalyje (7 lentelė), tad lygiai tais pačiais principais, 2020 m. sausio 1 d. VERT patvirtintais ir galiojančiais planais, apskaičiuoti A ir B NGV kainos, pagal faktinius sugeneruotos ir suvartotos energijos duomenis. Skačiavimo rezultatai pateikti 12-oje lentelėje.

**12 lentelė.** Apskaičiuotos A ir B nutolusių gamintojų išlaidos už atgautą pagamintą elektros energiją

	I planas. Atsiskaitymas už atgautą energiją	II planas. Atsiskaitymas už elektrinės instaliuotą galią	III planas. Atsiskaitymas mišriu būdu	IV planas. Atsiskaitymas kilovatvalandėmis
A nutolęs gaminantis vartotojas	191,06 Eu	308,94 Eu	252,22 Eu	0 Eu
B nutolęs gaminantis vartotojas	474,69 Eu	316,54 Eu	401,13 Eu	1621,70 Eu

Akivaizdu, kad A vartotojas, gaminantis perteklinę energiją ir kilovatvalandėmis atsiskaitantis už suvartotą elektros energiją visiškai padengia savo poreikius, todėl jam niekas papildomai nekainuoja. Tuo tarpu B vartotojui šis atsiskaitymo būdas yra pats brangiausias, kadangi trūkstamos energijos pirkis daugiau. B vartotojui, kuris tiek generuoja, tiek suvartoja nemažą kiekį kilovatvalandžių, labiausiai tinkantis planas – atsiskaitymas už instaliuotą galią. Toliau tyrime taikysime būtent pigiausius, abiem NGV skirtingus atsiskaitymo už pagamintą energiją planus: A – IV planas, B – II planas.

Kadangi saulės moduliai po 25 metų vis dar veikia 80% efektyvumu, saulės elektrinę vertinama 30-čiai metų. Taigi, investicijos į saulės elektrinę kartu su imama paskola siekia 15746 EUR. Šiuo atveju per visą saulės elektrinės eksploatavimo laikotarpį A sutaupyti tiek, kiek suvartotų elektros energijos, tuo tarpu B padengtų savo suvartotas kilovatvalandes visu savo pagaminamu energijos kiekiu, tačiau mokėtų fiksuotą mokėstį bei dar pirktų iš tinklo trūkstamos energijos:

$$P_A \text{ sutaupymas} = (A_{\text{suvartota EE}} + NGV_{A \text{ perkama EE}}) * 30 = (547,14 \text{ Eu} + 0) * 30 = 16414,20 \text{ Eu} \quad (9)$$

$$P_B \text{ sutaupymas} = B_{\text{suvartota EE}} * 30 - (NGV_{B \text{ perkama EE}} + 316,54 \text{ Eu}) * 30 = 31285,50 \text{ Eu} \quad (10)$$

Įvertinus sutaupymą pagal dabartines sąlygas, galima teigti, kad vartotojai, turintys saulės elektrines, gali sugeneruoti nemažai elektros energijos, kuri padengs suvartojimo išlaidas. A atveju, visa sunaudota elektros energija nieko nekainuoja. B atveju, nutolęs gaminantis vartotojas, kuris perka trūkstamą energiją iš tinklo, 30 metų laikotarpiui sumažina savo išlaidas 41,9%.

Investuotojais laikome bankus, kitas institucijas ar fizinius asmenis, galinčius suteikti finansinę paramą įsigyjant saulės elektrinę. Investuotojams sukuriama vertė priklauso nuo kredito dydžio, palūkanų ir finansuojamo nuosavo kapitalo lėšų. Vartojimo paskolos gali svyruoti nuo 6% iki 18%. Šiame darbe vertinta paskola su 8% palūkanomis, taigi tiesiogiai sukuriama vertė abiemis projekto investuotojams yra lygi  $2 * 4756 = 9512 \text{ EUR}$ .

AB „Energijos skirstymo operatorius“ – tai įmonė, prižiūrinti elektros tinklus ir energijos srautus juose. Augant išskirstytų elektros generatorių skaičiui mažėtų ir elektros perdavimo nuostoliai, kadangi elektra vartotojams būtų perduodama iš artimiausių elektros generatorių. Šie nuostoliai tradiciniame elektros tinkle lygūs 4–9 % paskirstymo lygmenyje. Jei galutinį vartotoją (A ir B kartu sudėjus) pasiekia 20394,9 kWh per kaupimo laikotarpį, tokiam elektros energijos kiekiui nuostoliai turėjo būti lygūs 815,7–1835,5 kWh. Vertinant dabartinę elektros energijos kainą rinkoje – 0,149 Eu, šie nuostoliai lygūs 121,55–273,49 Eu per kaupimo metus. Per 30 metų ši suma siektų net 3646,61–8204,87 Eu dviems vartotojams. Galima įvertinti šį dydį perspektyvoje: ESO turi 1,6 mln. klientų, jei kiekvienas iš jų per metus kompanijai sutaupyti šiuos nuostolius, bendrai kompanija sutaupyti 97,24–218,79 mln. Eu per metus.

Taip pat, ekonominio vertinimo dalyje privaloma vertinti keitiklio tarnavimo laikotarpį, papildomas investicijas ir šiuo metu teikiamas paramas gaminantiems vartotojams. Saulės elektrinės parinktam SolarEdge srovės keitiklių gamintojas suteikia 12 metų produkto garantiją. Šio inverterio kaina 1890 Eu [29]. Įsirengus saulės elektrinę iki 10 kW vartotojams yra numatomas fiksuotas paramos įkainis – 323 eurų už 1 kW galios. Atliekant skaičiavimus, šis įkainis yra naudojamas kaip kompensacija įsigyjant saulės elektrines, todėl jis bus atimamas nuo pradinės elektrinių įsigijimo sumos:

$$\text{Saulės elektrinės kaina} = 10990 - (10 * 323) = 7760 \text{ Eu} \quad (11)$$

Identifikavus išlaidas ir gaunamas naudas, analizuojami saulės elektrinių finansiniai rodikliai. Čia reikia įvertinti visus kintamuosius ir visas veiklas, kurios sukuria vertę kiekvienai suinteresuotai šaliai. Analizuojamų saulės elektrinių atnešamos vertės A ir B vartotojams yra apibūdinamos per perteklinės elektros energijos nešamą naudą, tinklo perkrovų mažinimą, momentinio sąskaitų valdymo paslaugą ir energijos poreikio mažinimą. Taigi, vertinant tinklo perkrovų mažinimą vartotojai sugeneravo A = 121,55 Eu/metus, B = 273,49 Eu/metus. Vertinant perteklinę elektros energiją rinkos kainomis: A = 3739,16 kWh \* 0,149 Eu = 557,13 Eu/metus, B = 0 Eu/metus. Vertinant energijos poreikio mažinimą: A = 547,14 Eu/metus (9), B = 1042,85 Eu/metus (10). Turint šiuos duomenis galima apskaičiuoti metinę, t.y. per kaupimo laikotarpį sugeneruotą pelną:

$$GP_A = (121,55 * 30 + 557,13 * 30 + 547,14 * 30) - 4756 * 5 = 12994,60 \text{ Eu} \quad (12)$$

$$GP_B = (273,49 * 30 + 1042,85 * 30) - 4756 * 5 = 15710,20 \text{ Eu} \quad (13)$$



Toliau skaičiuojamas tik grynasis pelnas. Kadangi investicijos yra pačių vartotojų, todėl žvelgiant tik iš jų pusės, jiems investicijų atsipirkimo laikas priklauso tik nuo energijos poreikių iš elektros tinklų sumažinimo, kai saulės elektrinės generuojama energija yra pačių vartotojų sunaudojama. Grynosios dabartinės vertės (NPV – angl. net present value) rodiklis yra labiausiai paplitęs ir yra vienas iš svarbiausių investicijų efektyvumo finansinio vertinimo kriterijų. Rodiklio esmė – grynosios dabartinės vertės apskaičiavimas, iš diskontuotų iki investavimo pradžios momento pinigų įplaukų sumos atėmus diskontuotų iki to paties momento piniginių mokėjimų (išlaidų) sumą. Kadangi pinigų srautai pasiskirstę laike, jie diskontuojami pagal tris normas: 3%, 5% ir 7%.

$$NVP = \sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+i)^k} - \sum_{j=1}^m \frac{IC_j}{(1+i)^j} \quad (14)$$

čia:  $P_k$  – metinės pajamos (sutaupymas) per n metų, Eu;  
 $IC_j$  – pradinės investicijos, Eu;  
k – investicinis laikotarpis;  
j – išlaidų laikotarpis;  
i – diskonto norma;

A ir B saulės elektrinių skaičiavimų, pagal diskonto normas, rezultatai pateikiami 6-tame ir 7-tame prieduose. Apibendrinti grynosios dabartinės vertės bei pajamų bei išlaidų santykių rezultatai pateikti 13-toje ir 14-toje lentelėse.

**13 lentelė.** A NGV pajamų ir išlaidų santykis

Diskonto norma	Pajamos	Išlaidos	Santykis	Grynoji vertė
3%	10979,71	15326,13	0,71	-4346,42
5%	8785,80	14471,05	0,61	-5685,24
7%	7233,79	13826,16	0,52	-6592,37

Rezultatai rodo, kad A vartotojo, gaminančio elektros energijos dvigubai daugiau nei pats sunaudoja, pilnai patenkinančio savo vartojimo poreikius ir atsiskaitančio už atgautą energiją kilovatvalandėmis, saulės elektrinės investicijos nuostolingos ir per 30 metų, įvertinus paskolą, neatsipirks. Pajamų/išlaidų santykis nesiekia vieneto. Dabartiniai saulės elektrinių pardavėjai, remdamiesi teoriniais skaičiavimais, ne veltui visų pirmaisia būsimiems gamintojams siūlo įsivertinti metinius elektros energijos suvartojimus tam, kad nustatyti kokios galios elektrinių reikia. O tai neskatina vartotojų gaminti ir į tinklą tiekti energijos daugiau. Šiuo atveju A gamintojo investicijos yra gerokai per didelės, pagal 5-toje lentelėje pateiktą suvartojimo kiekį - 3672,05 kWh per metus, jam būtų užtekę ne 10 kW, o daugiausiai 4 kW jėgainės. Kita vertus skaičiavimai atlikti vertinant galimai paimtą paskolą. Jeigu vartotojas saulės jėgainę būtų įsigijęs savomis lėšomis, bendras grynosios vertės rezultatas bei elektrinės atsipirkimas būtų kiek kitoks, tačiau pajamų ir išlaidų santykis, ties 3% diskonto norma, bus lygus, tai reiškia, kad elektrinė nebus nuostolinga, tačiau pelno vis tiek neneš.

Tuo tarpu žvelgiant į B NGV duomenis, ties 7% diskonto norma elektrinės investicijos taip pat ribinės, t.y. išlaidos 30 metų laikotarpyje gali ir neatsipirkti.

**14 lentelė. B NGV pajamų ir išlaidų santykis**

Diskonto norma	Pajamos	Išlaidos	Santykis	Grynoji vetė
3%	20927,35	15326,13	1,36	5601,22
5%	16745,76	14471,05	1,16	2274,71
7%	13787,62	13826,16	0,99	-38,53

Apskaičiuojami dabartinės vertės pajamų ir dabartinės vertės išlaidų santykius, kurie parodo ar abiejų GV saulės elektrinės generuoja pelną.

Investicijų pelningumo rodiklis (angl. return on investment-ROI) yra finansinis rodiklis, kuris parodo iš investicijos gautą naudą. Esminį vaidmenį skaičiuojant investicijų pelningumo rodiklį atlieka laikas, nes tam, jog investicija atneštų naudos, reikia laiko. Šis rodiklis skirtas įvertinti investicijos efektyvumą arba palyginti jį su kitomis investicijomis. Šis rodiklis skaičiuojamas naudojantis šia formule:

$$ROI = \frac{GP}{IC_n + IC_s} \quad (15)$$

čia:  $IC_n$  – nuosavos investicijos, Eu;  
 $IC_s$  – skolintos investicijos, Eu;  
 GP – grynas pelnas, Eu

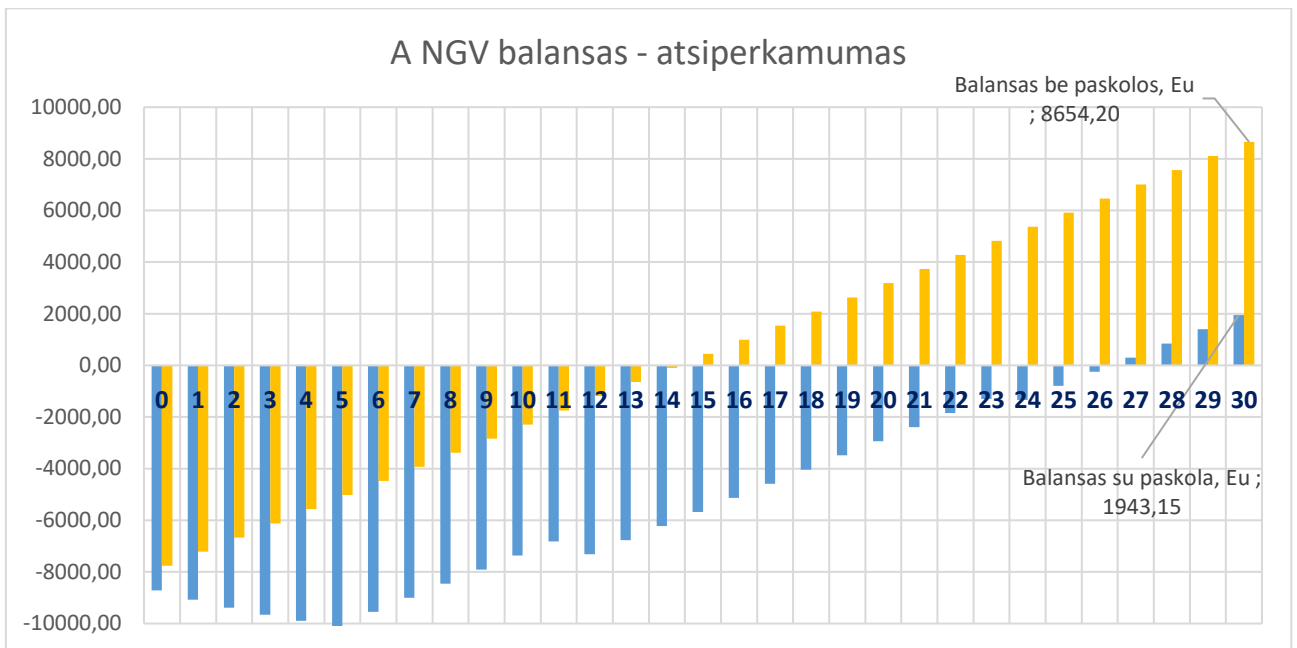
Apskaičiavus, rezultatai tokie:  $ROI_A = 164,7\%$ ,  $ROI_B = 86,4\%$ . Tai reiškia, kad vienas investuotas euras atneš A = 1,64 Eu grynojo pelno, o B = 0,86 Eu.

Toliau šiame darbe apskaičiuotas pajamų ir išlaidų balansas, kuris parodo per kiek laiko atsipirks saulės elektrinės A ir B gamintojams. Atsipirkimo laikotarpis nok (PP) suprantamas kaip tam tikras periodas, per kurį grynojo pelno, diskontuoto iki investicijų užbaigimo momento, suma lygi investicijų sumai. Balansas skaičiuojamas dviem atvejais: su paskola ir be jos. Balansas skaičiuojamas pagal formulę:

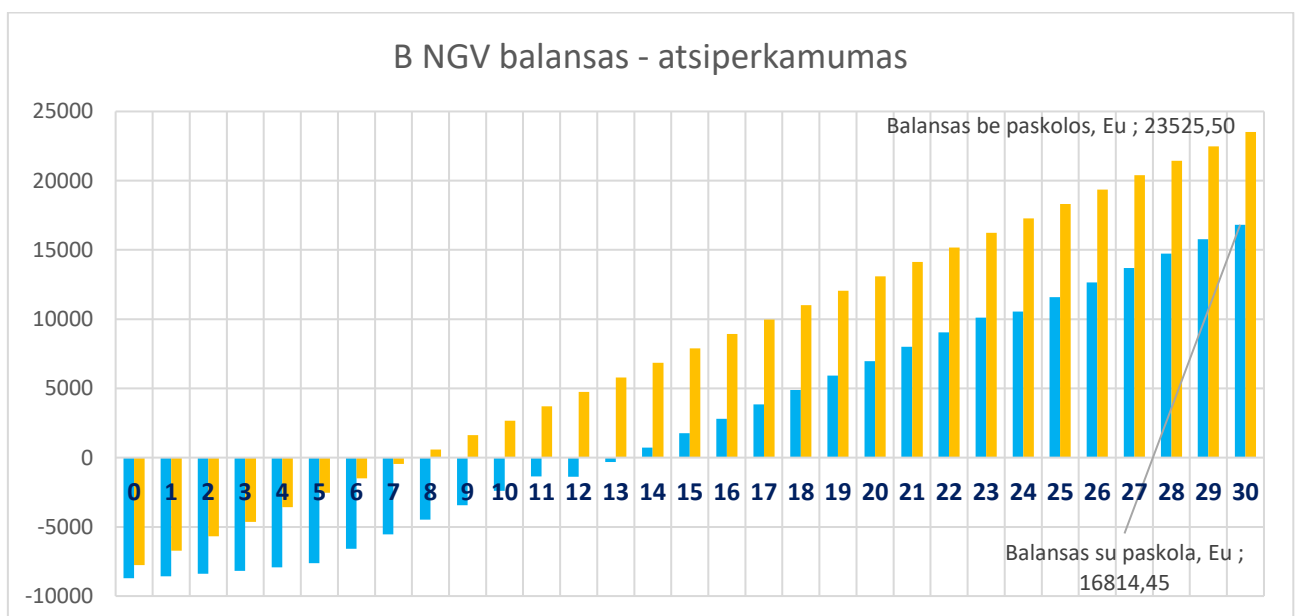
$$\sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+i)^k} = \sum_{j=1}^t IC_j \quad (16)$$

čia:  $P_k$  – metinės pajamos (sutaupymas) per n metų, Eu;  
 $IC_j$  – pradinės investicijos, Eu;  
 k – investicinis laikotarpis;  
 j – išlaidų laikotarpis;  
 i – diskonto norma;

A ir B saulės elektrinių skaičiavimų, pagal diskonto normas, rezultatai pateikiami 8-tame priede. Skaičiavimų rezultatai atvaizduojami 31-tame ir 32-me paveikslų grafikuose.



31 pav. A nutolusio gaminančio vartotojo balansas



32 pav. B nutolusio gaminančio vartotojo balansas

Gauti rezultatai rodo, kad A nutolės gaminantis vartotojas, kuris per kaupiamuosiu metus pagamina elektros energijos dvigubai daugiau nei suvartoja, įrengęs 10 kW saulės elektrinę su paskola, investavo neefektyviai, nes investicijų graža vyks beveik per visą elektrinės eksploataavimo laikotarpį, t.y. atsipirks, pagal 31 pav. grafiką vos 27-tais metais. Jeigu A vartotojas nesinaudojo kreditu, parinktos saulės jėgainės atsiperkamumas sutrumpės iki 15-os metų.

B nutolusio gaminančio vartotojo 10 kW saulės elektrinė atsipirks 8-taisiais eksploataavimo metais, su kreditu – dar 6-riais metais atsiperkamumas prailgs (32 pav.).

## 5.6. Pasiūlymai ir rekomendacijos

Kadangi B nutolęs gaminantis vartotojas, savo pagamintos energijos kiekiu padengia tik dalį suvartotos elektros energijos, tačiau dar papildomai 7599,48 kWh trūkstamos energijos iš tiekėjo bei moka pasaugojimo mokėstį pagal pasirinktą tarifų planą, norint sumažinti išlaidas ir dar geriau išnaudoti saulės elektrinės teikiamą naudą, turėtų įvertinti galimybes instaliuoti papildomą galią arba keisti vartojimo įpročius siekiant efektyvinti bei taupyti energiją. Papildomas galios, kurios, sprendžiant pagal perkamos energijos kiekį, dar trūksta 7-8 kW, B gaminantis vartotojas galėtų gauti įsirengiant daugiau saulės modulių prie jau turimos saulės jėgainės, arba, tarkime nesant techninėms galimybėms, nusipirkti ar išsinuomoti galios iš saulės parkų.

A nutolusio gaminančio vartotojo perteklinė pagaminta energija tiesiog prarandama. Šiame darbe nustatyta, kad iš 39-ių nagrinėjamų objektų, beveik pusė, t.y. 16-ka gamina daugiau nei suvartoja. Dabartinis gaminančių vartotojų modelis vartotoją motyvuoja tenkinti tik savo poreikius, todėl įvairios įmonės, siūlančios saulės elektrinių įrengimo paslaugas, nerekomenduoja instaliuoti galingesnių jėgainių ir tai yra suprantama, kadangi investicijos vis dar nėra mažos: 1 kW kaina, priklausomai nuo saulės modulių tipo ir galios svyruoja nuo 900 Eu iki 1200 Eu. Nors dalis gamintojų generuoja daugiau, nei patys suvartoja, tai tik parodo, kad prognozuoti energijos poreikius yra sudėtinga, o energijos perteklius neskatina energijos taupyti ar ją vartoti atsakingai. Kita vertus perteklinė energija gali būti paskata įsigyti pvz. elektromobilį ar įsirengti šilumos siurblių.

Dabartinis nutolusių gaminančių modelis reikalauja priskirti saulės jėgainės galingumą keliems to paties savininko objektams. Tačiau šiame darbe nebuvo atskirai vertinamas gaminančio vartotojo ir jo nutolusiam objektui priskirtos generacijos galios. Kadangi prognozuoti gaminimą, suvartojimą ir pasaugojimą bei paskirstyti galias objektams yra gana sudėtinga, gerokai skaidresnė ir lankstesnė sistema būtų sukurta apskaitant du ar kelis savininko objektus bendrai – neskirstant jiems galios dedamųjų.

Galimybė rinktis ir tik kartą per metus keisti atsiskaitymo būdą už atgautą elektros energiją iš keturių galimų variantų taip pat yra gan paini ir sudėtinga vartotojui. Kur kas lankstesnė bei patrauklesnė būtų paprastesnė atsiskaitymo už elektros pasaugojimą kainodara, pavyzdžiui sujungus pirmąjį „Atsiskaitymas už atgautą energiją“ ir ketvirtą „Atsiskaitymas kilovatvalandėmis“ planus galėtų būti taip: visa perteklinė energija būtų panaudojama atsiskaityti už pasaugojimą, o jei atsiskaitymui už pasaugojimo paslaugą energijos pertekliaus neužtenka, už likusių kilovatvalandžių pasaugojimą vartotojas susimoka nustatyta kaina už kilovatvalandę.

A gaminančio vartotojo atveju siūloma kainodara situacijos nekeistų, tačiau perteklinė 3739,16 kWh energija galėtų būti arba perkeliama kitam laikotarpiui, arba už ją sumokama pvz. vidutine biržos kaina. Toks būdas ne tik skatintų instaliuoti didesnes saulės jėgaines, gaminti daugiau, bet ir verstų energiją taupyti norint uždirbti.

B gaminančio vartotojo atveju pagaminta 9123,38 kWh, pagal dabartinę kainodarą 36% būtų panaudota atsiskaitymui už pasaugojimą. Vadinasi 3284,42 kWh atitektų tinklui, o likusios 5838,96 kWh būtų panaudotos suvartotos energijos kompensavimui, t.y.:

$$B_{kWh} = 16722,86 \text{ kWh} - 5838,96 \text{ kWh} = 10883,9 \text{ kWh} \quad (17)$$

Išlaidos už suvartotą elektros energija dabartine kaina:

$$B_{Eu} = 10883,9 \text{ kWh} * 0,149 \text{ Eu} = 1621,70 \text{ Eu.} \quad (18)$$

Tiesa ta, kad ši suma yra 172,8 Eu didesnė už šiame darbe apskaičiuotą ir parinktą II pasinaudojimo elektros tinklais planą, šiam gamintojui, tačiau, taip pat nustatyta, kad B gamintojas prijungė nutolusį savo objektą tam, kad išnaudotų ir nepranyktų jo pagaminta perteklinė 3121 kWh energija. Esant siūlaimai kainodarai, B gamintojui neprireiktų paskirstyti galių savo objektams.

## Išvados

1. Nustatyta aiški atsinaujinančių energijos šaltinių plėtros kryptis Lietuvoje. Siekiant energetinės nepriklausomybės, įgyvendinant Europos sąjungos klimato kaitos ir energetikos politiką ir k.t., Valstybė skatina vidaus gamybos plėtrą ir planuoja, kad 80% energija iš atsinaujinančių energijos išteklių taps pagrindinė visuose – elektros, šilumos ir vėsumos energijos bei transporto – sektoriuose. Šiems tikslams pasiekti, kūriami nauji paramos modeliai, skiriamas finansavimas iš Klimato kaitos programos. Išsiaiškinta, jog įstatymų pakeitimai supaprastino saulės elektrinių įrengimo sąlygas, sudarė galimybes nutolusiais gamintojais tapti kiekvienam gyventojui bei gauti APVA paramą, kuri bus skirstoma jau kelis kartus per metus, o išigyjantiems saulės elektrines išsimokėtinai, dar ir didenė – 381 Eu už 1 kW.
2. Išanalizuota nutolusių gaminančių vartotojų modelio veikimo principas. Pateiktos struktūrinės schemos bei jų aprašymai. Nustatyta, kad gaminančių vartotojų generacijos pajėgumai paskirstyti geografiškai nutolusiems objektams apskaitomi iš atskirų elektros energijos skaitiklių. ESO surenka skaitiklių duomenis, juos sujungia bei perduoda energijos tiekėjams. Darbas paremtas faktiniais 39-ių NGV elektros energijos generacijos ir vartojimo duomenimis. Realūs duomenys suteikia tikslumo ir konkretumo. Pateiktos bendrosios šių objektų praėjusio „kaupimo“ laikotarpio grafinės analizės, bei palyginti atsiskaitymo už „pasaugojimą“ tarifų planai. Net 34 iš 39 gamintojų generavo 51550 kWh energijos daugiau, nei suvarotjo. Prijungus nutolusius objektus, perteklinės energijos problema tarsi liko išspręsta, tačiau šitaip 1,26 karto energijos suvartojama daugiau nei pagaminama.
3. Akcentuojami galiojančio Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymo trūkumai: perteklinės energijos „nusavinimas“ neskatina gaminančių vartotojo efektyvaus ir taupaus energijos vartojimo, taip pat prieštarauja Valstybės siekiams didinti vidaus energijos gamybos pajėgumus – saulės elektrinės įrengiamos tik savo poreikiams patenkinti, bet ne gaminti energijos daugiau. Pastebėta, kad prognozuoti gaminimą, suvartojimą ir pasaugojimą bei paskirstyti galiu dedamasias objektams yra gana sudėtinga. Galimybė rinktis ir tik kartą per metus keisti atsiskaitymo būdą už atgautą elektros energiją iš keturių galimų variantų taip pat yra gan paini ir nelanksti. Darbe siūlomi patobulinimai bei Įstatymo pakeitimai.
4. Išskirti du nutolę gaminantys vartotojai A ir B. EMCOS programa nuskaityti bei patikrinti šių objektų elektros skaitiklių įtampos dydžių bei dažnio duomenys 2019 m. birželio mėn. kuomet saulės elektrinės dirbo pilnu pajėgumu. Nustatyta, kad šie vartotojai lestinųjų dydžių neviršija, linijinės įtampos svyravo nuo -1,5% iki 6,8%. Tačiau, panagrinėtas Deltuvos miestelio atvejis, kuomet fiksuoti įtampų šuoliai, rodo, kad energijos kokybės problema vis dėlto egzistuoja. Didėjant saulės elektrinių kiekiui, energijos srautų paskirstymas bei balansavimas išlieka aktualia problema, kuria reiktų daugiau patyrinėti.
5. Nagrinėjant du konkrečius gaminančius vartotojus A ir B, parenkami vienodi saulės moduliai, inverteriai, paskaičiuota įrengimo kaina su ir be paskolos bei nustatyta, kad:
  - A per kaupiamuosius metus pagamina elektros energijos dvigubai daugiau nei suvarotja, su kreditu investicijos neefektyvios, nes graža vyks beveik per visą elektrinės eksploatavimo laikotarpį. Be kredito parinktos saulės jėgainės atsiperkamumas sutrumpės iki 15-os metų. Tai tik patvirtina teoriją, jog apsimoka energiją gaminti tik sau ir ne daugiau.
  - B nutolusio gaminančio vartotojo 10 kW saulės elektrinė atsiperks 8-taisiais eksploatavimo metais, tačiau su kreditu – dar 6-riais metais atsiperkamumas prailgs. B gamintojas savo pagamintos energijos kiekiu padengia tik dalį suvartotos energijos, tad norint sumažinti išlaidas ir dar geriau išnaudoti saulės elektrinės teikiamą naudą, jis turėtų įvertinti galimybes instaliuoti papildomą galią arba keisti vartojimo įpročius siekiant efektyvinti bei taupyti energiją.

## Literatūros ir informacijos šaltinių sąrašas

1. Bužinskienė, R. „*Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo vertinimas*“. Vilnius: Lietuvos mokslų akademija. 2018, T. 25, nr. 1, p. 43-62. eISSN 2424-4120 [žiūrėta: 2020-01-25]. Prieiga per internetą: <https://vb.svako.lt/object/elaba:29438823/>
2. Europos regioninės plėtros fondas „*Lietuvos ūkio sektorių finansavimo po 2020 metų vertinimas*“. [žiūrėta: 2020-01-25] Prieiga per internetą: <https://www.esinvesticijos.lt/lt/dokumentai/lietuvos-ukio-sektoriu-finansavimo-po-2020-metu-vertinimas>
3. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. *Atsinaujinantys energijos ištekliai. Statistika*. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-01-25]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai/statistika>
4. LR Seimas. Nutarimas „*Dėl Lietuvos Respublikos Vyriausybės programos įgyvendinimo plano patvirtinimo*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-01-25]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/efe9ff4107be11e78352864fdc41e502/asr>
5. LR Seimas. Nutarimas „*Dėl Nacionalinio saugumo strategijos patvirtinimo*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-01-25]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAP/209a1dc2893211e6a0f68fd135e6f40c>
6. LR Seimas. Nutarimas „*Dėl Nacionalinio energetinės nepriklausomybės strategijos patvirtinimo*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-01-25]. Prieiga per internetą: [http://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija\\_2018\\_LT.pdf](http://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija_2018_LT.pdf)
7. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. „*Nacionaliniame atsinaujinančių išteklių energijos veiksmų planas*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-01-25]. Prieiga per internetą: [http://www.biokuras.lt/content\\_images/Dokumentai/Atsinaujinan%C4%8Di%C5%B3%20i%C5%A1tekli%C5%B3%20energijos%20veism%C5%B3%20planas.pdf](http://www.biokuras.lt/content_images/Dokumentai/Atsinaujinan%C4%8Di%C5%B3%20i%C5%A1tekli%C5%B3%20energijos%20veism%C5%B3%20planas.pdf)
8. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. „*Seimas pritarė naujam atsinaujinančios energetikos plėtros modeliui*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08]. Prieiga per internetą: <http://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/seimas-pritare-naujam-atsinaujinancios-energetikos-pletros-modeliui>
9. Europos komisija. „*Valstybės pagalba. Komisija patvirtina 385 mln. eurų vertės paramą, skirtą elektros energijos gamybai iš atsinaujinančiųjų energijos išteklių Lietuvoje*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08]. Prieiga per internetą: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/lt/IP\\_19\\_2230](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/lt/IP_19_2230)
10. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. „*Nuo liepos pradžios įsirengti iki 30 kW galios saulės elektrinės – greičiau ir paprasčiau*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08] Prieiga per internetą: <http://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/nuo-liepos-pradzios-isirengti-iki-30-kw-galios-saules-elektrines-greiciau-ir-paprasciau>
11. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. „*Dar daugiau gyventojų taps energetiškai savarankiški – saulės elektrinėms įsirengti skirti 9 mln. eurų*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08] Prieiga per internetą: <http://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/dar-daugiau-gyventoju-taps-energetiskai-savarankiski-saules-elektrinems-isirengti-skirti-9-mln-euru>
12. Mokslo ir technologijų pasaulis. „*Lietuviai pereina prie atsinaujinančios energetikos – vos per mėnesį daugiau nei 10 tūkst. prašymų*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08] Prieiga per internetą: <http://m.technologijos.lt/cat/129/article/S-80406>
13. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. „*Šiomet – du nauji kvietimai norintiems įsirengti nuosavas saulės elektrines ir dar daugiau galimybių ir supaprastinimų*“. [interaktyvus] [žiūrėta:

- 2020-02-08] Prieiga per internetą: <http://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/siomet-du-nauji-kvietimai-norintiems-isirengti-nuosavas-saules-elektrines-ir-dar-daugiau-galimybiu-ir-supaprastinimu>
14. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. „*Vyriausybė pritarė naujoms priemonėms atsinaujinančios energijos plėtrai ir energetikos inovacijų kūrimui skatinti*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08] Prieiga per internetą: <http://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/vyriausybe-pritare-naujoms-priemonems-atsinaujinancios-energijos-pletrai-ir-energetikos-inovaciju-kurimui-skatinti>
  15. UAB „Informacinių technologijų pasaulis“ „*Saulės energija*“ [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08] Prieiga per internetą: <http://www.sauselektrines.lt/lt/elektros-gamyba>
  16. Mokslas, technologijos. „*Saulės elementai*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08] Prieiga per internetą: <http://www.sumtp.lt/saules-elementai/>
  17. UAB „Giminija“. „*Kokius saulės modulius rinktis?*“ [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08] Prieiga per internetą: <https://www.giminija.lt/kokius-saules-modulius-rinktis-geriau/>
  18. UAB „Giminija“. „*Mono ir poli kristaliniai saulės moduliai*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08] Prieiga per internetą: <https://www.giminija.lt/skirtumai-tarp-monokristaliniu-ir-polikristaliniu-saules-moduliu/>
  19. UAB „Giminija“. „*Kaip nustatyti saulės modulių kokybę?*“ [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-08] Prieiga per internetą: <https://www.giminija.lt/kaip-nustatyti-saules-moduliu-kokybe/>
  20. Žalia idėja. „*Saulės energijos potencialas Europoje ir Lietuvoje*“. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-09] Prieiga per internetą: <https://zaliaideja.wordpress.com/2012/04/03/saules-energijos-potencialas-europoje-ir-lietuvoje/>
  21. Fadili A., Giri F., Magria A. International Journal of Electrical Power & Energy Systems *Reference voltage optimizer for maximum power point tracking in triphase grid-connected photovoltaic systems* [interaktyvus] September 2014, Pages 293-301 [žiūrėta: 2020-02-09] Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/ezproxy.ktu.edu/science/article/pii/S0142061514001318>
  22. UAB „Nogridas“. „*Saulės elektrinių statybos išibėgėja: į ką atkreipti dėmesį renkantis rangovą?*“ [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-09] Prieiga per internetą: <https://nogrid.lt/saules-elektriniu-statybos-isibegeja-i-ka-atkreipti-demesi-renkantis-rangova/>
  23. UAB „Giminija“. „*Saulės jėgainės poveikis aplinkai*“ [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-02-09] Prieiga per internetą: <https://www.giminija.lt/saules-jegaines-poveikis-aplinkai/>
  24. Diestelmeier L., Energy Policy. *Changing power: Shifting the role of electricity consumers with blockchain technology – Policy implications for EU electricity law* [interaktyvus] May 2019, Pages 189-196 [žiūrėta: 2020-02-22] Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421518308711>
  25. Radziukynas V., Klementavičius A. *Išmaniojo elektros tinklo plėtra* [interaktyvus] ENERGETIKA. 2016. T. 62. Nr. 4. P. 301–318 [žiūrėta: 2020-02-22] Prieiga per internetą: <https://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/energetika/article/view/3397>
  26. AB “ESO”. *Išmanieji skaitikliai* [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-04-15] Prieiga per internetą: <https://www.ismaniejiskaitikliai.lt/>
  27. AB “ESO”. *ESO strategija 2030 – išmanaus, patikimo ir rinką įgalinančio skirstymo tinklo sukūrimas* [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-04-15] Prieiga per internetą: <https://www.eso.lt/lt/ziniasklaida/p60/eso-strategija-2030-ismanaus-patikimo-ir-rinkaynzv.html>



28. Pachanapan P. et. al. 2017. Voltage Level Management of Low Voltage Radial Distribution Networks with High Penetration of Rooftop pvsystems // GMSARN International Journal. Thailand. Nr. 11, P. 11-22.
29. Eltawil, M.A. and Z. Zhao. Grid-connected photovoltaic power systems: Technical and potential problems—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14 (2010), No.1, 112-129.
30. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. *Gaminantys vartotojai Lietuvoje: ilgalaikė vizija*. 2018. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-03-14] Prieiga per internetą: [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)
31. AB „Ignitis“. *Gaminantiems vartotojams*. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-03-14] Prieiga per internetą: <https://ignitis.lt/lt/gaminantiems-vartotojams>
32. UAB “ELGAMA” *GAMA100* [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-03-14] Prieiga per internetą: [https://www.elgama.eu/files/produktu\\_brosiuros/lt/gama100\\_lt.pdf](https://www.elgama.eu/files/produktu_brosiuros/lt/gama100_lt.pdf)
33. UAB “ELGAMA” *GAMA300* [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-03-14] Prieiga per internetą: [https://www.elgama.eu/files/produktu\\_brosiuros/lt/gama300\\_lt.pdf](https://www.elgama.eu/files/produktu_brosiuros/lt/gama300_lt.pdf)
34. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. *Elektros energiją gaminantys vartotojai* [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-03-14] Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai/elektros-energija-gaminantys-vartotojai>
35. Valstybinė energetikos reguliavimo tarnyba. *Elektros energiją gaminančių vartotojų naudojimosi elektros tinklais paslaugų kainos*. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-03-14] Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/elektros-energija-gaminanciu-vartotoju-naudojimosi-elektros-tinklais-paslaugu-kainos.aspx>
36. AB "Ignitis". *Saulės parkai*. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-03-14] Prieiga per internetą: <https://www.saulsparkai.lt/>
37. Verslo žinios. *Lietuvoje atidarytas pirmasis nutolusių saulės elektrinių parkas. Saulės parkai*. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-05-02] Prieiga per internetą: <https://www.vz.lt/pramone/energetika/2020/04/29/lietuvoje-atidarytas-pirmasis-nutolusiu-saules-elektriniu-parkas>
38. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. 2019 m. gegužės mėn. apžvalga. [interaktyvus] [žiūrėta: 2020-03-14] Prieiga per internetą: <http://www.meteo.lt/lt/2019-geguze>

## Priedai

### 1 priedas. Nutolusių gaminančių vartotojų sąrašas

GV Nr.	GV vieta	GV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Įrengtos jėgainės galia, kW	Atsiradimo data	NGV vieta	NGV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Atsiradimo data
1	Trakų r.	Namas	10	8,4	2015 m. gruodžio mėn.	Elektrėnų r.	Namas	10	2020 m. vasario mėn.
2	Elektrėnų r.	Namas	10	9,8	2018 m. gruodžio mėn.	Elektrėnų r.	Namas	6	2020 m. vasario mėn.
3	Vilniaus r.	Sodas	12	3,36	2019 m. lapkričio mėn.	Vilnius	Butas	7	2020 m. kovo mėn.
4	Vilnius	Namas	20	9,99	2018 m. spalio mėn.	Vilnius	Butas	10	2019 m. spalio mėn.
5	Palanga	Namas	12	5,25	2015 m. kovo mėn.	Vilnius	Butas	10	2019 m. gruodžio mėn.
6	Molėtų r.	Namas	10	9,76	2019 m. sausio mėn.	Vilnius	Butas	3	2019 m. lapkričio mėn.
7	Ignalina	Namas	10	9,72	2019 m. kovo mėn.	Vilnius	Butas	10	2019 m. lapkričio mėn.
9	Šiaulių r.	Namas	12	8,25	2019 m. sausio mėn.	Vilnius	Butas	3	2019 m. lapkričio mėn.
11	Anykščių r.	Namas	12	9,99	2020 m. sausio mėn.	Vilnius	Butas	10	2019 m. lapkričio mėn.
12	Molėtų r.	Namas	20	9,9	2020 m. sausio mėn.	Vilnius	Butas	7	2020 m. vasario mėn.
13	Anykščiai	Namas	20	9,72	2020 m. sausio mėn.	Vilnius	Butas	7	2019 m. lapkričio mėn.
14	Širvintų r.	Namas	15	9,92	2019 m. rugpjūčio mėn.	Vilnius	Butas	11	2019 m. gruodžio mėn.
15	Vilniaus r.	Namas	12	4,86	2019 m. liepos mėn.	Vilnius	Butas	7	2019 m. gruodžio mėn.
16	Vilniaus r.	Namas	12	8,96	2020 m. vasario mėn.	Vilnius	Butas	7	2019 m. spalio mėn.
18	Vilniaus r.	Namas	17	9,9	2019 m. gruodžio mėn.	Vilnius	Butas	7	2020 m. sausio mėn.
19	Trakų r.	Sodas	10	8,1	2019 m. rugsėjo mėn.	Vilnius	Butas	10	2020 m. sausio mėn.
20	Vilniaus r.	Namas	21	9,92	2018 m. liepos mėn.	Vilnius	Butas	10	2020 m. kovo mėn.
21	Klaipėdos r.	Namas	8	6,08	2020 m. vasario mėn.	Vilnius	Butas	10	2020 m. vasario mėn.
22	Akmenė	Namas	10	9,98	2018 m. vasario mėn.	Vilnius	Butas	10	2019 m. lapkričio mėn.
23	Zarasų r.	Namas	15	9,99	2019 m. spalio mėn.	Vilnius	Butas	8	2019 m. lapkričio mėn.
25	Ukmergės r.	Namas	20	9,72	2019 m. spalio mėn.	Vilnius	Butas	33	2019 m. lapkričio mėn.
26	Jurbarko r.	Namas	15	9,9	2020 m. vasario mėn.	Vilnius	Namas	10	2020 m. kovo mėn.

GV Nr.	GV vieta	GV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Įrengtos jėgainės galia, kW	Atsiradimo data	NGV vieta	NGV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Atsiradimo data
30	Varėnos r.	Namas	20	4,875	2019 m. spalio mėn.	Vilnius	Butas	1	2019 m. lapkričio mėn.
31	Vilniaus r.	Namas	10	5	2018 m. kovo mėn.	Vilnius	Butas	9	2019 m. gruodžio mėn.
32	Vilniaus r.	Butas	12	5	2019 m. sausio mėn.	Vilnius	Butas	5	2019 m. spalio mėn.
33	Vilnius	Namas	15	5,6	2017 m. gegužės mėn.	Vilnius	Butas	3	2020 m. vasario mėn.
34	Vilnius	Sodas	12	3,08	2018 m. liepos mėn.	Vilnius	Butas	3	2020 m. kovo mėn.
35	Vilnius	Namas	10	9	2019 m. lapkričio mėn.	Vilnius	Butas	7	2019 m. lapkričio mėn.
36	Rokiškio r.	Namas	7	5	2019 m. liepos mėn.	Vilnius	Butas	3	2019 m. lapkričio mėn.
38	Molėtų r.	Namas	10	4,86	2019 m. birželio mėn.	Vilnius	Butas	8	2019 m. lapkričio mėn.
39	Palanga	Namas	25	3,78	2015 m. gegužės mėn.	Vilnius	Namas	15	2019 m. lapkričio mėn.
40	Klaipėdos r.	Namas	20	7,625	2020 m. kovo mėn.	Vilnius	Butas	10	2020 m. kovo mėn.
41	Elektrėnų r.	Namas	32	9,6	2019 m. lapkričio mėn.	Vilnius	Butas	10	2019 m. lapkričio mėn.
42	Marijampolė	Namas	6	4,32	2019 m. gruodžio mėn.	Vilniaus r.	Butas	5	2020 m. sausio mėn.
43	Panevėžys	Namas	3	3	2016 m. spalio mėn.	Panevėžys	Butas	3	2020 m. sausio mėn.
45	Panevėžys	Namas	10	2,5	2017 m. vasario mėn.	Panevėžys	Namas	4	2020 m. sausio mėn.
51	Kėdainių r.	Namas	10	8,5	2020 m. vasario mėn.	Kėdainiai	Namas	8	2020 m. kovo mėn.
52	Molėtų r.	Namas	15	9,72	2019 m. liepos mėn.	Rokiškis	Namas	15	2020 m. sausio mėn.
54	Kauno r.	Namas	15	9,72	2020 m. sausio mėn.	Marijampolės r.	Namas	3	2019 m. lapkričio mėn.
55	Vilnius	Namas	8	8	2019 m. lapkričio mėn.	Marijampolė	Namas	15	2020 m. kovo mėn.
56	Kazlų Rūdos r.	Namas	40	10	2017 m. lapkričio mėn.	Marijampolė	Namas	10	2019 m. spalio mėn.
57	Lazdijai	Namas	15	9,6	2013 m. gruodžio mėn.	Lazdijų r.	Namas	15	2020 m. kovo mėn.
58	Druskininkų r.	Namas	19	9,99	2019 m. gruodžio mėn.	Druskininkų r.	Namas	10	2019 m. gruodžio mėn.
59	Kauno r.	Butas	12	4,96	2019 m. rugpjūčio mėn.	Druskininkų r.	Namas	10	2019 m. spalio mėn.
60	Panevėžys	Namas	10	10	2018 m. liepos mėn.	Druskininkai	Butas	13	2020 m. vasario mėn.
61	Druskininkų r.	Namas	27	9,92	2020 m. sausio mėn.	Druskininkai	Namas	15	2020 m. vasario mėn.
62	Ignalinos r.	Sodas	8	4	2018 m. gruodžio mėn.	Ignalina	Butas	6	2019 m. spalio mėn.
63	Ignalina	Sodas	12	5	2019 m. vasario mėn.	Ignalina	Butas	9	2019 m. spalio mėn.

GV Nr.	GV vieta	GV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Įrengtos jėgainės galia, kW	Atsiradimo data	NGV vieta	NGV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Atsiradimo data
64	Ukmergės r.	Namas	10	4,8	2019 m. rugsėjo mėn.	Ukmergė	Butas	3	2020 m. kovo mėn.
65	Vilniaus r.	Namas	20	9,975	2019 m. kovo mėn.	Zarasų r.	Namas	8	2019 m. gruodžio mėn.
68	Utena	Namas	20	9,45	2018 m. gegužės mėn.	Utenos r.	Namas	5	2019 m. lapkričio mėn.
69	Anykščių r.	Namas	10	7,8	2019 m. liepos mėn.	Anykščiai	Butas	3	2019 m. lapkričio mėn.
71	Anykščių r.	Namas	12	4,8	2019 m. gegužės mėn.	Anykščių r.	Namas	5	2019 m. spalio mėn.
72	Klaipėdos r.	Namas	12	10	2019 m. rugpjūčio mėn.	Klaipėdos r.	Pirtis	10	2019 m. lapkričio mėn.
73	Skuodo r.	Namas	5	4,8	2019 m. rugpjūčio mėn.	Skuodo r.	Namas	3	2020 m. sausio mėn.
74	Telšių r.	Sodas	5	4,95	2020 m. sausio mėn.	Telšiai	Butas	6	2020 m. vasario mėn.
75	Telšių r.	Namas	29	9,95	2017 m. gruodžio mėn.	Telšiai	Dirbtuvės	20	2020 m. vasario mėn.
77	Plungės r.	Namas	12	9,92	2020 m. vasario mėn.	Palanga	Poilsio patalpa	16	2020 m. kovo mėn.
78	Prienų r.	Namas	20	9,75	2018 m. rugpjūčio mėn.	Palanga	Namas	5	2020 m. sausio mėn.
80	Palanga	Sodas	10	5	2020 m. vasario mėn.	Palanga	Butas	6	2020 m. kovo mėn.
81	Klaipėdos r.	Namas	15	4,86	2019 m. birželio mėn.	Palanga	Butas	3	2019 m. lapkričio mėn.
84	Šiaulių r.	Namas	12	8	2019 m. spalio mėn.	Šiauliai	Namas	5	2019 m. lapkričio mėn.
85	Šiauliai	Namas	12	5,04	2020 m. sausio mėn.	Šiauliai	Butas	6	2020 m. sausio mėn.
86	Kuršėnai	Namas	12	2,95	2018 m. lapkričio mėn.	Šiaulių r.	Namas	5	2019 m. spalio mėn.
87	Kauno r.	Namas	12	9,9	2019 m. rugsėjo mėn.	Kaunas	Butas	15	2020 m. vasario mėn.
89	Skuodas	Namas	15	6,5	2017 m. gruodžio mėn.	Kaunas	Butas	2	2019 m. spalio mėn.
90	Kaunas	Namas	15	10	2018 m. gruodžio mėn.	Kaunas	Namas	4	2020 m. vasario mėn.
92	Kauno r.	Namas	15	7,08	2019 m. gruodžio mėn.	Kauno r.	Namas	10	2019 m. gruodžio mėn.
93	Kaunas	Namas	12	10	2018 m. balandžio mėn.	Kaunas	Namas	12	2020 m. kovo mėn.
94	Kaunas	Namas	29	13,455	2020 m. kovo mėn.	Kauno r.	Butas	6	2020 m. kovo mėn.
95	Molėtų r.	Namas	6	4,86	2019 m. liepos mėn.	Kaunas	Namas	6	2019 m. lapkričio mėn.
97	Kauno r.	Namas	10	5	2018 m. lapkričio mėn.	Kaunas	Butas	2	2020 m. kovo mėn.
98	Mariampolės r.	Namas	14	5	2017 m. gruodžio mėn.	Kaunas	Butas	3	2020 m. kovo mėn.
99	Kauno r.	Namas	12	9,9	2019 m. rugpjūčio mėn.	Kaunas	Butas	6	2020 m. vasario mėn.

GV Nr.	GV vieta	GV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Įrengtos jėgainė galia, kW	Atsiradimo data	NGV vieta	NGV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Atsiradimo data
100	Lazdijų r.	Namas	8	4,8	2019 m. gegužės mėn.	Kaunas	Butas	3	2019 m. spalio mėn.
102	Kaunas	Namas	12	4,88	2020 m. sausio mėn.	Kaunas	Butas	3	2020 m. sausio mėn.
103	Kaunas	Namas	10	5	2019 m. lapkričio mėn.	Kaunas	Butas	3	2019 m. lapkričio mėn.
104	Vilnius	Namas	15	3	2017 m. liepos mėn.	Kaunas	Namas	23	2020 m. kovo mėn.
106	Kauno r.	Namas	10	9,9	2020 m. vasario mėn.	Kaunas	Butas	3	2020 m. vasario mėn.
108	Kaunas	Namas	15	10	2019 m. liepos mėn.	Kaunas	Butas	7	2020 m. kovo mėn.
109	Kaunas	Namas	22	9,99	2018 m. lapkričio mėn.	Kaunas	Namas	10	2019 m. lapkričio mėn.
110	Kaunas	Namas	20	9,18	2019 m. kovo mėn.	Kaunas	Butas	7	2020 m. sausio mėn.
111	Šakiai	Sodas	10	5,775	2019 m. lapkričio mėn.	Šakiai	Butas	3	2019 m. gruodžio mėn.
115	Klaipėdos r.	Namas	15	4,76	2018 m. rugsėjo mėn.	Klaipėda	Namas	10	2019 m. lapkričio mėn.
116	Šilutės r.	Namas	15	5	2020 m. kovo mėn.	Klaipėda	Butas	2	2020 m. kovo mėn.
117	Vilnius	Namas	9	4,8	2020 m. vasario mėn.	Neringa	Butas	2	2020 m. kovo mėn.
118	Klaipėda	Namas	10	4,8	2019 m. spalio mėn.	Neringa	Butas	12	2019 m. lapkričio mėn.
119	Paneveži or.	Namas	30	9,99	2019 m. sausio mėn.	Neringa	Butas	12	2019 m. gruodžio mėn.
120	Kaunas	Butas	8	2,36	2019 m. vasario mėn.	Neringa	Butas	10	2019 m. lapkričio mėn.
121	Kaunas	Namas	12	9,6	2019 m. spalio mėn.	Neringa	Poilsio obj.	10	2020 m. vasario mėn.
8	Kretingos r.	Namas	10	9,8	2018 m. spalio mėn.	Vilnius	Butas	10	2019 m. lapkričio mėn.
37						Vilnius	Butas	10	2019 m. spalio mėn.
79						Palanga	Butas	6	2019 m. spalio mėn.
10	Trakų r.	Namas	15	9,9	2020 m. sausio mėn.	Vilnius	Butas	12	2020 m. kovo mėn.
29						Vilnius	Butas	8	2020 m. kovo mėn.
17	Varėnos r.	Namas	12	3,9	2019 m. spalio mėn.	Vilnius	Butas	7	2019 m. lapkričio mėn.
46						Panevėžys	Butas	3	2020 m. vasario mėn.
53						Varėnos r.	Namas	4	2020 m. vasario mėn.
24	Vilniaus r.	Namas	15	9,9	2019 m. balandžio mėn.	Vilnius	Butas	7	2019 m. lapkričio mėn.
83						Palanga	Butas	3	2019 m. lapkričio mėn.

GV Nr.	GV vieta	GV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Įrengtos jėgainė galia, kW	Atsiradimo data	NGV vieta	NGV Objekto tipas	Objekto LNG, kW	Atsiradimo data
27	Vilnius	Namas	15	3,84	2020 m. vasario mėn.	Vilnius	Butas	10	2020 m. kovo mėn.
28						Vilnius	Butas	10	2020 m. kovo mėn.
44	Panevėžio r.	Namas	15	12	2020 m. kovo mėn.	Panevėžys	Namas	4	2020 m. kovo mėn.
49						Panevėžys	Butas	3	2020 m. kovo mėn.
47	Panevėžio r.	Ūkinis pastatas	4	4	2020 m. kovo mėn.	Panevėžys	Butas	3	2020 m. kovo mėn.
48						Panevėžys	Butas	3	2020 m. kovo mėn.
50						Panevėžys	Butas	3	2020 m. kovo mėn.
66	Zarasų r.	Namas	12	9,72	2019 m. spalio mėn.	Zarasai	Namas	7	2019 m. lapkričio mėn.
67						Zarasai	Butas	6	2019 m. lapkričio mėn.
70	Kauno r.	Namas	12	8	2020 m. kovo mėn.	Anykščių r.	Namas	15	2020 m. kovo mėn.
82						Palanga	Namas	8	2020 m. kovo mėn.
76	Varėnos r.	Namas	10	9,9	2019 m. spalio mėn.	Palanga	Butas	4	2019 m. spalio mėn.
91						Kauno r.	Namas	12	2019 m. spalio mėn.
88	Prienų r.	Namas	20	4,97	2018 m. birželio mėn.	Kaunas	Butas	3	2019 m. spalio mėn.
96						Kaunas	Butas	3	2019 m. spalio mėn.
101	Zarasų r.	Namas	12	9,9	2019 m. spalio mėn.	Kauno r.	Namas	4	2019 m. spalio mėn.
105						Kaunas	Garažas	8	2019 m. spalio mėn.
107	Kaišiadorių r.	Namas	20	9,9	2019 m. birželio mėn.	Kaunas	Butas	8	2019 m. lapkričio mėn.
114						Kaišiadorys	Butas	3	2019 m. lapkričio mėn.
112	Šakių r.	Namas	10	9,99	2019 m. balandžio mėn.	Šakių r.	Namas	29	2019 m. spalio mėn.
113						Šakių r.	Namas	5	2019 m. spalio mėn.

## 2 priedas. Gaminančių vartotojų generacija

Gaminančių vartotojų faktinis pagamintos elektros energijos kiekis, kWh												
GV nr.	2019 m. balandis	2019 m. gegužė	2019 m. birželis	2019 m. liepa	2019 m. rugpjūtis	2019 m. rugsėjis	2019 m. spalis	2019 m. lapkritis	2019 m. gruodis	2020 m. sausis	2020 m. vasaris	2020 m. kovas
1	788,31	761,88	980,40	797,95	655,00	463,09	247,88	46,47	37,65	48,64	182,37	446,39
2	1403,65	1096,54	1455,79	1189,22	1109,26	848,25	418,19	72,20	57,92	72,29	234,94	654,08
4	1454,42	1261,87	1502,69	1236,37	1122,85	787,74	383,96	68,59	39,97	70,78	262,36	731,68
5	590,64	685,81	816,76	696,48	636,25	403,24	242,98	64,57	39,36	45,27	127,42	391,16
6	1134,20	1085,56	1379,79	1085,55	970,21	628,01	283,34	67,97	32,78	49,43	160,67	533,73
7	1395,98	883,49	1,77	297,44	1087,52	742,01	226,15	50,94	15,75	31,11	142,58	702,87
9	1129,95	1011,68	1249,17	1094,89	1034,55	707,18	342,85	65,05	40,56	79,12	184,19	586,97
20	405,13	454,57	575,77	472,78	772,98	875,74	440,28	71,66	25,09	60,63	297,90	1435,73
22	1442,02	985,71	1385,44	1349,28	1277,01	861,74	396,73	36,03	26,64	53,07	196,13	809,32
31	685,39	576,87	672,05	562,90	527,55	413,45	200,87	31,18	23,63	39,67	156,36	387,08
32	403,57	396,67	505,75	414,83	362,49	214,02	80,29	14,14	3,11	15,62	95,12	276,80
33	496,44	361,06	477,48	373,52	318,51	226,53	69,15	6,27	0,46	1,47	36,63	203,37
34	418,56	318,06	389,31	317,66	322,75	243,33	129,15	17,91	14,73	24,99	96,88	239,16
39	482,43	488,23	644,99	571,88	486,05	277,95	97,91	13,02	7,40	23,28	74,94	254,09
43	321,72	295,91	413,92	347,66	334,53	220,62	123,66	12,00	8,90	20,22	63,23	144,64
45	701,29	485,45	708,69	555,67	566,35	390,66	163,26	18,91	30,36	34,40	106,02	357,64
56	1382,52	1121,75	1550,06	1208,05	1138,84	870,36	499,16	129,02	84,68	107,99	245,35	785,60
57	1290,75	1083,75	1750,26	1421,04	1340,87	907,72	337,38	41,56	20,42	37,07	130,34	623,51
60	627,41	731,12	958,92	890,81	861,03	844,76	418,33	54,47	59,25	82,49	249,26	822,92
62	460,86	408,22	550,22	440,75	434,15	337,32	190,23	21,88	10,39	22,76	88,13	233,55
63	371,42	368,81	462,08	364,15	363,06	218,85	133,27	17,67	7,76	6,56	43,06	157,51
65	1213,04	1229,58	1447,62	1207,40	1153,64	814,26	384,28	64,63	49,04	71,37	285,52	703,32
68	1076,91	942,58	1220,62	955,14	883,10	610,99	311,11	45,02	23,36	52,80	216,01	519,59

75	1709,18	1545,42	1963,20	1710,75	1481,43	991,24	450,55	69,72	29,85	66,58	120,98	582,19
78	1354,98	974,32	903,79	991,05	823,05	779,06	440,05	97,26	59,04	0,00	284,57	865,07
86	416,34	394,28	483,83	415,72	377,17	254,19	132,68	28,98	23,19	37,31	87,43	247,60
89	879,90	759,57	916,00	830,01	758,20	552,68	291,58	79,91	58,66	74,63	159,12	512,02
90	1391,55	1062,00	1450,02	1181,43	1091,78	806,81	414,62	81,98	54,77	85,23	254,92	758,99
93	1115,44	1148,80	1594,92	1247,47	1057,61	668,11	289,35	27,45	20,12	39,48	100,04	471,88
97	788,93	693,66	988,47	831,03	728,45	482,38	243,85	44,44	41,99	50,22	129,97	376,54
98	581,60	516,30	750,60	560,14	471,78	304,51	121,88	26,21	12,24	22,95	86,41	302,46
104	484,93	432,70	507,32	391,12	336,62	250,22	77,20	17,72	6,64	12,36	69,24	199,75
109	1308,58	1139,55	1562,82	1270,18	1113,53	732,25	348,90	61,87	26,55	43,58	189,66	689,25
110	1266,42	998,86	1422,78	1159,79	994,98	730,80	362,95	66,74	48,54	76,49	127,12	0,00
115	837,45	790,98	1037,88	935,24	836,57	391,64	218,33	59,33	42,77	56,96	136,55	467,76
119	1272,29	883,83	1392,50	1114,82	1095,47	758,26	419,16	69,46	54,79	64,29	236,44	653,90
120	303,97	245,18	315,97	292,95	226,48	179,13	80,68	14,89	10,48	12,98	55,51	176,70
8-37-79	1310,81	1322,71	1549,54	1323,11	1089,61	745,91	421,79	84,38	35,50	56,58	142,82	558,29
88-96	1378,09	1022,94	1785,51	1329,49	1146,57	747,73	323,01	40,05	36,07	44,01	223,63	705,42



### 3 priedas. Gaminančių vartotojų suvartojimas

Gaminančių vartotojų objektų elektros energijos suvartojimas per kaupimo laikotarpį, kWh												
GV nr.	2019 m. balandis	2019 m. gegužė	2019 m. birželis	2019 m. liepa	2019 m. rugpjūtis	2019 m. rugsėjis	2019 m. spalis	2019 m. lapkritis	2019 m. gruodis	2020 m. sausis	2020 m. vasaris	2020 m. kovas
1	279,69	259,21	215,54	222,23	264,70	365,83	379,63	400,38	465,96	437,15	381,23	390,78
2	369,82	319,36	266,36	259,96	280,07	349,27	512,20	824,20	908,35	996,04	889,48	823,40
4	230,92	277,54	269,32	235,06	288,24	360,15	462,85	520,57	568,50	517,94	428,29	459,93
5	580,69	112,06	125,16	273,09	349,12	222,28	80,88	163,48	247,93	764,36	627,30	601,06
6	24,23	84,23	32,27	116,80	49,75	20,29	70,89	38,93	43,05	193,05	292,06	262,68
7	207,66	263,44	274,69	279,96	179,45	185,70	297,82	314,43	406,34	405,22	332,74	285,40
9	149,06	63,08	74,22	82,89	52,40	59,94	9,84	287,16	520,29	790,53	1345,08	1285,46
20	580,18	305,44	255,67	275,13	267,71	288,91	433,95	715,06	912,35	739,77	741,52	579,96
22	290,53	244,32	104,97	125,74	104,34	223,52	696,87	1267,48	1710,48	1374,88	1045,34	1061,40
31	256,68	182,49	248,53	188,57	309,43	233,49	272,00	333,04	404,30	375,62	292,37	307,74
32	124,87	135,11	155,07	123,45	96,10	145,35	195,70	191,80	443,37	431,57	180,18	347,99
33	556,94	477,61	434,14	411,12	531,14	583,26	754,47	1026,35	1332,00	1291,75	1055,20	1003,92
34	59,48	78,19	82,38	81,20	77,23	102,37	71,09	79,57	76,25	67,08	61,33	220,12
39	211,99	187,80	124,38	193,38	446,41	137,71	366,87	560,62	536,08	263,75	225,67	434,86
43	69,41	36,81	23,76	27,01	31,92	54,04	68,36	146,22	222,40	249,62	225,55	265,04
45	96,84	107,08	66,25	126,03	78,82	127,33	266,65	339,95	237,63	237,78	214,48	158,54
56	344,08	170,12	129,75	171,82	213,73	207,53	219,74	492,32	949,78	1293,74	1037,51	772,23
57	661,51	444,07	125,67	126,14	91,45	229,96	756,10	1214,80	1582,59	1586,92	1397,66	1097,50
60	116,30	160,06	108,44	103,15	131,87	129,24	244,76	351,94	398,95	463,19	410,53	282,44
62	151,05	116,10	83,44	98,77	115,71	71,56	144,55	206,07	361,06	391,48	497,27	520,32
63	128,04	53,12	40,98	44,32	32,31	130,19	193,57	291,74	426,13	425,39	437,80	460,48
65	264,62	186,62	274,05	263,41	233,45	342,54	547,13	780,82	1346,21	1028,99	814,01	768,30

68	150,03	161,38	119,85	153,25	126,03	199,70	321,30	479,86	510,83	446,74	287,11	796,94
75	94,72	58,81	49,35	44,86	45,44	79,00	229,42	1687,08	1719,41	3084,12	1802,97	1467,52
78	216,66	188,46	806,24	290,04	739,73	328,41	299,48	390,02	403,79	196,13	370,66	335,17
86	6,80	23,76	20,45	16,59	36,68	233,18	18,42	6,17	7,54	6,18	5,78	6,18
89	294,97	328,50	194,99	194,58	221,32	288,53	536,31	842,61	1057,15	967,16	1013,75	667,49
90	251,15	365,82	229,91	242,52	300,23	291,58	565,14	578,49	899,12	858,72	690,91	604,34
93	222,42	116,40	61,43	95,96	128,06	182,65	301,59	987,42	1323,72	1192,18	966,43	765,38
97	243,81	136,08	68,58	62,39	71,85	180,38	310,03	534,79	244,58	673,30	680,47	754,48
98	144,91	192,56	134,04	208,32	260,06	258,87	198,79	202,09	272,43	212,39	166,74	152,91
104	563,35	230,67	304,56	329,64	369,31	470,19	684,92	876,81	973,22	1084,80	976,39	773,46
109	274,59	219,41	192,69	159,98	234,39	301,28	529,02	721,96	1003,24	935,17	842,67	582,12
110	427,01	285,02	229,70	294,62	396,26	362,05	492,94	528,14	689,32	663,28	584,79	1196,60
115	1,81	4,04	1,86	3,40	31,63	220,73	119,80	278,74	136,78	190,85	468,14	354,18
119	364,13	584,50	355,80	341,47	368,81	546,04	467,60	478,61	1358,79	1379,57	914,95	713,14
120	59,13	48,21	47,17	38,44	82,27	34,74	85,56	107,41	120,46	132,93	74,01	83,33
8-37-79	190,66	103,07	107,86	195,83	291,08	149,01	149,09	145,03	738,28	768,36	1307,03	1298,59
88-96	196,31	121,30	55,81	77,44	100,62	158,75	367,40	714,47	1080,24	1134,82	1167,97	882,33

#### 4 priedas. Nutolusių gaminančių vartotojų suvartojimas

Nutolusių gaminančių vartotojų objektų elektros energijos suvartojimas per kaupimo laikotarpį, kWh												
NGV nr.	2019 m. balandis	2019 m. gegužė	2019 m. birželis	2019 m. liepa	2019 m. rugpjūtis	2019 m. rugsėjis	2019 m. spalio	2019 m. lapkritis	2019 m. gruodis	2020 m. sausis	2020 m. vasaris	2020 m. kovas
1	155	130	140	135	115	120	105	110	315	280	358,33	446,66
2	31,39	31,39	31,39	31,39	31,39	31,39	31,39	31,39	31,39	31,39	31,39	97,04
4	220	194	210	155	270	173	210	240,66	260,80	259,76	200,33	205,35
5	191	193	94	172	143	175	150	180	160	159,03	154,04	151,61
6	212	195	202	177	168	337	154	163	202,48	212,84	189,16	231,34
7	78	71	54	54	70	58	59	80,23	75,43	79,71	81,85	98,59
9	101	79	138	92	68	95	86	116	130,03	132,17	149,57	183,54
20	140	150	150	164	167	333	200	200	81	179	83	96,54
22	187	177	197	187	187	187	184	194	173,34	199,97	187,58	263,18
31	50	69	65	80	76	79	65	90	95	63,85	53,19	0,55
32	201	132	236	151	88	153	133	128,00	165,99	174,50	168,56	207,28
33	254	229	264	238	383	584	532	860	782	582	597	653,15
34	70	101	68	52	84	93	44	72	108	77	58	54,32
39	395	207	242	420	289	324	410	485	952,27	773,96	575,66	454,32
43	77	75	55	70	53	74	102	98	113	64	60,53	81,48
45	5	8	16	18	12	5	6	4	3	2	3,55	0,48
56	859	833	755	699	623	858	711	926,83	1139,92	1122,41	1101,55	1091,80
57	245,32	245,32	245,32	245,32	245,32	245,32	245,32	245,32	245,32	245,32	245,32	245,32
60	90,4	90,4	90,4	90,4	90,4	90,4	90,4	90,4	90,4	90,4	90,4	140,99
62	80	2	113	135	125	137	94	147,82	168,79	158,15	138,79	152,98
63	98,9	98,9	98,9	98,9	98,9	98,9	98,9	117,13	152,42	140,99	130,43	144,02
65	460,22	460,22	460,22	460,22	460,22	460,22	460,22	460,22	377,03	185,81	174,03	513,93
68	127,59	127,59	127,59	127,59	127,59	127,59	127,59	127,59	658,31	403,88	325,88	633,33

75	434	541	500	444	524	393	300	199	550	149	392	502,93		
78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	251,77	221,46	275,94		
86	160	201	253	153	157	123	160	178,62	220,35	174,78	177,76	169,86		
89	124	100	108	104	117	175	108	85,66	136,53	145,56	72,92	151,87		
90	273	236	280	265	314	376	411	390	429	387	301	402,45		
93	50	120	100	140	160	140	100	10	35	55	25	75,07		
97	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82	114,82		
98	115	109	95	82	30	73	118,11	571,23	252,37	129,22	108,12	129,95		
104	864,96	864,96	864,96	864,96	864,96	864,96	864,96	864,96	864,96	864,96	864,96	623,17		
109	359,56	359,56	359,56	359,56	359,56	359,56	359,56	359,56	359,56	433,33	492,83	492,16	344,42	
110	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	28,47	1,73	3,63	18,48	
115	477,58	477,58	477,58	477,58	477,58	477,58	477,58	477,58	477,58	457,39	537,66	499,62	534,17	
119	124,21	124,21	124,21	124,21	124,21	124,21	124,21	124,21	124,21	2,81	6,05	5,59	5,99	
120	507,72	507,72	507,72	507,72	507,72	507,72	507,72	507,72	507,72	925,68	825,82	973,12	1028,06	
8	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	123,68	187,15	239,67	239,35	128,74
37	237,69	237,69	237,69	237,69	237,69	237,69	237,69	237,69	237,69	244,22	274,95	285,01	278,86	297,54
79	120,9	120,9	120,9	120,9	120,9	120,9	120,9	120,9	240,72	2,13	127,13	1,73	1,85	
88	21	4	20	37	29	23	19	16,68	24,23	25,11	19,14	25,03		
96	64,59	64,59	64,59	64,59	64,59	64,59	64,59	64,59	70,41	73,41	87,72	81,37	100,91	

## 5 priedas. 10 kW PREMIUM20 saulės elektrinė su optimizatoriais



### Saulės modulis stiklas/plastikas 325 W SOLITEK STANDARD BLACK:

Kaina: 170.00€. Galios likučio garantija 80% po 25 metų.

Pagrindiniai parametrai:

- GALIA – 325 W
- IŠMATAVIMAI (MM) – 1650/1640 x 992 x 35
- SVORIS – 19 kg
- CELIŲ IŠDĖSTYMAS – 6 x 10
- CELIŲ TIPAS – monokristalas
- PRIEKIS – 3.2 mm grūdintas stiklas
- RĖMAS – juodas rėmas
- MAKSIMALIOS VĖJO/SNIEGO APKROVOS – 1600Pa / 5330Pa.
- KONTAKTŲ DĖŽUTĖ – IP67

— INVERTERIS SOLAREGE SE10K-00E, 10000W, 3F inverteris (trijų fazių) sujungia modernią skaitmeninio valdymo technologiją su efektyvia galios keitimo architektūra, norint pasiekti puikų saulės energijos išgavimą ir aukščiausios klasės patikimumą.

— Fiksuotos įtampos technologija užtikrina, kad inverteris visada dirba su optimalia jėgimo įtampa, nepriklausomai nuo modulių skaičiaus ar aplinkos sąlygų. Integruotas duomenų stebėjimo imtuvas, kuris kaupia kiekvieno modulio našumo duomenis.

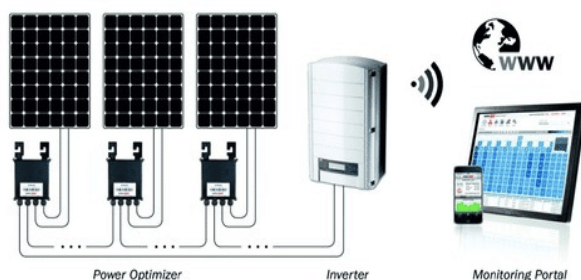
— Šie duomenys perduodami internetu, kad per „SolarEdge“ stebėjimo platformą, galėtumėte analizuoti duomenis, aptikti gedimus ir pašalinti PV sistemų triktis.

— Paprastas inverterio paleidimas naudojant „Inverter SetApp“ „SolarEdge“ trijų fazių keitiklių asortimentas turi išmanųjį naują paleidimo metodą.

— Inverterio paleidimas atliekamas tiesiogiai per išmanųjį telefoną, naudojant intuityvią „SetApp“ mobiliąją programą.



**solar**edge



SolarEdge inverterio privalumai:

- Inverteriai, specialiai sukurti darbui su „SolarEdge“ galios optimizatoriais;
- 3kW – 10kW gyvenamosioms sistemoms;
- Aukščiausias efektyvumas;
- Puikus patikimumas su standartinė 12 metų garantija (galima pratęsti iki 20 ar 25 metų);
- Mažas, lengvas ir lengvai montuojamas;
- Greitas ir lengvas inverterio paleidimas

tiesiai iš savo išmaniojo telefono, naudojant „SolarEdge SetApp“; — Integruotas modulio lygio stebėjimo imtuvas;

— IP65 – tinka montuoti lauke ir viduje.

## 6 priedas. A gaminančio vartotojo diskonto skaičiavimo rezultatai

Metai	Investicijos, Eu	Norma 3%		Norma 5%		Norma 7%	
		Išlaidų srauto vertė, Eu	Pajamų srauto vertė, Eu	Išlaidų srauto vertė, Eu	Pajamų srauto vertė, Eu	Išlaidų srauto vertė, Eu	Pajamų srauto vertė, Eu
0	8711,8	8711,80	547,14	8711,80	547,14	8711,80	547,14
1	951,8	924,08	531,20	906,48	521,09	889,53	511,35
2	951,8	897,16	515,73	863,31	496,27	831,34	477,89
3	951,8	871,03	500,71	822,20	472,64	776,95	446,63
4	951,8	845,66	486,13	783,05	450,13	726,12	417,41
5	951,8	821,03	471,97	745,76	428,70	678,62	390,10
6	0	0,00	458,22	0,00	408,28	0,00	364,58
7	0	0,00	444,87	0,00	388,84	0,00	340,73
8	0	0,00	431,92	0,00	370,33	0,00	318,44
9	0	0,00	419,34	0,00	352,69	0,00	297,61
10	0	0,00	407,12	0,00	335,90	0,00	278,14
11	0	0,00	395,27	0,00	319,90	0,00	259,94
12	1890	1325,61	383,75	1052,42	304,67	839,18	242,94
13	0	0,00	372,58	0,00	290,16	0,00	227,04
14	0	0,00	361,72	0,00	276,34	0,00	212,19
15	0	0,00	351,19	0,00	263,18	0,00	198,31
16	0	0,00	340,96	0,00	250,65	0,00	185,34
17	0	0,00	331,03	0,00	238,72	0,00	173,21
18	0	0,00	321,39	0,00	227,35	0,00	161,88
19	0	0,00	312,03	0,00	216,52	0,00	151,29
20	0	0,00	302,94	0,00	206,21	0,00	141,39
21	0	0,00	294,11	0,00	196,39	0,00	132,14
22	0	0,00	285,55	0,00	187,04	0,00	123,50
23	0	0,00	277,23	0,00	178,13	0,00	115,42
24	1890	929,75	269,16	586,03	169,65	372,61	107,87
25	0	0,00	261,32	0,00	161,57	0,00	100,81
26	0	0,00	253,71	0,00	153,88	0,00	94,22
27	0	0,00	246,32	0,00	146,55	0,00	88,05
28	0	0,00	239,14	0,00	139,57	0,00	82,29
29	0	0,00	232,18	0,00	132,93	0,00	76,91
30	0	0,00	225,41	0,00	126,60	0,00	71,88
Suma:		15326,13	11271,33	14471,05	8958,02	13826,16	7336,62
Grynoji vertė:		-4054,80		-5513,02		-6489,53	

**7 priedas. B gaminančio vartotojo diskonto skaičiavimo rezultatai**

Metai	Investicijos, Eu	Norma 3%		Norma 5%		Norma 7%	
		Išlaidų srauto vertė, Eu	Pajamų srauto vertė, Eu	Išlaidų srauto vertė, Eu	Pajamų srauto vertė, Eu	Išlaidų srauto vertė, Eu	Pajamų srauto vertė, Eu
0	8711,8	8711,80	1042,85	8711,80	1042,85	8711,80	1042,85
1	951,8	924,08	1012,48	906,48	993,19	889,53	974,63
2	951,8	897,16	982,99	863,31	945,90	831,34	910,87
3	951,8	871,03	954,36	822,20	900,85	776,95	851,28
4	951,8	845,66	926,56	783,05	857,96	726,12	795,59
5	951,8	821,03	899,57	745,76	817,10	678,62	743,54
6	0	0,00	873,37	0,00	778,19	0,00	694,89
7	0	0,00	847,93	0,00	741,13	0,00	649,43
8	0	0,00	823,24	0,00	705,84	0,00	606,95
9	0	0,00	799,26	0,00	672,23	0,00	567,24
10	0	0,00	775,98	0,00	640,22	0,00	530,13
11	0	0,00	753,38	0,00	609,73	0,00	495,45
12	1890	1325,61	731,43	1052,42	580,70	839,18	463,04
13	0	0,00	710,13	0,00	553,05	0,00	432,75
14	0	0,00	689,45	0,00	526,71	0,00	404,44
15	0	0,00	669,37	0,00	501,63	0,00	377,98
16	0	0,00	649,87	0,00	477,74	0,00	353,25
17	0	0,00	630,94	0,00	454,99	0,00	330,14
18	0	0,00	612,56	0,00	433,33	0,00	308,54
19	0	0,00	594,72	0,00	412,69	0,00	288,36
20	0	0,00	577,40	0,00	393,04	0,00	269,49
21	0	0,00	560,58	0,00	374,32	0,00	251,86
22	0	0,00	544,26	0,00	356,50	0,00	235,38
23	0	0,00	528,40	0,00	339,52	0,00	219,99
24	1890	929,75	513,01	586,03	323,35	372,61	205,59
25	0	0,00	498,07	0,00	307,96	0,00	192,14
26	0	0,00	483,56	0,00	293,29	0,00	179,57
27	0	0,00	469,48	0,00	279,33	0,00	167,83
28	0	0,00	455,81	0,00	266,02	0,00	156,85
29	0	0,00	442,53	0,00	253,36	0,00	146,59
30	0	0,00	429,64	0,00	241,29	0,00	137,00
Suma:		15326,13	21483,17	14471,05	17074,01	13826,16	13983,62
Grynoji vertė:		6157,04		2602,96		157,46	

## 8 priedas. A ir B gaminančių vartotojų balanso (atsiperkamumo) skaičiavimo rezultatai

Metai	A nutoles gaminantis vartotojas		B nutoles gaminantis vartotojas	
	Balansas su paskola, Eu	Balansas be paskolos, Eu	Balansas su paskola, Eu	Balansas be paskolos, Eu
0	-8711,80	-7760,00	-8711,8	-7760
1	-9071,14	-7212,86	-8575,43	-6717,15
2	-9387,31	-6665,72	-8395,89	-5674,30
3	-9662,37	-6118,58	-8175,24	-4631,45
4	-9898,28	-5571,44	-7915,44	-3588,60
5	-10096,90	-5024,30	-7618,35	-2545,75
6	-9549,76	-4477,16	-6575,50	-1502,90
7	-9002,62	-3930,02	-5532,65	-460,05
8	-8455,48	-3382,88	-4489,80	582,80
9	-7908,34	-2835,74	-3446,95	1625,65
10	-7361,20	-2288,60	-2404,10	2668,50
11	-6814,06	-1741,46	-1361,25	3711,35
12	-7319,34	-1194,32	-1370,82	4754,20
13	-6772,20	-647,18	-327,97	5797,05
14	-6225,06	-100,04	714,88	6839,90
15	-5677,92	447,10	1757,73	7882,75
16	-5130,78	994,24	2800,58	8925,60
17	-4583,64	1541,38	3843,43	9968,45
18	-4036,50	2088,52	4886,28	11011,30
19	-3489,36	2635,66	5929,13	12054,15
20	-2942,22	3182,80	6971,98	13097,00
21	-2395,08	3729,94	8014,83	14139,85
22	-1847,94	4277,08	9057,68	15182,70
23	-1300,80	4824,22	10100,53	16225,55
24	-1339,69	5371,36	10557,35	17268,40
25	-792,55	5918,50	11600,20	18311,25
26	-245,41	6465,64	12643,05	19354,10
27	301,73	7012,78	13685,90	20396,95
28	848,87	7559,92	14728,75	21439,80
29	1396,01	8107,06	15771,60	22482,65
30	1943,15	8654,20	16814,45	23525,50



9 priedas. A gaminančio vartotojo 2019 m. birželio mėn. vidutinė P+ galia, kW per valandą

Diena	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	
2019.06.01	0,000	0,040	0,040	0,041	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,059	0,490	1,228	1,267	1,299	1,245	
2019.06.02	0,074	0,075	0,103	0,411	0,021	0,000	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,020	0,041	0,041	0,041	
2019.06.03	0,041	0,041	0,041	0,041	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,041	0,041	0,040
2019.06.04	0,040	0,040	0,041	0,042	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,041	0,041	0,041
2019.06.05	0,041	0,041	0,041	0,042	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,022	0,041	0,041	0,041
2019.06.06	0,041	0,041	0,041	0,042	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,116	0,018	0,041	0,041	0,041
2019.06.07	0,041	0,041	0,041	0,042	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,176	1,480	1,419	0,359	0,102
2019.06.08	0,063	0,056	0,057	0,067	0,000	0,000	0,058	0,248	0,045	0,001	0,000	0,000	0,000	0,100	0,080	0,000	0,021	0,054	0,032	0,006	0,057	0,110	0,112	0,089	
2019.06.09	0,076	0,057	0,059	0,069	0,037	0,005	0,002	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,064	0,059	0,055
2019.06.10	0,056	0,066	0,055	0,055	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,063	0,011	0,058	0,063	0,054	
2019.06.11	0,054	0,054	0,064	0,057	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,111	0,055	0,054	0,054
2019.06.12	0,066	0,054	0,054	0,055	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,181	0,055	0,055	0,062
2019.06.13	0,060	0,055	0,055	0,069	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000		0,001	0,051	0,079	0,084	
2019.06.14	0,071	0,081	0,073	0,071	0,053	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,136	0,533	1,136	1,303	0,721	0,102	0,068	
2019.06.15	0,071	0,068	0,063	0,069	0,000	0,000	0,000	0,026	0,133	0,051	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,015	0,135	0,217	0,762	0,731	0,114	0,108	0,117	
2019.06.16	0,080	0,083	0,069	0,061	0,002	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,008	0,000	0,003	0,003	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,011	0,056	0,062	0,060	
2019.06.17	0,054	0,054	0,060	0,062	0,007	0,009	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,018	0,062	0,055	0,054	
2019.06.18	0,054	0,062	0,058	0,053	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,056	0,064	0,056	
2019.06.19	0,054	0,054	0,054	0,063	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,022	0,055	0,058	0,063	
2019.06.20	0,054	0,054	0,058	0,061	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,018	0,056	0,054	0,058
2019.06.21	0,064	0,054	0,054	0,056	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,066	0,054	0,054
2019.06.22	0,054	0,066	0,054	0,055	0,032	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,068	0,053	0,053
2019.06.23	0,053	0,065	0,055	0,050	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,027	0,057	0,054	0,053
2019.06.24	0,053	0,064	0,055	0,054	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,054	0,062	0,056
2019.06.25	0,053	0,053	0,054	0,061	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,058	0,156	0,053	0,053	0,053	
2019.06.26	0,059	0,059	0,053	0,054	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,058	0,059	0,054	0,054
2019.06.27	0,057	0,063	0,054	0,055	0,030	0,007	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,053	0,070	0,042	0,055	0,054	0,065	
2019.06.28	0,054	0,054	0,053	0,060	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,089	0,087	0,092	0,088
2019.06.29	0,087	0,089	0,061	0,054	0,001	0,000	0,000	0,000	0,152	0,334	0,139	0,156	0,197	0,010	0,000	0,195	0,009	0,002	0,000	0,004	0,050	0,113	0,091	0,094	
2019.06.30	0,087	0,058	0,054	0,054	0,009	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,006	0,009	0,000	0,003	0,000	0,019	0,056	0,061	0,062	

**10 priedas. A gaminančio vartotojo 2019 m. birželio mėn. vidutinė P- galia, kW per valandą**

Diena	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
2019.06.01	0,000	0,000	0,000	0,000	0,082	0,533	1,302	1,667	3,489	3,924	5,091	5,758	5,687	5,438	4,180	3,893	3,427	2,978	1,627	0,180	0,002	0,000	0,000	0,000
2019.06.02	0,000	0,000	0,000	0,000	0,196	1,513	2,501	3,270	3,587	2,998	4,505	5,504	5,667	5,354	5,061	4,422	3,748	2,982	1,982	0,840	0,030	0,000	0,000	0,000
2019.06.03	0,000	0,000	0,000	0,000	0,471	1,903	2,900	3,386	3,872	4,963	5,513	5,720	5,696	5,386	4,863	4,166	3,556	3,070	2,220	0,996	0,026	0,000	0,000	0,000
2019.06.04	0,000	0,000	0,000	0,000	0,497	2,142	2,889	3,333	3,804	4,603	5,254	5,611	5,645	5,372	4,747	4,017	3,451	2,802	2,250	0,982	0,030	0,000	0,000	0,000
2019.06.05	0,000	0,000	0,000	0,000	0,486	2,081	2,829	3,276	3,755	4,524	5,175	5,483	5,461	3,998	4,686	3,911	2,909	2,523	1,894	0,303	0,018	0,000	0,000	0,000
2019.06.06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,389	1,849	2,664	3,198	3,606	4,371	4,124	5,525	4,953	4,498	4,747	4,344	1,524	0,519	0,507	0,204	0,017	0,000	0,000	0,000
2019.06.07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,398	1,919	2,911	3,145	3,616	4,385	5,163	3,775	4,467	3,324	0,311	1,740	2,014	2,558	2,172	0,118	0,009	0,000	0,000	0,000
2019.06.08	0,000	0,000	0,000	0,000	0,482	1,891	2,462	2,164	2,623	4,088	5,054	5,079	5,315	4,052	3,690	3,845	2,994	1,367	0,927	0,713	0,012	0,000	0,000	0,000
2019.06.09	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,147	0,329	2,247	3,773	3,586	3,992	5,423	5,776	5,603	5,040	4,082	3,350	3,136	2,388	1,133	0,040	0,000	0,000	0,000
2019.06.10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,538	1,990	2,836	3,358	3,873	4,512	5,407	5,589	5,499	5,314	4,691	4,145	3,338	2,317	1,073	0,273	0,086	0,000	0,000	0,000
2019.06.11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,362	0,863	2,348	3,137	3,622	4,378	5,056	5,427	5,200	4,487	3,284	3,761	3,016	2,672	1,828	0,648	0,034	0,000	0,000	0,000
2019.06.12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,304	1,639	2,455	3,023	3,519	4,257	4,931	5,074	5,317	4,489	4,503	3,861	3,235	1,484	0,747	1,049	0,075	0,000	0,000	0,000
2019.06.13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,321	1,547	2,405	2,974	3,484	4,069	4,897	4,262	2,664	2,064	1,496	2,737	1,685	0,617	0,152		0,000	0,000	0,000	0,000
2019.06.14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,351	1,931	2,239	1,879	4,307	4,790	4,664	5,148	4,089	3,903	3,473	3,429	2,661	1,278	0,275	0,030	0,000	0,000	0,000
2019.06.15	0,000	0,000	0,000	0,003	0,457	1,910	2,555	3,171	2,469	3,197	4,224	5,183	5,572	4,851	4,282	3,756	3,584	2,588	1,660	0,821	0,032	0,000	0,000	0,000
2019.06.16	0,000	0,000	0,000	0,006	0,238	0,608	0,672	0,747	0,225	0,000	1,128	0,605	1,012	0,516	0,957	2,837	3,381	2,329	2,109	0,889	0,125	0,000	0,000	0,000
2019.06.17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,093	0,204	0,244	0,863	0,834	1,192	1,269	1,480	0,999	1,933	1,592	1,373	0,909	1,055	0,277	0,934	0,056	0,000	0,000	0,000
2019.06.18	0,000	0,000	0,000	0,001	0,525	2,123	2,874	3,349	3,847	4,650	5,294	5,697	5,728	5,515	4,854	4,255	3,587	3,047	2,353	1,283	0,053	0,000	0,000	0,000
2019.06.19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,249	1,856	2,890	3,306	3,773	4,551	5,204	5,623	5,387	5,366	4,829	3,991	3,283	2,777	2,279	1,301	0,058	0,000	0,000	0,000
2019.06.20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,116	0,181	0,892	1,490	1,178	4,086	4,049	5,299	5,348	4,794	4,344	2,183	1,699	1,536	0,907	0,229	0,086	0,000	0,000	0,000
2019.06.21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,116	0,391	2,646	2,190	3,414	2,835	3,609	2,582	2,085	2,543	3,114	1,943	1,752	0,904	1,392	0,447	0,032	0,000	0,000	0,000
2019.06.22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,217	0,861	2,559	3,784	4,403	4,774	5,628	5,522	5,357	4,731	4,336	3,614	3,049	2,248	1,232	0,056	0,000	0,000	0,000
2019.06.23	0,000	0,000	0,000	0,005	0,295	0,723	2,444	3,435	3,910	4,325	5,337	5,756	5,774	5,531	5,015	4,268	3,650	3,180	2,497	1,416	0,046	0,000	0,000	0,000
2019.06.24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,565	2,171	2,870	3,312	3,867	4,569	5,288	5,709	5,751	5,516	5,003	4,260	3,461	2,145	1,680	1,224	0,053	0,000	0,000	0,000
2019.06.25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,435	1,982	2,770	3,223	3,798	4,526	5,193	5,643	5,559	5,246	4,812	4,175	2,771	2,269	1,562	0,930	0,034	0,000	0,000	0,000
2019.06.26	0,000	0,000	0,000	0,000	0,504	1,432	2,189	2,891	3,522	4,183	3,922	4,610	4,229	4,481	3,375	3,382	2,957	1,792	1,832	0,662	0,013	0,000	0,000	0,000
2019.06.27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,116	0,357	0,072	0,284	1,276	1,076	1,438	2,307	2,269	3,251	2,184	2,994	2,449	2,394	1,079	0,168	0,002	0,000	0,000	0,000
2019.06.28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,111	1,690	3,035	2,842	3,666	2,781	3,867	4,454	4,840	5,446	5,329	4,302	3,980	3,323	2,484	1,145	0,049	0,000	0,000	0,000
2019.06.29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,460	0,809	1,101	2,521	2,231	2,119	2,929	2,905	2,014	2,804	2,624	0,914	1,168	0,688	0,445	0,260	0,001	0,000	0,000	0,000
2019.06.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,170	0,343	0,446	2,019	2,704	4,083	4,601	5,170	5,404	5,190	3,702	2,636	2,524	2,461	2,001	1,178	0,074	0,000	0,000	0,000

11 priedas. B gaminančio vartotojo 2019 m. birželio mėn. vidutinė P+ galia, kW per valandą

Diena	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
2019.06.01	0,208	0,160	0,336	0,206	0,137	0,019	0,015	0,019	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,600	0,738	0,721	1,281	0,162	0,177
2019.06.02	0,198	0,114	0,155	0,256	0,119	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,133	0,998	0,712	0,539	0,403	0,530	0,271
2019.06.03	0,151	0,166	0,250	0,193	0,046	0,030	0,166	0,714	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,010	0,300	1,629	1,073	0,492	0,377	0,197
2019.06.04	0,231	0,084	0,149	0,240	0,142	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,051	1,407	1,144	1,142	0,479	0,098
2019.06.05	0,208	0,212	0,163	0,113	0,171	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,005	0,002	0,173	0,003	0,057	0,072	0,156	0,303	0,205	0,136
2019.06.06	0,128	0,240	0,154	0,162	0,077	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,092	0,016	0,001	0,061	0,061	0,001	0,006	0,003	0,063	0,183	0,299	0,229	0,175
2019.06.07	0,234	0,231	0,160	0,214	0,227	0,028	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,450	1,595	1,262	1,303	0,645	0,198
2019.06.08	0,167	0,146	0,248	0,231	0,083	0,003	0,000	0,217	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,653	0,838	0,947	0,582	0,314	0,415	0,210
2019.06.09	0,154	0,179	0,157	0,144	0,131	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,008	0,900	0,808	0,425	0,261	0,248	0,142
2019.06.10	0,188	0,215	0,095	0,171	0,137	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,250	1,278	1,058	1,408	0,480	0,200
2019.06.11	0,223	0,350	0,637	0,490	0,385	0,078	0,032	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,005	0,000	0,101	0,266	0,313	0,507	0,490	0,388	0,459	0,531	0,252
2019.06.12	0,283	0,250	0,213	0,288	0,247	0,206	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,028	0,130	0,700	0,247	0,862	0,449	0,379
2019.06.13	0,253	0,203	0,270	0,285	0,185	0,012	0,009	0,000	0,060	0,011	0,000	0,538	0,188	0,000	0,000	0,000	0,006	0,005	0,084	0,227	0,248	0,255	0,437	0,328
2019.06.14	0,202	0,141	0,282	0,285	0,092	0,008	0,010	0,018	0,000	0,000	0,000	0,076	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,105	0,173	0,158	0,118	0,243
2019.06.15	0,178	0,149	0,162	0,217	0,075	0,001	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,006	0,000	0,023	0,133	0,467	0,307	0,234
2019.06.16	0,207	0,177	0,283	0,236	0,181	0,175	0,200	0,016	0,048	0,332	0,194	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,126	0,000	0,027	0,056	0,256	0,397	0,067	0,170
2019.06.17	0,270	0,103	0,104	0,271	0,166	0,057	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,074	0,003	0,040	0,051	0,186	0,174	0,279	0,206
2019.06.18	0,181	0,187	0,182	0,278	0,107	0,051	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,001	0,020	0,255	0,346	0,222	0,203
2019.06.19	0,192	0,098	0,173	0,202	0,126	0,042	0,039	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,719	0,948	0,723	0,623	0,603	0,269
2019.06.20	0,253	0,177	0,167	0,265	0,151	0,005	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,197	0,541	0,497	0,674	0,719	0,707	0,404	0,264	0,187
2019.06.21	0,249	0,191	0,151	0,209	0,141	0,003	0,000	0,002	0,002	0,002	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,018	0,423	1,191	0,985	0,654	0,257
2019.06.22	0,271	0,101	0,178	0,280	0,176	0,032	0,000	0,295	0,095	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,037	0,528	1,087	0,721	0,327	0,165	0,327	0,355
2019.06.23	0,118	0,174	0,192	0,164	0,127	0,017	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,019	1,118	1,037	0,791	0,556	0,234
2019.06.24	0,163	0,112	0,230	0,182	0,032	0,091	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,035	0,146	0,027	0,009	0,028	0,274	1,229	0,507	0,239
2019.06.25	0,178	0,268	0,209	0,246	0,166	0,060	0,044	0,026	0,000	0,006	0,002	0,000	0,000	0,000	0,119	0,006	0,146	0,001	0,065	0,809	1,527	1,039	1,337	0,801
2019.06.26	0,545	0,549	0,250	0,178	0,225	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,044	0,067	0,209	0,334	0,473	0,268
2019.06.27	0,180	0,300	0,212	0,176	0,253	0,178	0,424	0,609	0,008	0,000	0,002	0,000	0,001	0,002	0,101	0,380	0,298	0,247	0,251	0,307	0,406	0,857	0,513	0,236
2019.06.28	0,215	0,301	0,195	0,228	0,249	0,074	0,304	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,066	0,005	0,075	0,669	1,516	1,044	0,740
2019.06.29	0,395	0,148	0,174	0,267	0,120	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,171	0,366	0,178	0,491	1,105	1,042	0,994	0,598	0,311	0,268
2019.06.30	0,206	0,110	0,217	0,251	0,080	0,000	0,000	0,000	0,004	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,264	0,352	0,476	0,431	0,714	0,470	0,372	0,286

12 priedas. B gaminančio vartotojo 2019 m. birželio mėn. vidutinė P- galia, kW per valandą

Diena	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
2019.06.01	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,231	0,916	1,463	3,215	5,965	7,203	7,640	7,559	7,225	6,295	4,938	3,046	1,190	0,556	0,129	0,021	0,000	0,000	0,000
2019.06.02	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,214	1,112	2,889	4,158	5,558	7,860	8,268	8,142	7,658	6,652	5,135	3,120	0,949	0,142	0,060	0,002	0,000	0,000	0,000
2019.06.03	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	0,149	0,992	2,412	5,428	6,605	6,509	7,163	7,047	6,496	5,848	4,948	2,995	0,816	0,130	0,051	0,009	0,000	0,000	0,000
2019.06.04	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,175	1,118	3,276	5,481	6,861	7,486	7,852	7,983	7,289	6,213	4,925	3,031	0,981	0,181	0,068	0,013	0,000	0,000	0,000
2019.06.05	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,149	1,137	3,154	4,909	6,054	7,287	7,525	7,377	6,272	5,433	4,580	1,864	1,218	0,221	0,074	0,009	0,000	0,000	0,000
2019.06.06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,276	1,091	2,998	4,826	5,466	6,669	5,921	6,949	6,798	4,141	1,147	1,882	0,894	0,326	0,128	0,014	0,000	0,000	0,000
2019.06.07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,163	1,022	3,031	5,077	6,429	6,118	6,983	5,872	4,575	5,215	2,321	0,728	1,016	0,342	0,052	0,005	0,000	0,000	0,000
2019.06.08	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	0,248	1,035	2,065	4,685	6,183	6,384	6,071	7,658	7,245	5,072	4,806	1,974	0,704	0,183	0,088	0,000	0,000	0,000	0,000
2019.06.09	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,229	1,181	3,371	5,247	6,599	7,546	7,784	7,622	7,283	6,385	4,873	3,037	0,976	0,149	0,069	0,005	0,000	0,000	0,000
2019.06.10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,167	1,241	2,950	4,189	5,839	7,557	7,812	7,615	7,189	6,299	4,472	3,047	0,969	0,330	0,097	0,010	0,000	0,000	0,000
2019.06.11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,379	1,052	2,575	4,641	5,932	6,378	7,301	6,710	6,399	5,414	3,239	2,305	0,824	0,204	0,096	0,016	0,000	0,000	0,000
2019.06.12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,114	0,926	2,968	4,960	6,101	7,070	7,400	7,217	6,895	6,048	4,702	2,637	0,813	0,321	0,112	0,017	0,000	0,000	0,000
2019.06.13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,039	0,172	0,887	2,940	4,594	6,000	7,234	5,972	6,588	6,953	6,060	4,111	2,250	0,804	0,085	0,005	0,005	0,000	0,000	0,000
2019.06.14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,056	0,441	1,116	2,987	4,020	5,315	6,643	6,628	6,892	6,982	5,927	3,948	3,412	1,099	0,268	0,119	0,019	0,000	0,000	0,000
2019.06.15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,289	0,995	3,037	5,107	6,023	6,692	7,480	6,997	6,220	6,320	4,766	2,924	1,088	0,410	0,156	0,022	0,000	0,000	0,000
2019.06.16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,224	2,597	1,021	1,683	3,991	7,797	5,818	4,496	2,968	2,317	1,037	0,520	0,260	0,002	0,000	0,000	0,000
2019.06.17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,311	0,690	0,653	0,102	5,352	5,982	0,831	1,827	3,712	3,268	1,402	0,695	0,578	0,167	0,021	0,000	0,000	0,000
2019.06.18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,151	1,074	3,309	5,370	6,699	7,520	8,023	8,021	6,958	6,458	5,002	3,142	0,958	0,199	0,120	0,024	0,000	0,000	0,000
2019.06.19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,127	1,129	3,157	5,259	6,657	5,893	5,869	6,885	3,639	5,336	5,382	2,486	0,919	0,357	0,159	0,033	0,000	0,000	0,000
2019.06.20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,219	0,803	2,843	4,424	4,917	7,037	7,664	7,377	2,581	4,052	3,201	0,749	0,462	0,195	0,071	0,004	0,000	0,000	0,000
2019.06.21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,551	1,235	1,334	0,754	1,559	3,006	1,709	2,314	5,491	5,719	4,155	2,965	0,900	0,278	0,087	0,018	0,000	0,000	0,000
2019.06.22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,269	0,977	1,924	4,915	4,996	7,388	7,528	7,314	6,913	6,226	4,882	2,592	0,818	0,154	0,076	0,026	0,000	0,000	0,000
2019.06.23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,119	0,990	2,477	5,171	6,035	7,476	7,922	7,776	7,136	6,214	4,617	3,096	1,049	0,178	0,070	0,018	0,000	0,000	0,000
2019.06.24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,132	0,988	2,957	5,196	6,599	7,500	7,699	7,419	6,718	5,952	4,116	2,541	1,285	0,515	0,234	0,011	0,000	0,000	0,000
2019.06.25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,117	1,002	3,022	4,974	5,172	6,313	6,691	6,844	6,659	3,921	4,874	2,703	1,285	0,522	0,098	0,005	0,000	0,000	0,000
2019.06.26	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,271	0,889	2,669	4,707	5,425	5,016	5,092	6,692	3,956	4,812	3,927	1,803	1,063	0,385	0,171	0,000	0,000	0,000	0,000
2019.06.27	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,244	0,869	1,432	2,712	1,742	1,856	5,106	3,964	5,460	2,835	1,858	1,109	0,273	0,067	0,007	0,000	0,000	0,000
2019.06.28	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,142	1,016	3,097	5,391	5,342	6,694	4,869	7,103	6,388	5,462	2,605	2,109	0,912	0,271	0,065	0,008	0,000	0,000	0,000
2019.06.29	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,251	0,845	2,849	4,351	4,524	6,964	3,949	3,017	2,737	1,893	1,757	2,382	0,874	0,166	0,129	0,018	0,000	0,000	0,000
2019.06.30	0,000	0,000	0,000	0,000	0,052	0,283	0,912	2,856	4,712	5,211	6,539	7,274	7,321	6,921	6,129	4,346	2,332	0,995	0,161	0,059	0,002	0,000	0,000	0,000