



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumo tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Vytautas Laurinaitis

Projekto autorius

Prof. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė

Kaunas, 2024



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumo tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

Vytautas Laurinaitis

Projekto autorius

Prof. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė

Doc. prakt. Aistija Vaišnorienė

Recenzentė

Kaunas, 2024



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Vytautas Laurinaitis

Elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumo tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Vytautas Laurinaitis

Patvirtinta elektroniniu būdu

Laurinaitis, Vytautas. Elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumo tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė prof. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: paklausos elastingumas, kainos elastingumas, regresinė analizė, namų ūkiai.

Kaunas, 2024. 66 p.

Santrauka

Magistro baigiamojo darbo tikslas - atlikti elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumo vertinimą.

Elektros energijos paklausos ir kainos trumpalaikių elastingumų tyrimas buvo vertinamas atliekant regresinę ir koreliacinę analizes. Darbe vertinama elektros energijos kainos, BVP augimo, vienam gyventojui ir temperatūros kitimo įtaka elektros energijos paklausai. Vertinimas atliktas 300 namų ūkių skirstant pagal elektros energijos suvartojimo kiekį ir namų ūkio lokaciją. Apžvelgti metodai elektros energijos kainos elastingumo mažinimui ir efektyvesnio elektros energijos naudojimo metodai.

Teorinėje dalyje analizuojama elektros energijos paklausos ir kainos reikšmė energetikoje, trumpalaikiai ir ilgalaikiai elastingumai. Taip pat vertinama klimato, pajamų, lokacijos ir demografijos įtaka elastingumui. Analizuojamos elektros energijos elastingumo mažinimo priemonės.

Tiriamąjame dalyje buvo atlikti paklausos ir kainos elastingumo tyrimai namų ūkiams skirstant pagal metinį suvartojimo kiekį: iki 1000 kWh, nuo 1000 iki 5000 kWh ir virš 5000 kWh per metus. Taip pat namų ūkiai išskiriami į kaimo ir miesto vartotojus pagal namų ūkio lokaciją. Kainos elastingumo tyrimas atliekamas naudojant regresinės analizės metodą. Elektros energijos paklausos ryšių stiprumas su BVP, vienam gyventojui ir oro temperatūra nustatomas naudojant koreliacinę analizę.

Laurinaitis, Vytautas. Investigation of Elasticity of Electricity Demand in Households / supervisor prof. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): study field – energy engineering, study field group – engineering science.

Keywords: elasticity of demand, price elasticity, regression analysis, households.

Kaunas, 2024. 66 p.

Summary

The aim of the master's thesis is to do an assessment of the elasticity of electricity demand in households.

A study of short-term elasticity of electricity demand and prices was evaluated through regression and correlation analyses. The thesis evaluates the impact of electricity prices, GDP per capita growth, and temperature changes on electricity demand. The assessment was completed on 300 households, dividing into groups on electricity consumption levels and household location. Methods for reducing electricity price elasticity and promoting more efficient electricity use are reviewed.

The theoretical part analyzes the significance of electricity demand and prices in the energy sector, both short-term and long-term elasticities. Additionally, the impact of climate, income, location, and demographics on elasticity is assessed. Measures to reduce electricity elasticity are analyzed.

In the empirical part, studies were made on demand and price elasticity for households categorized by annual consumption: up to 1000 kWh, from 1000 to 5000 kWh, and above 5000 kWh per year. Additionally, households are classified into rural and urban consumers based on household location. Price elasticity analysis was made using regression analysis. The strength of the relationship between electricity demand and GDP, per capita changes, and temperature is determined using correlation analysis

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. Elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumą sąlygojančių veiksnių analizė	13
1.1. Paklausos elastingumo samprata	13
1.2. Elastingumo rūšys ir elastingumui įtaką darantys veiksniai.....	14
1.3. Elastingumo svarba ekonomikoje.....	15
1.4. Elektros energijos paklausos elastingumo svarba energetikoje.....	15
1.5. Elektros energijos kainos elastingumas	16
1.6. Elektros energijos paklausos elastingumas.....	17
1.7. Kiti elektros energijos paklausos elastingumui įtaką darantys veiksniai	18
1.8. Priemonės elektros energijos paklausos elastingumui mažinti	19
2. Elektros energijos paklausos ir kainos namų ūkiuose elastingumo tyrimo metodika	22
2.1. Tyrimo objektų aprašymas	22
2.2. Elektros energijos kainos elastingumo tyrimo metodas	23
2.3. Elektros energijos paklausos ir pajamų ryšio koreliacinė analizė	25
2.4. Elektros energijos paklausos ir oro temperatūros ryšio koreliacinė analizė.....	26
2.5. Elektros energijos paklausos elastingumo tyrimo metodas	27
2.6. Elektros energijos paklausos valdymo priemonių įtakos tyrimo metodas	28
2.7. Elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumo tyrimo schema.....	32
3. Elektros energijos paklausos elastingumo namų ūkiuose įvertinimas	34
3.1. Elektros energijos kainos elastingumo namų ūkiuose įvertinimas.....	34
3.2. Elektros energijos paklausos ryšio su BVP, vienam gyventojui, įvertinimas	40
3.3. Elektros energijos paklausos ryšio su oro temperatūra įvertinimas	43
3.4. Elektros energijos paklausos elastingumo įvertinimas.....	47
3.5. Elektros energijos paklausos valdymo priemonių įtakos įvertinimas	49
3.5.1. Tapimo gaminančiu vartotoju įtakos vertinimas	49
3.5.2. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos vertinimas	53
Išvados	56
Literatūros sąrašas	57
Priedai.....	61

1 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis BVP vienam vartotojui. (Vartojimo grupė iki 1000 kWh per metus)	61
2 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis BVP vienam vartotojui. (Vartojimo grupė nuo 1000 iki 5000 kWh per metus)	62
3 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis BVP vienam vartotojui. (Vartojimo grupė virš 5000 kWh per metus)	63
4 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis metų ketvirčio oro temperatūrai (Vartojimo grupė iki 1000 kWh per metus)	64
5 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis metų ketvirčio oro temperatūrai (Vartojimo grupė nuo 1000 iki 5000 kWh per metus)	65
6 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis metų ketvirčio oro temperatūrai (Vartojimo grupė virš 5000 kWh per metus)	66

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Prekių kainos elastingumas [4].....	14
2 lentelė. BVP, vienam gyventojui, palyginamosiomis kainomis [26].....	25
3 lentelė. Koreliacijos koeficientų reikšmės [24].....	26
4 lentelė. 2023 metų ketvirčių vidutinės oro temperatūros [28].	27
5 lentelė. 9,625 kW saulės elektrinės specifikacijos [37]	31
6 lentelė. Elektra gaminančių buitinių vartotojų naudojimo elektros tinklais kaina [38]	31
7 lentelė. Namų ūkio, suvartojančio iki 1000 kWh per metus, vartojimo duomenys.	36
8 lentelė. Namų ūkio, suvartojančio iki 1000 kWh per metus, regresinės analizės rezultatai.	36
9 lentelė. Namų ūkių, suvartojančių iki 1000 kWh per metus, kainos elastingumai.	37
10 lentelė. Namų ūkių, vartojančių nuo 1000 iki 5000 kWh per metus, kainos elastingumai.....	38
11 lentelė. Namų ūkių, vartojančių virš 5000 kWh per metus, kainos elastingumai.....	38
12 lentelė. Ketvirtiniai 2023 metų namų ūkio vartojimo kiekiai ir 2023 metų ketvirtiniai BVP, vienam gyventojui rodikliai.....	41
13 lentelė. Namų ūkių, vartojančių iki 1000 kWh per metus, paklausos koreliacija su BVP, tenkančiu vienam gyventojui.....	41
14 lentelė. Namų ūkių, vartojančių nuo 1000 iki 5000 kWh per metus, paklausos koreliacija su BVP, tenkančiu vienam gyventojui.....	41
15 lentelė. Namų ūkių, vartojančių virš 5000 kWh per metus, paklausos koreliacija su BVP, tenkančiu vienam gyventojui.....	42
16 lentelė. Ketvirtiniai 2023 metų namų ūkio vartojimo kiekiai ir 2023 metų ketvirtinė vidutinė oro temperatūra.	44
17 lentelė. Namų ūkių, vartojančių iki 1000 kWh per metus, paklausos ir oro temperatūros koreliacija.	44
18 lentelė. Namų ūkių, vartojančių nuo 1000 iki 5000 kWh per metus, paklausos ir oro temperatūros koreliacija.	45
19 lentelė. Namų ūkių, vartojančių virš 5000 kWh per metus, paklausos ir oro temperatūros koreliacija.	45
20 lentelė. Namų ūkių, vartojančių iki 1000 kWh per metus, paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu.	47
21 lentelė. Namų ūkių, vartojančių nuo 1000 kWh iki 5000 kWh per metus, paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu.	47
22 lentelė. Namų ūkių, vartojančių virš 5000 kWh per metus, paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu.	48
23 lentelė. Prognozuojamas teorinis saulės elektrinės energijos pagaminamas kiekis per metus ir teorinis pagaminamas kiekis, įvertinus momentinį suvartojimą.	50
24 lentelė. LCOE, pagal gaminančio vartotojo atsiskaitymo būdą.....	51

Paveikslų sąrašas

1 pav. Paklausos kreivė [2].	13
2 pav. Vidutinis elastingumas, skirtingą elektros energijos kiekį vartojančiuose, namų ūkiuose [10].	17
3 pav. Elektros energijos kainų kilimo palyginimas su elektros energijos kainos elastingumu PAR [11].	17
4 pav. Ryšys tarp ilgalaikio elektros energijos elastingumo, pajamų atžvilgiu ir energijos vartojimo efektyvumo balų [8].	20
5 pav. Airijos 2010 - 2015 m. kainų ir saulės elektrinių instaliuoto galingumo istoriniai duomenys [20].	20
6 pav. Vidutinis Didžiosios Britanijos namų ūkio elektros energijos suvartojimo profilis [21].	21
7 pav. Regresinės analizės modelio schema [23].	23
8 pav. Lietuvos elektros energijos suvartojimo struktūra, pagal ūkio sektorių [29].	28
9 pav. Paros vartojimo ir didmeninės kainos grafikas [32].	29
10 pav. Gaminančių vartotojų plėtra Lietuvoje [36].	30
11 pav. Tyrimo loginė schema.	33
12 pav. Garantinio tiekimo, standartinio tarifo, vienos laiko zonos kainos buitiniam vartotojui [39].	34
13 pav. „Nordpool“ elektros kainų grafikas [31].	35
14 pav. Iki 1000 kWh vartojimo grupės namų ūkio duomenų regresijos modelis.	37
15 pav. Pajamų atotrūkis tarp Vilniaus m. sav. ir kitų Lietuvos savivaldybių gyventojų [42].	39
16 pav. Elektros energijos kainos elastingumai tarp skirtingų vartojimo grupių ir namų ūkio lokacijos.	39
17 pav. Elektros energijos kainos elastingumai tarp skirtingų suvartojimo grupių.	40
18 pav. Vartojimo koreliacija su BVP, tarp skirtingų suvartojimo grupių ir namų ūkio lokacijų	42
19 pav. Vartojimo koreliacija su BVP tarp skirtingai vartojančių namų ūkių.	43
20 pav. 2023 metų ketvirčių vidutinės oro temperatūros [28].	43
21 pav. Vartojimo koreliacija su oro temperatūra, tarp skirtingų suvartojimo grupių ir namų ūkio lokacijos.	46
22 pav. Vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra tarp skirtingai vartojančių namų ūkių.	46
23. pav. Elektros energijos paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu, tarp skirtingų vartojimo grupių ir namų ūkių lokacijų.	48
24 pav. Elektros energijos paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu, tarp skirtingų suvartojimo grupių.	49
25 pav. Prognozuojamas kasmetinis elektros energijos vartojimo kiekio kitimas.	50
26 pav. Garantinio tiekimo kaina, lyginant su gaminančio vartotojo keturių atsiskaitymo būdų LCOE.	51
27 pav. Kainos elastingumų palyginimai įsirengus saulės elektrinę.	52
28 pav. Galutinio elektros energijos vartojimo struktūra, proc., ES namų ūkiuose [47].	53
29 pav. Galutinio elektros energijos vartojimo struktūra, kWh.	54

Santrumpų sąrašas

GV– gaminantis vartotojas

BVP – bendrasis vidaus produktas

EBPO – Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija

LCOE – svertiniai elektros energijos gamybos kaštai

Įvadas

Elektros energija yra viena iš prekių rūšių, priskiriamų prie pirmo būtinumo prekių, suteikiančių galimybę naudoti įvairius įrenginius – nuo apšvietimo ir šildymo iki elektronikos prietaisų. Elektros energija dažniausiai neturi pakaitalų, ją kita energijos rūšimi pakeisti yra techniškai sudėtinga ir brangu. Elektros energijos poreikis ir toliau auga visame pasaulyje, Tarptautinės Energetikos Agentūros duomenimis metinis elektros suvartojimas nuo 1990 iki 2020 m. pakilo beveik 2,3 karto nuo 10895 TWh iki 24902 TWh. Todėl tampa vis svarbiau analizuoti veiksnius, turinčius įtakos elektros energijos paklausai ir suprasti kaip ji svyruoja reaguodama į įvairius besikeičiančius veiksnius. Elektros energijos suvartojimo pokyčius, reaguojant į vieną ar kitą, vartojimui darantį įtaką veiksnių nusako paklausos elastingumo rodiklis.

Elektros energijos paklausos elastingumo namų ūkiuose tyrimai yra svarbūs, norint suprasti vartotojų reakciją į kainų, pajamų, klimatinių sąlygų ir kitų elektros energijos paklausą lemiančių veiksnių pokyčius. Elastingumas yra neatsiejamas, analizuojant ryšį tarp kainos pokyčių ir atitinkamo elektros paklausos kiekio pasikeitimo. Kainos elastingumas nusako, kaip elektros energijos paklausa kinta, esant jos kainos pokyčiams. Kainos elastingumo supratimas yra labai svarbus politikos formuotojams, energijos tiekėjams ir vartotojams, nes tai suteikia įžvalgų apie elektros paklausos jautrumą, esant kainų svyravimams.

Namų ūkiai sudaro didelę elektros vartotojų dalį. Tarptautinės Energetikos Agentūros duomenimis namų ūkių sektoriaus, pasaulio mastu, 2020 m. suvartojimas siekė apie 28 proc. viso elektros energijos suvartojimo, nusileisdamas tik pramonės sektoriui (42 proc. viso suvartojimo), todėl elastingumo tyrimas šiame kontekste yra ypač svarbus.

Tyrinėdami elektros paklausos elastingumą namų ūkiuose, mokslininkai gali nustatyti pagrindinius vartojimo elgseną lemiančius veiksnius ir kiekybiškai įvertinti, kiek paklausa reaguoja į kainų pokyčius ir kitus veiksnius. Šios žinios gali būti naudingos priimant sprendimus, pavyzdžiui, nustatant veiksmingas kainodaras, skatinant efektyvų energijos vartojimą.

Darbo aktualumas: elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumo tyrimas yra aktualus, nes padeda geriau suprasti, kaip namų ūkių elektros energijos paklausa reaguoja į kainų, pajamų, klimatinių sąlygų ir kitų elektros energijos paklausą lemiančių veiksnių pokyčius. Supratimas, kaip elektros energijos paklausa reaguoja į pokyčius padeda formuoti kainų politiką ir prognozuoti vartojimą.

Darbo tikslas - atlikti elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumo vertinimą.

Darbo uždaviniai:

1. atlikti paklausos ir kainos elastingumą namų ūkiuose sąlygojančių veiksnių analizę;
2. sudaryti elektros energijos paklausos ir kainos namų ūkiuose elastingumą tyrimo metodiką;
3. atlikti namų ūkių elektros energijos kainos elastingumo vertinimą;
4. atlikti namų ūkių elektros energijos paklausos elastingumo ir jį sąlygojančių veiksnių vertinimą;
5. išanalizuoti elektros energijos paklausos valdymo priemonių, tapimo gaminančiu vartotoju ir elektros energijos vartojimo efektyvumo didinimo, įtaką elastingumui.

Tyrimo metodai:

Literatūros analizė; regresinė analizė; koreliacinė analizė; svertiniai elektros energijos gamybos kaštai (LCOE).

Magistro darbo struktūra:

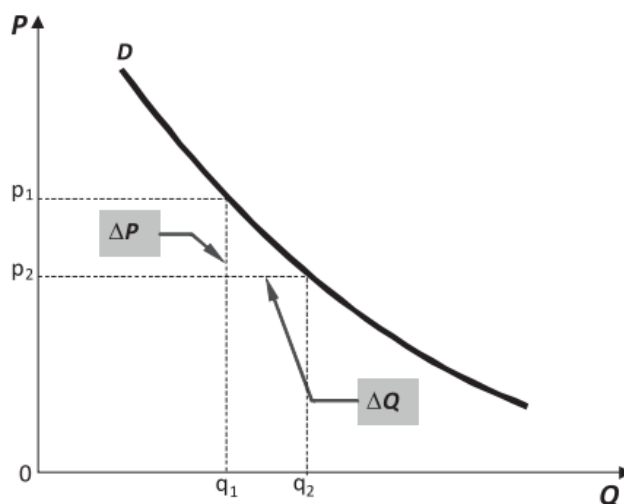
Baigiamasis darbas susideda iš santraukos, turinio, lentelių sąrašo, paveikslų sąrašo, santrumpų, įvado, teorinės dalies, metodologinės dalies, tiriamosios dalies, išvadų, literatūros sąrašo ir priedų. Teorinėje dalyje analizuojama elektros energijos paklausos ir kainos reikšmė energetikoje, trumpalaikiai ir ilgalaikiai elastingumų rodikliai. Taip pat vertinama klimato, pajamų, lokacijos ir demografijos įtaką elastingumui. Analizuojamos elektros energijos elastingumo mažinimo priemonės. Metodologinėje dalyje parengta elektros energijos kainos, paklausos namų ūkiuose elastingumų įvertinimo ir svertinių elektros energijos gamybos kaštų (LCOE) metodika. Tiriamojoje dalyje pritaikant sudarytą metodiką atliktas kainos ir paklausos namų ūkiams elastingumų įvertinimas. Išanalizuota elektros energijos paklausos valdymo priemonių įtaka elastingumui. Tyrimo rezultatai apibendrinti išvadose.

Darbo apimtis – 66 lapai, baigiamajame darbe pateikiamos 24 lentelės, 29 paveikslai, 49 literatūros šaltiniai ir 6 priedai.

1. Elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumą sąlygojančių veiksnių analizė

1.1. Paklausos elastingumo samprata

Kainų sistema prarastų svarbą, jeigu vartotojai, perkantys prekes ar paslaugas, nejaustų jokių pokyčių keičiantis kainoms ir nereaguotų į kainų svyravimus. Vien tik žinojimas, kad paklausa ir pasiūla reaguoja į kainų pokyčius, nesuteikia aiškumo apie šios reakcijos stiprumą. Kiekybinis vartotojų reakcijos įvertinimas, leidžia lengviau suprasti rinkos dėsnius.



1 pav. Paklausos kreivė [2].

Paklausos reakcijos dydį galima išreikšti skaitine verte. Nagrinėjant paklausos kreivės 1 grafiką galima pastebėti, kad kainos P pasikeitimas lemia paklausos Q kiekio pokytį, kuris kinta dydžiu ΔQ . Šis dydis yra laikomas kiekybine paklausos reakcijos į pasikeitusią kainą išraiška. Ekonomikos teorijoje paklausos kiekio pokyčiams įvertinti, keičiantis kainoms naudojamas dydis – elastingumas. Dėl visuomenėje naudojamų skirtingų matavimo vienetų iš paklausos kreivės būtų sunku nustatyti paklausos reakciją į kainos pokyčius, todėl dažniausiai naudojama bematė santykinio kiekio pokyčio, padalinto iš santykinio kainos pokyčio (procentais), reikšmė. Elastingumas žymimas raide E_d , o jo formulė:

$$E_d = \frac{\Delta Q_d \%}{\Delta P \%}; \quad (1)$$

Čia

E_d – paklausos elastingumo kainos atžvilgio koeficientas;

$\Delta Q_d\%$ – prekės paklausos kitimas, proc.;

$\Delta P\%$ – prekės kainos kitimas, proc.

Paklausos dėsnis nusako, kad augant kainai, mažėja vartojimas ir atvirkščiai. Kainos elastingumas, išskyrus išimtinius atvejus, yra neigiamas [3].

1.2. Elastingumo rūšys ir elastingumui įtaką darantys veiksniai

Kainai pasikeitus, keičiasi ir perkamų paslaugų arba prekių kiekis. Yra išskiriami penki paklausos elastingumo kainų atžvilgiu atvejai: vienetinis elastingumas, santykinis elastingumas, santykinis neelastingumas, absoliutusias elastingumas ir absoliutusias neelastingumas.

- Vienetinis elastingumas – kai tam tikras perkamų prekių kainos procentinis pokytis sukelia tokį patį perkamų prekių kiekio procentinį pokytį. $|E_d|= 1$;
- Santykinis elastingumas – kai tam tikras perkamų prekių kiekio procentinis pokytis yra didesnis už perkamų prekių kainos procentinį pokytį. Pavyzdžiui, jei kaina padidėja 5 proc. perkamų prekių kiekis sumažėja 15 proc. $|E_d|> 1$;
- Santykinis neelastingumas – kai tam tikras perkamų prekių kiekio procentinis pokytis yra mažesnis už perkamų prekių kainos procentinį pokytį. Pavyzdžiui, jei kaina padidėja 15 proc. perkamų prekių kiekis sumažėja 5 proc. $|E_d|< 1$;
- Absoliutus elastingumas – kai minimalus perkamų prekių kainos procentinis pokytis lemia didžiulį perkamų prekių kiekį procentinį pokytį. $|E_d|= \infty$;
- Absoliutus neelastingumas – kai perkamų prekių kainos procentinis pokytis neturi įtakos perkamų prekių kiekio procentiniam pokyčiui. $E_d= 0$ [3].

Įvairių prekių ir paslaugų elastingumo koeficientai $|E_d|$ kainos atžvilgiu pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Prekių kainos elastingumas [4].

Prekė	Elastingumo koeficientas
Užsienio kelionės	4,1
Vaisiai	1,5
Automobiliai	0,8-1,5
Elektros energija	0,2-1
Benzinas, nafta, dujos	<1

Žemiau pateikiami elastingumui darantys įtaką veiksniai:

Vartotojo gaunamų pajamų kiekis. Vartotojo pajamų dydis turi įtakos paklausos elastingumui. Dideles pajamas gaunančioms gyventojų klasėms, kainų kilimas ar kritimas neturi didelės įtakos prekių paklausai. Tuo tarpu mažas pajamas gaunančių gyventojų klasių atveju, paklausa yra elastinga ir kainų pasikeitimas, ypač padidėjimas, daro įtaką paklausos kiekiui.

Išleidžiamų pajamų dalis konkrečiai prekių ar paslaugų grupei. Kai kurioms prekėms, tokioms kaip degtukai, druska, vartotojas išleidžia labai nedidelę savo mėnesinių ar metinių pajamų dalį, tad net ir pakilus jų kainoms, šių produktų paklausa nesikeis arba keisis minimaliai. Tokių gaminių paklausa yra gana neelastinga. Pavyzdžiui, kelionės yra tokios paslaugos, kurioms namų ūkis gali išleisti nemenką dalį savo metinių pajamų, todėl pasididėjus šių paslaugų kainai, bus nemenkai paveikta jų paklausa.

Prekės būtinumas. Prekės paklausos elastingumą gali nulemti prekės kasdieninis būtinumas. Gyvenimui būtinų dalykų, tokių kaip elektra, dujos, paklausa yra neelastinga, nes jų vartojimas

yra būtinas normaliai gyvenimo kokybei palaikyti. Prabangos prekių paklausa yra labai elastinga, net ir nežymiai padidėjus jų kainai, paklausa labai krenta, nes jų reikalingumas yra abejotinas.

Pakaitalų egzistavimas. Pakaitalai arba substitutai yra prekės, kurios gali būti naudojamos vienos, vietoje kitų. Prekės, turinčios pakaitalus, turi elastingą paklausą. Pavyzdžiui, benzinas ir dyzelinas yra pakaitalai, jeigu dyzelino kaina stipriai padidėtų, žmonės ilgainiui pereitų prie benzinu ar elektra varomų automobilių ir dyzelino paklausa sumažėtų. Jeigu nėra artimų produkto ar paslaugos pakaitalų, jo paklausa laikoma neelastinga. Pavyzdžiui, elektros energija neturi artimų pakaitalų, pritaikomų buityje, todėl jo kainos elastingumas yra mažesnis.

Papildantys (komplementarūs) produktai. Vienos prekės paklausą gali veikti kitos prekės vartojimas ar prieinamumas. Pavyzdžiui, jei benzinas smarkiai pabrangtų, vartotojai gali sumažinti naudojamąsi asmeniniu automobiliu arba pereiti prie viešojo transporto, o tai gali sumažinti automobilių paklausą. Ir atvirkščiai, sumažėjus benzino kainai, vartotojai gali būti labiau linkę vairuoti ir galbūt įsigyti daugiau automobilių, o tai padidintų automobilių paklausą [5].

1.3. Elastingumo svarba ekonomikoje

Sritys, kuriose yra svarbus kainos elastingumas:

1. Tarptautinė prekyba. Jei valstybė eksportuoja elastingą paklausą turinčias prekes, sumažėjus prekių kainai, gali labiau padidėti paklausos kiekis ir eksportas gali tapti konkurencingesnis. Produktų paklausos elastingumo supratimas padeda suprasti ir koreguoti savo kainodaros strategijas, dėl konkurencinio pranašumo tarptautinėje prekyboje.
2. Kainodaros nustatymas. Paklausos elastingumo supratimas padeda nustatyti optimalią prekių ir paslaugų kainodaros strategiją. Elastinga paklausa rodo, kada vartotojai labai jautriai reaguoja į kainų pokyčius. Priešingai, neelastinga paklausa rodo, kada vartotojai yra mažiau jautrūs kainų pokyčiams. Atsižvelgdami į tai, gamintojai gali koreguoti kainas nedarant didelės įtakos paklausai.
3. Mokesčių politikos formavimas. Kainų elastingumo supratimas reikalingas formuojant valstybės mokesčių ir akcizų politiką. Būtina žinoti produktus ar paslaugas, kurių paklausa yra neelastinga, kad būtų galima taikyti mokesčius, siekiant surinkti pajamų, tuo pačiu nesukeliant didelio tų paslaugų ar prekių vartojimo sumažėjimo. Ir atvirkščiai, prekėms, kurios yra brangios ir jų paklausa yra elastinga, politikos formuotojai gali įgyvendinti priemones, skirtas skatinti vartojimą [6].

Apibendrinant, paklausos elastingumas yra svarbus, nes juo valstybė ir verslas vadovaujasi priimant sprendimus dėl kainodaros, pajamų didinimo strategijų, konkurencijos, politikos formavimo, prognozavimo. Elastingumo analizavimas suteikia vertingų įžvalgų apie pasiūlos ir paklausos dinamiką, leidžiančią įmonėms ir politikos formuotojams priimti pagrįstus sprendimus.

1.4. Elektros energijos paklausos elastingumo svarba energetikoje

Elektros energijos kainos elastingumas yra svarbus energetikos srityje dėl keleto priežasčių:

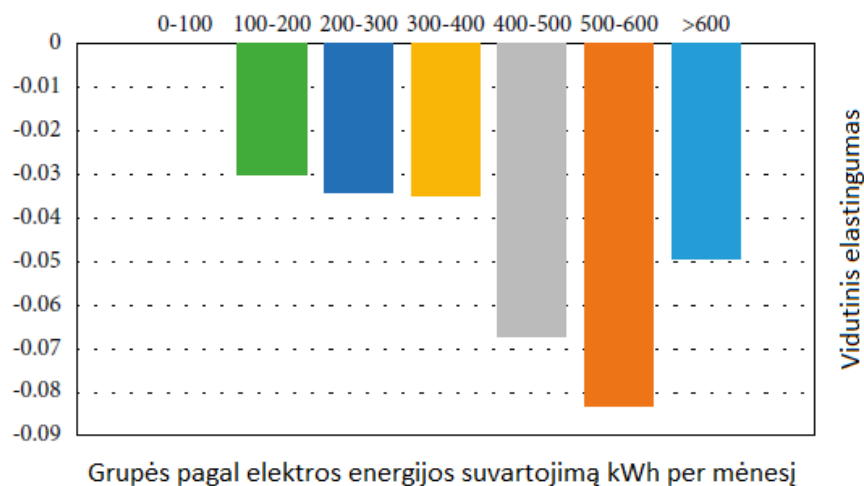
1. Rinkos supratimas. Elektros energijos kainos elastingumas padeda suprasti, kaip skirtingos vartotojų grupės reaguos į kainų pokyčius. Tai leidžia elektros energijos tiekėjams ir reguliuotojams geriau planuoti kainų pakeitimus.
2. Investicijų planavimas. Elektros energijos kainos elastingumas gali daryti įtaką investicijų planavimui į elektros energijos gamybos ir perdavimo objektus. Jei paklausa yra labai elastinga, tai gali reikšti didesnę riziką lygi investuotojams, nes kainų svyravimai gali turėti didelį poveikį pelningumui, ypač, jeigu elektros kainai padidėjus ženkliai kristų vartojimas [7].

1.5. Elektros energijos kainos elastingumas

Elektros energijos paklausa, dėl pakaitalų nebuvimo, vertinama kaip gana neelastinga, o tai reiškia, kad kainos pokyčiai turi santykinai nedidelę įtaką elektros energijos paklausai. Svarbu pažymėti, kad elektros energijos kainos elastingumai gali skirtis priklausomai nuo keleto veiksnių, tokių kaip regionas, konkrečios rinkos sąlygos ir t.t. Elastingumai taip pat priklauso nuo tyrimo laikotarpio. Elastingumo tyrimo laikotarpiai būna trumpalaikiai, apimantys laikotarpius nuo keleto dienų iki metų, nagrinėjantys laikinus veiksnius, galinčius turėti įtakos elektros energijos paklausai, arba ilgalaikiai, analizuojantys laikotarpius nuo vienerių metų iki keleto dešimtmečių, kai vartotojai turi daugiau laiko koreguoti savo elgesį, priimti investicinius sprendimus ir prisitaikyti prie pokyčių.

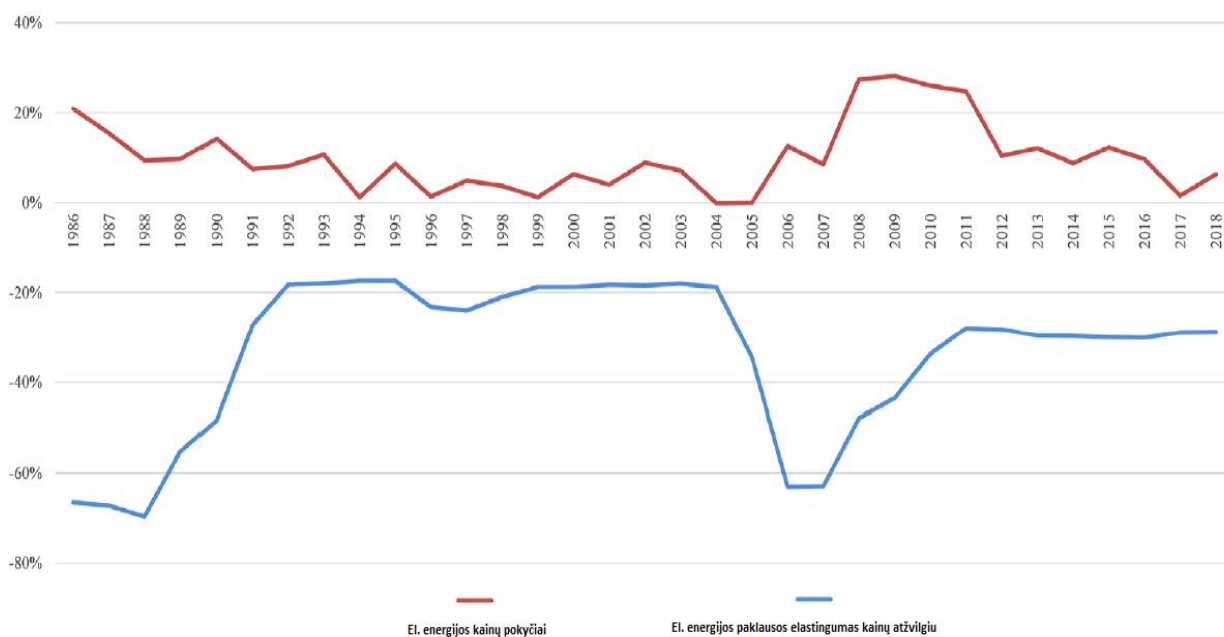
Elektros energijos kainų elastingumo tyrimai yra labai svarbūs svarstant tarifų politiką elektros energetikos sektoriuje. Analizuojant Lotynų Amerikos ir Karibų jūros šalių elektros energijos kainos elastingumą 2022 m. gyvenamųjų namų sektoriuje, rezultatai parodė, kad trumpuoju laikotarpiu, kainos elastingumas yra didesnis, pasikeitus kainai elektros energijos elastingumas svyruoja nuo -0,197 iki -0,468, o ilguoju laikotarpiu nuo -0,252 iki -0,331. Tai rodo, kad tiek tarifų didinimas, tiek subsidijų įgyvendinimas gali turėti didesnę poveikį trumpuoju laikotarpiu [9].

Dar vienas elektros energijos kainos elastingumo namų ūkiuose buvo atliktas Irane. Šioje šalyje net 33 proc. viso šalies elektros energijos suvartojimo kiekio suvartoja namų ūkių sektorius, todėl svarbu žinoti, apie vartotojų elgesį, pasikeitus elektros energijos kainai. Elektros energijos kaina Irane yra žema palyginus su kitomis pasaulio valstybėmis, nes valstybė taiko dideles subsidijas elektros energijai. Lyginant įvairius namų atsiskaitymo už elektros energiją tarifus, brangiausias tarifas nesiekė net 0,05 Eur/kWh. Įvedus elektros kainų diferenciaciją pikinėmis ir nepikinėmis elektros energijos paklausos valandomis, vartotojai nelabai reagavo į kainų pasikeitimą, nes kaina išliko labai maža. Iš tyrimo galime pastebėti, kad esant mažoms elektros energijos kainoms labai sunku keisti vartotojų vartojimo įpročius pagal elektros kainų diferenciaciją. Iš 2 paveikslo galime pastebėti, kad nesvarbu kiek kilovatvalandžių per mėnesį suvartoja vartotojas ir pagal kurį tarifą moką už elektros energiją, kainos elastingumas dėl mažų energijos kainų yra artimas nuliui ir kainų diferenciacija neturi realios įtakos vartojimui [10].



2 pav. Vidutinis elastingumas, skirtingą elektros energijos kiekį vartojančiuose, namų ūkiuose [10].

Elektros energijos kainos elastingumo tyrimas buvo atliktas Pietų Afrikos Respublikoje. Tyrejai nagrinėjo 1986-2018 m. laikotarpio namų ūkių suvartojimo duomenis. Tyrimo rezultatai, atvaizduoti 3 paveiksle, atskleidė 2 tendencijas. Pirmą, kad elektros kainų kilimas turėjo žymiai daugiau įtakos elektros energijos kainos elastingumui, negu elektros energijos kainos mažėjimas. Antrą, kad nuoseklus elektros energijos kainos didinimas gali padidinti kainos elastingumą [11].



3 pav. Elektros energijos kainų kilimo palyginimas su elektros energijos kainos elastingumu PAR [11].

Apibendrinant galima teigti, kad elektros energijos paklausa neelastinga kainai. Tai reiškia, kad elektros kainos pokyčiai turi ribotą įtaką vartotojų paklausai. Vartotojai yra linkę išlaikyti gana stabilų elektros vartojimo lygį, nepaisant kainų svyravimų.

1.6. Elektros energijos paklausos elastingumas

Elektros paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu, yra elektros energijos vartojimo reagavimo į pajamų lygio pokyčius, matas. Jis kiekybiškai įvertina procentinį elektros paklausos pokytį, susijusį su pajamų pokyčiu. Pavyzdžiui, jei apskaičiuotas elektros paklausos elastingumas pajamoms yra 0,5, tai reiškia, kad 1 proc. pajamų padidėjimas lemtų 0,5 proc. padidėjusį elektros energijos suvartojimą. Neigiamas pajamų elastingumas rodo, kad didėjant pajamoms elektros paklausa mažėja. Elektros paklausos elastingumui įtakos turi gyventojų pajamų lygis [12].

2020 m. buvo pristatytas tyrimas, kaip 1978-2013 metų duomenimis Ekonominio Bendradarbiavimo ir Plėtros Organizacijai (EBPO) priklausančiose valstybėse, didesnes pajamas gaunantys namų ūkiai elektros energijos paklausa reagavo į namų ūkio pajamų augimą, lyginant su vidutinės pajamas gaunančių šalių namų ūkiais. EBPO šalyje asmens vidutinės metinės pajamos buvo 2010 metų duomenimis buvo 29 415 JAV dolerių, o vidutinės pajamas gaunančių šalių metinės vidutinės asmens pajamos buvo 8 763 JAV dolerių. Aukštesnių pajamų EBPO šalyse namų ūkiai elektros energijos vidutinis paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu, buvo 0,6, o vidutinės pajamas gaunančių namų ūkių buvo 0,8. Tai parodo, kad augant pajamoms sparčiau vartojimas augdavo žemesnes pajamas gaunančių šalių namų ūkiuose [13].

Ekonomikos augimo įtaka elektros energijos vartojimo paklausai buvo apžvelgta tyrime atliktame Brazilijoje. Tyrime analizuojant 2004 - 2018 m. duomenis buvo pastebėta, kad elektros energijos paklausa yra neelastinga, ekonomikos augimo atžvilgiu (bendrojo vidaus produkto didėjimas priimtas kaip pajamų augimo rodiklis), t.y 1 proc. padidėjus BVP, bendras elektros suvartojimas greičiausiai padidėjo apie 0,475 proc. (trumpuoju laikotarpiu) ir 0,69 proc. (ilguoju laikotarpiu). Atsižvelgiant į šiuos duomenis, matome kad ilgalaikėje perspektyvoje pajamų augimas darė didesnę įtaką nei trumpalaikiu, nes vartotojai spėjo pakeisti savo įpročius pradėti naudoti daugiau elektros įrenginių [16].

Apibendrinant iš pavyzdžių matome, kad augant namų ūkių pajamoms, jie linkę vartoti daugiau elektros energijos. Elektros paklausos elastingumo, pajamų atžvilgiu supratimas yra svarbus, politikos formuotojams ir elektros energijos tiekėjams prognozuojant elektros energijos poreikį ir planuojant elektros energijos gamybos ir tiekimo infrastruktūros plėtrą.

1.7. Kiti elektros energijos paklausos elastingumui įtaką darantys veiksniai

2017 m. atliktas Portugalijoje buvo atliktas tyrimas, analizuojant 1610 namų ūkių duomenis, 1989-2010 m. laikotarpiu. Buvo lyginti kaimo ir miesto namų ūkių duomenys. Tiriant elastingumus kaimo ir miesto vietovėse, elektros energijos kainos elastingumas rodė, kad kaimo gyventojai yra jautresni kainų pokyčiams. Atitinkamai elektros energijos kainos elastingumas miesto vietovėse buvo -0,585, o kaimo vietovėse buvo -0,652. Tyrimo autoriai tai aiškina tuo, kad kaimo vietovėse lengviau prieinami energijos išteklių, pavyzdžiui mediena, taip pat dažniau galima rasti malkines krosnis, židinius ar dujines virykles. Taip pat buvo lyginamas elektros energijos pajamų elastingumas namų ūkiuose, pajamų atžvilgiu. Miesto vietovėse elektros energijos paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu, buvo 0,3, o kaimo vietovėse 0,35. Šis rezultatas rodo, kad kaimo vietovėse esantys namų ūkiai galimai vartoja daugiau elektros energijos, galimai įsigydami naujų įrenginių, išaugus pajamoms [14].

2020 m. Pietų Korėjoje atliktame tyrime išskiriama senėjančios populiacijos įtaka. Korėjoje vyresni nei 65 m. gyventojai sudaro trečdalį visos šalies gyventojų ir šio amžiaus segmento

elastingumo rodikliai daro nemenką įtaką bendram šalies namų ūkių kainos elastingumui. Dėl sunkesnės finansinės padėties, augant elektros energijos vartojimo kainoms, vyresni gyventojai yra linkę vartoti mažiau elektros energijos ir jų namų ūkių kainos elastingumas yra didesnis, lyginant su kitų amžiaus grupių vartotojais. Tyrime daroma prielaida, kad sparčiai senėjanti visuomenė daro įtaką šalies namų ūkių kainos elastingumo rodikliams [15].

Klimato sąlygos taip pat gali paveikti elektros energijos suvartojimą. Kai temperatūra svyruoja, vartotojai atitinkamai gali ar turi koreguoti šildymo ir vėsinimo prietaisų naudojimą. Esant šaltesniam orui, šildymo poreikis yra didesnis, o esant karštesniam auga oro kondicionavimo poreikis. Šie su temperatūra susiję paklausos pokyčiai gali turėti įtakos elektros energijos suvartojimo elastingumui. Indijos provincijos vietovėse atliktame tyrime, pastebėta, kad temperatūros padidėjimas vienu laipsniu padidina namų ūkio elektros energijos suvartojimą 90 Wh per savaitę, dėl oro kondicionavimo. Tai reiškia, kad šiose provincijose elektros energijos poreikis yra gana elastingas temperatūros pokyčiams ir nedideli temperatūros svyravimai gali sukelti vartojimo pokyčius. Taip pat tyrime siūloma, kad valdant elektros energijos paklausą būtų galima diferencijuoti elektros energijos kainas, padidinti elektros energijos kainas esant aukštesnėms oro temperatūroms ir didesnio paklausos sezono metu [17].

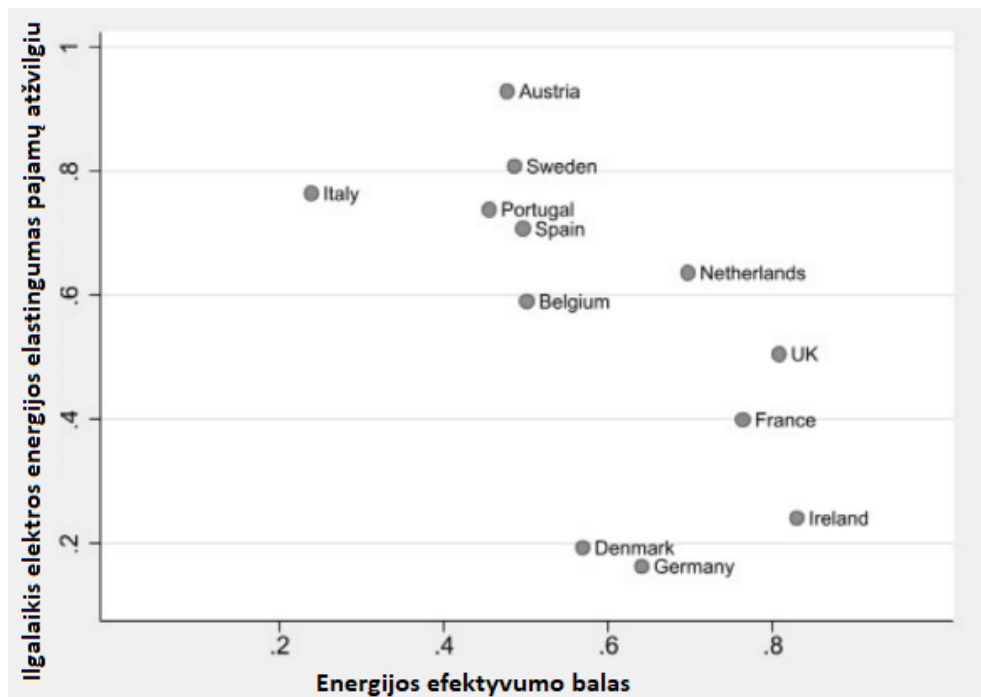
1.8. Priemonės elektros energijos paklausos elastingumui mažinti

Elektra energija paklausa paprastai nėra jautri kainų pokyčiams, o tai reiškia, kad elektros kainų pokyčiai neturi didelės įtakos elektros suvartojimui gyvenamuosiuose namuose. Todėl negalima vien didinant elektros kainas, su tikslu mažinti elektros suvartojimą gyvenamuosiuose namuose.

Kinijoje atlikto tyrimo duomenys rodo, kad gyventojų įpročiai turi didelę įtaką jų elektros energijos vartojimui. Elektros taupymo įpročių neturintys gyventojai per mėnesį vidutiniškai sunaudojo 15,54 kWh daugiau elektros, nei turintys tokių įpročių, kas sąlygoja, kad ilgalaikiu laikotarpiu turinčių taupymo įpročius kainos elastingumas gali būti žemesnis [18].

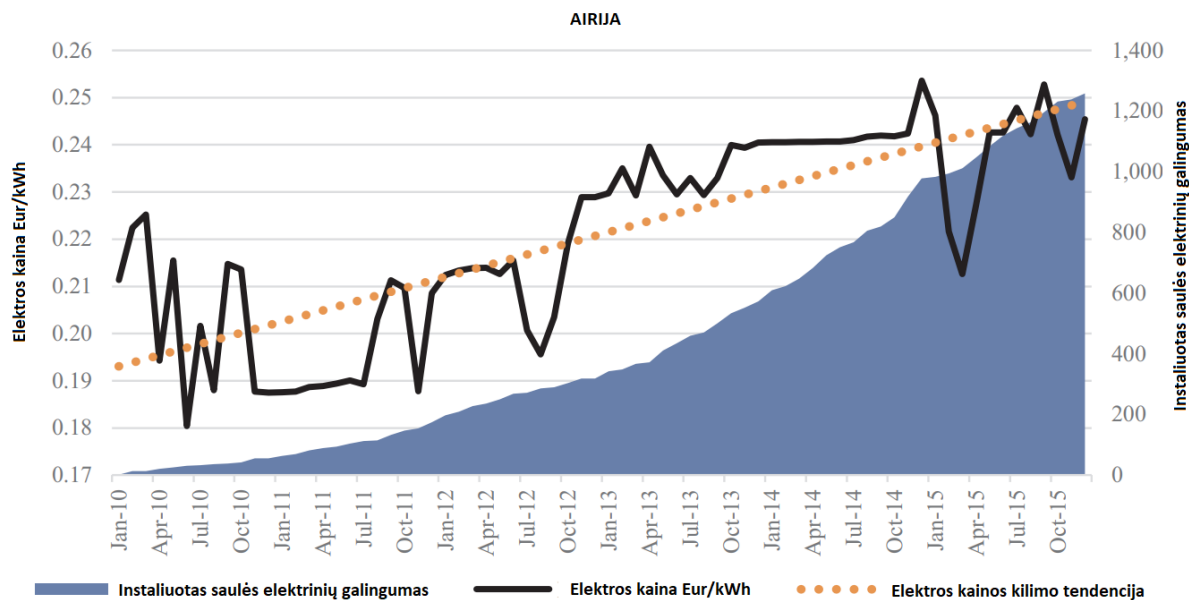
Taip pat tyrimas atliktas vienuolikoje EBPO priklausančių valstybių. Tyrime gautais vartotojų apklausų rezultatais vadovaujantis energijos taupymas, nekeičiant įpročių, elektros paklausą gali sumažinti 2- 4 proc. Iš to galima pastebėti, kad svarbu skatinti efektyviau vartoti energiją tuo pačiu mažinant priklausomybę nuo elektros energijos kainos [19].

Pateiktame 4 paveiksle matome, kad aukštesnius energijos efektyvumo balus turinčios šalys, tokios kaip Airija, JK ir Prancūzija, turi mažesnę ilgalaikę elektros energijos paklausos elastingumą, pajamų atžvilgiu. Šalys, turinčios žemesnius energijos efektyvumo balus, pavyzdžiui, Italija, Portugalija, Austrija ir Švedija, turi didesnę ilgalaikę elastingumą, pajamų atžvilgiu. Tai rodo, kad šalyse, kuriose vykdoma veiksminga energijos vartojimo efektyvumo politika, didėjant gyventojų pajamoms, elektros energijos suvartojimas didėja palyginti nedaug ir tai leidžia prognozuoti tokių namų ūkių vartojimą, bei palaikyti stabilesnes kainas tiekėjams, dėl mažesnio paklausos svyravimo.



4 pav. Ryšys tarp ilgalaikio elektros energijos elastingumo, pajamų atžvilgiu ir energijos vartojimo efektyvumo balų [8].

Airijoje atliktame tyrime analizuota, kaip pigesnės elektros energijos pasigimimas suteikia vartotojams didesnę atsparumą elektros energijų kainų didėjimui. Dėl sąlyginai pigesnės elektros energijos pasigaminimo poreikio 5 paveiksle pateikiamas Airijos atvejis, kaip augant elektros energijos kainai, augo, saulės elektrinių, įrengtų namų ūkiuose generuojama galia [20].

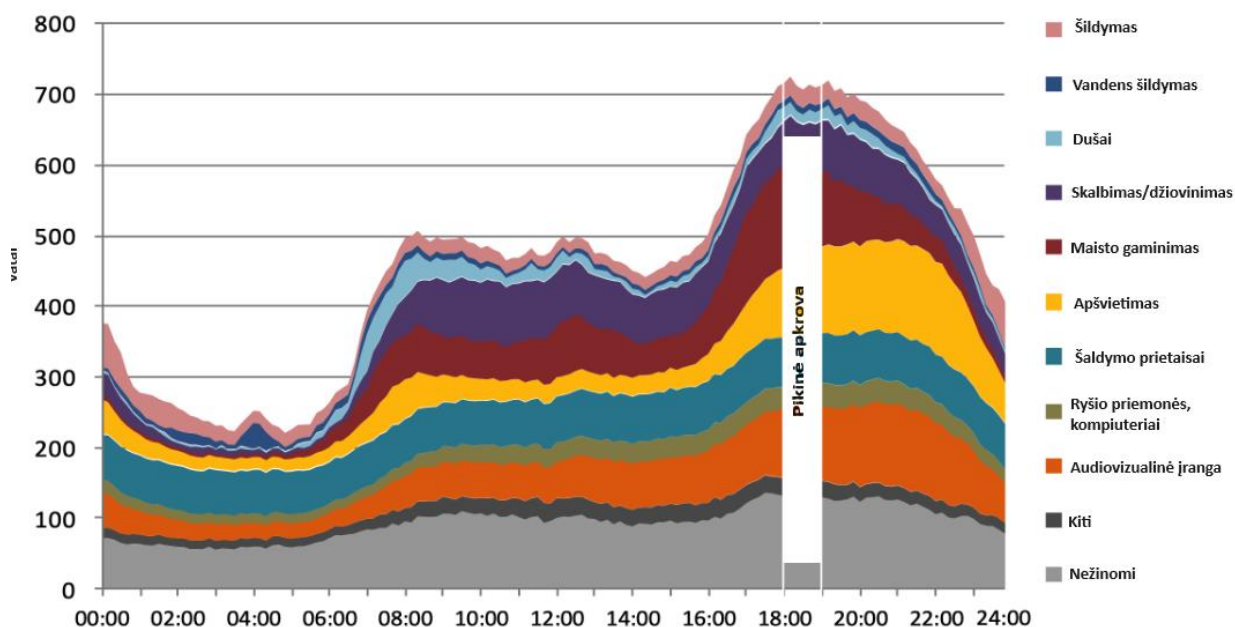


5 pav. Airijos 2010 - 2015 m. kainų ir saulės elektrinių instaliuoto galingumo istoriniai duomenys [20].

Namų ūkio elektros energijos paklausą sudaro įvairūs veikiantys elektros prietaisai, kurie nereguliariai naudojami namų ūkio gyventojų dienos veikloje. Namų ūkiuose naudojama įvairi buitinė technika, tokia kaip, maisto ruošimo prietaisai, skalbimo mašinos ir džiovyklės, šaldytuvai ir šaldikliai, mikrobangų krosnelės, orkaitės, skrudintuvai, drėkintuvai, kavos aparatai, televizoriai, telefonai, nešiojamieji kompiuteriai ir pan. 6 paveiksle pavaizduotas

Didžiosios Britanijos namų ūkio vidutinis elektros energijos dienos vartojimo profilis. Kuo didesnis vartojimo grafiko netolygumas, tuo namų ūkio vartojimo efektyvumas mažesnis. Suvaldyti elektros energijos paklausą galima didinant efektyvų elektros energijos vartojimą:

- Investuojant į prietaisus, turinčius aukštus energijos vartojimo efektyvumo rodiklius. Šie prietaisai sunaudoja mažiau elektros energijos, tuo pačiu užtikrindami tą patį funkcionalumo lygį;
- Gerinant savo gyvenamosios vietos šiluminę izoliaciją. Tinkama pastato izoliacija sumažina per didelio šildymo ar vėsinimo poreikį, todėl sutaupoma energija, kuri būtų reikalinga komfortiškai oro temperatūrai palaikyti;
- Diegiant elektros energiją įrenginių veikimą valdančias išmaniąsias technologijas. Tokios technologijos, padeda optimizuoti energijos naudojimą ir sumažinti elektros energijos vartojimą, nesumažinant komforto lygio [21].



6 pav. Vidutinis Didžiosios Britanijos namų ūkio elektros energijos suvartojimo profilis [21].

Elektros energija yra santykinai neelastinga, dėl savo būtinumo ir pakaitalų nebuvimo. Elastingumo rodiklis daugeliu atvejų yra mažesnis už 1. Išanalizavus veiksnius, turinčius įtakos elektros energijos elastingumui namų ūkiuose, galime pastebėti, kad elastingumui įtakos turi įvairūs veiksniai: kainų svyravimai, oro sąlygos, lokacija, energijos vartojimo efektyvumo gerinimas, vartojimo įpročiai ir ekonominė padėtis. Taip pat, matome, kad namų ūkiai į sąlygų pokyčius skirtingai reaguoja trumpuoju ir ilguoju laikotarpiu. Ilguoju laikotarpiu namų ūkiai spėja prisitaikyti prie paklausą sąlygojančių veiksnių. Norint skatinti efektyvią ir tvarią energijos vartojimo praktiką, patenkinti būsimus energijos poreikius ir sukurti aplinkai draugiškesnį energetikos sektorių, labai svarbu suprasti veiksnius, turinčius įtakos elektros energijos paklausos elastingumui namų ūkiuose.

2. Elektros energijos paklausos ir kainos namų ūkiuose elastingumo tyrimo metodika

Elektros energijos paklausos elastingumas yra vartotojų reakcija į tam tikrus veiksnius galinčius paveikti elektros energijos vartojimą. Žinoti, nuo ko priklauso elektros energijos vartojimo kiekių pasikeitimai, yra svarbu, nes galime identifikuoti būdus, kaip efektyviau naudoti energiją, sumažinti sąnaudas vartotojams ir t.t.

Elektros energijos kainos ir paklausos elastingumai yra ekonominiai rodikliai, kurie matuoja elektros energijos paklausos pasikeitimus atsižvelgiant į kainų, pajamų, ekonominės situacijos, oro sąlygų ir panašius pokyčius.

2.1. Tyrimo objektų aprašymas

Vertinant, kaip elektros energijos kainų, pajamų ir oro sąlygų kitimo pokyčiai veikia elektros energijos suvartojimą, tyrime išskiriamos trys namų ūkių vartotojų grupės, atsižvelgiant į suvartojamus metinius elektros energijos kiekius:

- 1) Namų ūkiai, suvartojantys mažiau nei 1000 kWh per metus.
- 2) Namų ūkiai, suvartojantys tarp 1000 iki 5000 kWh per metus.
- 3) Namų ūkiai, suvartojantys virš 5000 kWh per metus.

Trys skirtingos namų ūkio grupės išskiriamos dėl didesnio rezultatų tikslumo. Skirtingos namų ūkių grupės gali skirtingai reaguoti į veiksnius darančius įtaką paklausai, dėl savo vartojimo netolygumo ir skirtingos priklausomybės nuo elektros energijos. Į pirmą, iki 1000 kWh metinio suvartojimo grupę, patenka sodų bendrijose, daugiabučiuose esantys vartotojai. Į antrą, nuo 1000 iki 5000 kWh suvartojimo grupę, patenka nedidelių gyvenamųjų namų ūkiai, kurių šildymas nereikalauja elektros energijos. Į trečią, virš 5000 kWh suvartojančių per metus grupę, patenka individualiųjų gyvenamųjų namų ūkiai, naudojančius elektros energiją šildymui.

Analizuojant elastingumus taip pat tikslinga išskirti namų ūkius pagal lokaciją: **kaimo ir miesto**, atsižvelgiant į tai, kad yra skirtumas tarp vartotojų pajamų ir galimų elektros energijos alternatyvų. Literatūros analizėje pastebėta, kad kaimo elektros energijos vartotojai yra jautresni kainos pokyčiams, dėl mažesnių pajamų ir galimų pakaitalų. Kaimo namų ūkyje galime dažniau surasti prietaisų, kurie nereikalauja elektros energijos, tokių kaip dujinės viryklės, kieto kuro katilai ir panašiai.

Dėl duomenų vartojimo prieinamumo, analizei bus naudojami 2023 metų buitinių vartotojų išmaniųjų skaitiklių duomenys. Esant tokio laikotarpio duomenims, tyrime analizuojami tik trumpalaikiai kainų ir paklausos elastingumai. Trumpalaikio elastingumo tyrimai apima neilgesnį negu vienerių metų laikotarpį. Analizuojant trumpalaikius elastingumus galime pastebėti greitas vartotojų reakcijas į elektros energijos kainų ir pajamų pokyčius. Per trumpą laikotarpį vartotojai nespėja susirasti pakaitalų arba pakeisti įpročių. Ilgalaikiai elastingumai skaičiuojami ilgesniam laikotarpiui, nuo keleto metų iki kelių dešimčių metų. Atsižvelgiant, į tai, kad namų ūkių vartojimo duomenys nėra ilgesni nei metai, ilgalaikių paklausos ir kainų elastingumų įvertinti negalime [22].

Tyrimo imtis: 100 išmaniųjų skaitiklių suvartojimo ataskaitų namų ūkių grupei, suvartojančiai iki 1000 kWh per metus, 100 išmaniųjų skaitiklių suvartojimo ataskaitų namų ūkių grupei, suvartojančiai

nuo 1000 kWh iki 5000 kWh per metus, 100 išmaniųjų skaitiklių suvartojimo ataskaitų namų ūkių grupei, suvartojančiai virš 5000 kWh per metus.

Daroma prielaida, kad pirmoje ir antroje, tyrimo grupėse, pagal elektros energijos suvartojimą per metus, esantys vartotojai už elektros energiją atsiskaito visuomeninio tiekimo elektros energijos kainomis, o į trečią tyrimo grupę patenkantys vartotojai už elektros energiją atsiskaito pagal valandinę didmeninę elektros energijos kainą „Nord Pool“ elektros biržoje Lietuvos zonoje.

Analizuojant elektros energijos paklausos elastingumus išeliminuoti sezoniškumo faktorių negalime, nes suvartojimo duomenys yra tik 2023 metų. Elektros energijos paklausos elastingumų rezultatams pagrįsti, pajamų atžvilgiu, bus vertinami BVP, vienam vartotojui ir oro temperatūros ryšiai su energijos vartojimu 2023 metais, siekiant nustatyti veiksnių darantį daugiau įtakos paklausos elastingumo rezultatams.

2.2. Elektros energijos kainos elastingumo tyrimo metodas

Elektros energijos kainos elastingumas yra sąvoka, kuri apibūdina, kaip elektros energijos kainos pokyčiai gali paveikti elektros energijos paklausą.

$$E_p = \frac{\Delta Q\%}{\Delta P\%}; \quad (2)$$

Čia:

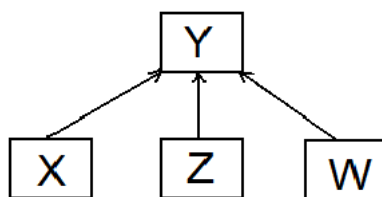
E_p – kainos elastingumo koeficientas;

$\Delta Q\%$ - suvartojamo elektros energijos kiekio pokytis, proc.;

$\Delta P\%$ - elektros energijos kainos pokytis, proc.

Elektros energijos kainos elastingumo nustatymui naudojamas regresinės analizės metodas. Regresinės analizės metodas leidžia nustatyti kintamųjų priklausomybę, šiuo atveju, tarp elektros energijos kainos ir elektros energijos paklausos. Regresinės analizės metodas yra tinkamas, kai elektros energijos suvartojimas, keičiantis elektros energijos kainai, nebūtinai kinta tiesiškai [9].

Regresinės analizės modelio schema pavaizduota 7 paveiksle:



7 pav. Regresinės analizės modelio schema [23].

Kintamasis Y, yra priklausomas nuo X, Z, W nepriklausomų kintamųjų. Formalaus regresinės analizės modelio matematinė išraiška pateikta 3 formulėje:

$$Y = C + b_1 X + b_2 Z + b_3 W + e; \quad (3)$$

Analizuojant elektros energijos kainos elastingumą, regresinės analizės modelio lygtis supaprastinama, nes turime du kintamuosius, nepriklausomąjį kintamąjį – kainą ir priklausomąjį

kintamąjį elektros energijos – suvartojimą. Supaprastinta regresinės analizės modelio lygtis išreiškiama 4 formulėje:

$$Y = C + b_1 X + e; \quad (4)$$

Čia:

Y – priklausomas kintamasis (elektros energijos vartojimas);

X – nepriklausomas kintamasis (elektros energijos kaina);

C ir b_1 – regresijos koeficientai;

e – paklaida.

Tiesinės regresijos analizė leidžia apskaičiuoti regresijos koeficientus C ir b_1 , kurie turi svarbų vaidmenį elektros energijos kainos elastingumo nustatyme.

- b_1 rodo, kiek energijos kainos padidėjimas darys įtakos elektros energijos vartojimui (elastingumo koeficientas).
- C yra postūmis, kuris nustato modelio pradinę vertę.

Modelio rezultate, regresijos koeficiento b_1 teigiama reikšmė parodo, kad augant kainai, auga elektros energijos vartojimas. Neigiama b_1 reikšmė parodo, kad augant kainai, mažėja elektros energijos vartojimas.

Tikslios tiesinės regresijos analizės modelio pritaikymas leidžia įvertinti, ar yra statistiškai reikšmingas ryšys tarp elektros energijos kainos ir jos vartojimo, bei nustatyti kainos elastingumo koeficientą, kuris parodo, kaip kintant elektros energijos kainai, kito elektros energijos vartojimas.

Pagal paklausos dėsnį, elektros energijos vartojimas turėtų mažėti, kai elektros kaina didėja. Tokiu atveju regresijos lygties b_1 koeficientas turėtų būti neigiamas. Remiantis tyrimais aprašytais 1.5 poskyryje, kad elektros energija yra neelastinga prekė b_1 koeficientas turėtų svyruoti ribose tarp 0 ir -1.

Regresinės analizės modeliuose itin dažnai naudojama logaritminė transformacija. Logaritminė transformacija yra reikalinga, kai duomenys nebūna normaliai pasiskirstę, ar turi didelę variaciją. Elektros energijos kaina ne visada daro įtaką elektros energijos suvartojimo pasikeitimui, ypač analizuojant namų ūkių suvartojimus, kurių vartojimo sezoniškumas yra labai ryškus, arba tokius atvejus, kai didmeninė elektros energijos kaina biržoje tam tikrą valandą padidėja keletą kartų, lyginant su praėjusios valandos kaina. Atliekant regresinę analizę ir siekiant didesnio kintamųjų panašumo į normaliuosius, kintamieji transformuojami. Logaritmuojant duomenis, galima pakeisti jų pasiskirstymą į daugiau normalų, kas gali pagerinti regresinės analizės rezultatus.

$$\text{Log}(Y) = C + b_1 \log(X) + e; \quad (5)$$

Regresinės analizės modelio tinkamumui bus vertinami tokie rodikliai:

- a) Determinacijos koeficientas R^2 (*R Square*). Determinacijos koeficientas – matuoja sudarytos regresijos lygties tinkamumą. Determinacijos koeficientas įgyja reikšmes nuo 0 iki 1. Didesnė determinacijos koeficiento reikšmė rodo didesnį modelio tinkamumą analizuojamiems duomenis. Tinkamu vertinami bus rezultatai, kurių determinacijos koeficientas didesnis už

0,5, kas parodo, kad daugiau nei 50 proc. modelio kintamųjų variacijos paaiškinamos pasirinktu modeliu.

- b) P reikšmė (*P value*). Ji parodo, ar hipotezė, jog vartojimas priklauso nuo elektros energijos kaina yra teisinga. Jeigu p reikšmė didesnė už 0,05, tai regresijos modelio tinkamumas labai abejotinas (faktiškai gauname, kad Y nepriklauso nuo X) [24].

Skaičiuojant elastingumus yra vertinami determinacijos koeficiento (*R Square*) ir P reikšmės (*P value*) rodikliai, nesant rezultatui rodiklių ribose rezultatas yra atmetamas.

Gauti kainos elastingumo rezultatai, palyginami pagal namų ūkio suvartojimo metinį kiekį ir namų ūkio lokaciją, bei pateikiami grafiškai.

2.3. Elektros energijos paklausos ir pajamų ryšio koreliacinė analizė

Paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu, yra ekonominis rodiklis, kuris matuoja, kaip elektros energijos vartotojų paklausa pasikeitė, pakitus jų pajamoms.

$$E_I = \frac{\Delta Q\%}{\Delta I\%}; \quad (6)$$

Čia:

E_I – pajamų elastingumo koeficientas;

$\Delta Q\%$ - elektros energijos suvartoto kiekio pokytis, proc.;

$\Delta I\%$ - BVP, vienam gyventojui, pokytis, proc.

Moksliniuose tyrimuose, analizuojant pajamų ir energijos vartojimo ryšį, vertinamas BVP, vienam gyventojui, rodiklio ir elektros energijos suvartojimo koreliacija [25].

Pajamų kitimo ryšiui tarp suvartoto elektros energijos kiekio, nustatyti analizėje bus naudojami vartotojų elektros energijos vartojimo duomenys ir Lietuvos BVP, vienam gyventojui, rodikliai. BVP palyginamosiomis kainomis duomenys gaunami iš Oficialios statistikos portalo duomenų bazės ir pateikiami 2 lentelėje.

2 lentelė. BVP, vienam gyventojui, palyginamosiomis kainomis [26].

Ketvirtis	BVP vienam gyventojui, palyginamosiomis kainomis EUR
2023K1	3776,48
2023K2	4023,59
2023K3	4460,72
2023K4	4180,82

Koreliacija yra statistinė priemonė, kuri parodo, koks stiprus yra ryšys tarp dviejų kintamųjų ir leidžia suvokti, kaip duomenys yra tarpusavyje susiję. Matematiškai koreliacijos koeficientas (r) gali būti apskaičiuotas naudojant 7 formulę:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2}}; \quad (7)$$

Čia:

X_i ir Y_i yra atitinkamai metų ketvirčio BVP, vienam gyventojui ir ketvirčio metų namų ūkio elektros energijos suvartojimo kiekis.

\bar{X} ir \bar{Y} yra atitinkamai ketvirčių BVP, vienam gyventojui ir ketvirčių elektros energijos suvartojimo kiekio vidurkiai.

Pagrindinės koreliacijos savybės:

- Teigiamas koreliacijos koeficientas ($r > 0$): parodo, kad kintamojo didėjimas yra susijęs su kito kintamojo didėjimu. Kuo koeficientas r artimesnis 1, tuo stipresnis teigiamas ryšys. Vartotojo pajamoms augant, auga ir elektros energijos vartojimas.
- Neigiamas koreliacijos koeficientas ($r < 0$): parodo, kad kintamojo didėjimas yra susijęs su kito kintamojo mažėjimu. Kuo koeficientas r artimesnis -1, tuo stipresnis neigiamas ryšys. Vartotojo pajamoms augant mažėja elektros energijos vartojimas [26].

Gautų rezultatų įvertinimui, pateikiama koreliacijos stiprumo interpretacijos 3 lentelė:

3 lentelė. Koreliacijos koeficientų reikšmės [24].

Koreliacijos koeficiento reikšmė	Interpretacija
Nuo 0,9 iki 1,0 arba nuo -0,9 iki -1,0	Labai stipri koreliacija
Nuo 0,7 iki 0,9 arba nuo -0,7 iki -0,9	Stipri koreliacija
Nuo 0,5 iki 0,7 arba nuo -0,5 iki -0,7	Vidutinė koreliacija
Nuo 0,3 iki 0,5 arba nuo -0,3 iki -0,5	Silpna koreliacija
Nuo 0 iki 0,3 arba nuo 0 iki -0,3	Nereikšminga koreliacija

Gauti elektros energijos paklausos ryšio su BVP, vienam gyventojui, rezultatai palyginami pagal namų ūkio suvartojimo metinį kiekį ir namų ūkio lokaciją, bei pateikiami grafiškai.

2.4. Elektros energijos paklausos ir oro temperatūros ryšio koreliacinė analizė

Paklausos elastingumas oro temperatūros atžvilgiu rodiklis, kuris matuoja, kaip elektros energijos vartotojų paklausa pasikeitė, pakitus oro temperatūrai:

$$E_T = \frac{\Delta Q\%}{\Delta T\%}; \quad (8)$$

Čia:

E_T – paklausos elastingumo koeficientas;

$\Delta Q\%$ – suvartojamo elektros energijos kiekio, proc.;

$\Delta T\%$ – oro temperatūros pokytis, proc.

Oro temperatūros svyravimai gali turėti didelį poveikį elektros energijos suvartojimui, dėl pasikeitusių šildymo ar vėdinimo poreikių. Suprasti, kaip oro temperatūros kitimai susiję su elektros energijos paklausos pokyčiais, turime nustatyti elektros energijos paklausos ryšį su oro temperatūros kitimu. Oro temperatūros kitimo ryšiui su elektros energijos suvartojimu, nustatyti tiriamojoje dalyje

bus naudojami 2023 metų ketvirtiniai vartotojų elektros energijos vartojimo duomenys ir Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos 2023 metų ketvirčių vidutinės temperatūros duomenys. Ketvirtiniai vidutinės oro temperatūros duomenys pateikiami 4 lentelėje.

4 lentelė. 2023 metų ketvirčių vidutinės oro temperatūros [28].

Ketvirtis	Vidutinė oro temperatūra, laipsniais Celsijaus
2023K1	0,9
2023K2	12,5
2023K3	17,9
2023K4	3,4

Pajamų kitimo ryšį su oro temperatūros kitimo įvertinimui taip pat galima panaudoti koreliacinę analizę. Matematiškai koreliacijos koeficientas (r) gali būti apskaičiuotas naudojant 7 formulę, kaip ir metodologijos 2.3. poskyryje, formulės narius X_i ir \bar{X} atitinkamai pakeičiant į ketvirčio vidutinę oro temperatūrą ir vidutinę metų ketvirčių oro temperatūrą.

Gauti elektros energijos paklausos ryšio su oro temperatūra rezultatai palyginami pagal namų ūkio suvartojimo metinį kiekį ir namų ūkio lokaciją, bei pateikiami grafiškai.

2.5. Elektros energijos paklausos elastingumo tyrimo metodas

Elektros energijos paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu yra svarbus rodiklis, analizuojant, kaip vartotojai reaguoja į pasikeitusią ekonominę situaciją. Paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu, yra ekonominis rodiklis, kuris matuoja, kaip elektros energijos vartotojų paklausa pasikeitė, pakitus jų pajamoms. Literatūros analizėje buvo pastebėta, kad augant žmonių pajamoms, jie linkę vartoti daugiau elektros energijos įvairiems tikslams, tačiau vartojimas auga mažesniu greičiu nei auga pajamos, kas rodo neelastingą reakciją (elastingumo koeficientas mažesnis už 1). Įvertinus, koks ryšys tarp BVP, vienam gyventojui ir oro temperatūros ryšys su elektros energijos paklausa, galima lengviau interpretuoti paklausos elastingumo rezultatus. Elastingumo įvertinimui BVP, vienam vartotojui, rodiklis yra prilyginamas namų ūkio pajamoms ir išreiškiamas pagal 9 formulę.

$$E_I = \frac{\Delta Q\%}{\Delta I\%} = \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}}{\frac{I_2 - I_1}{I_1}}; \quad (9)$$

Čia:

E_I – pajamų elastingumo koeficientas;

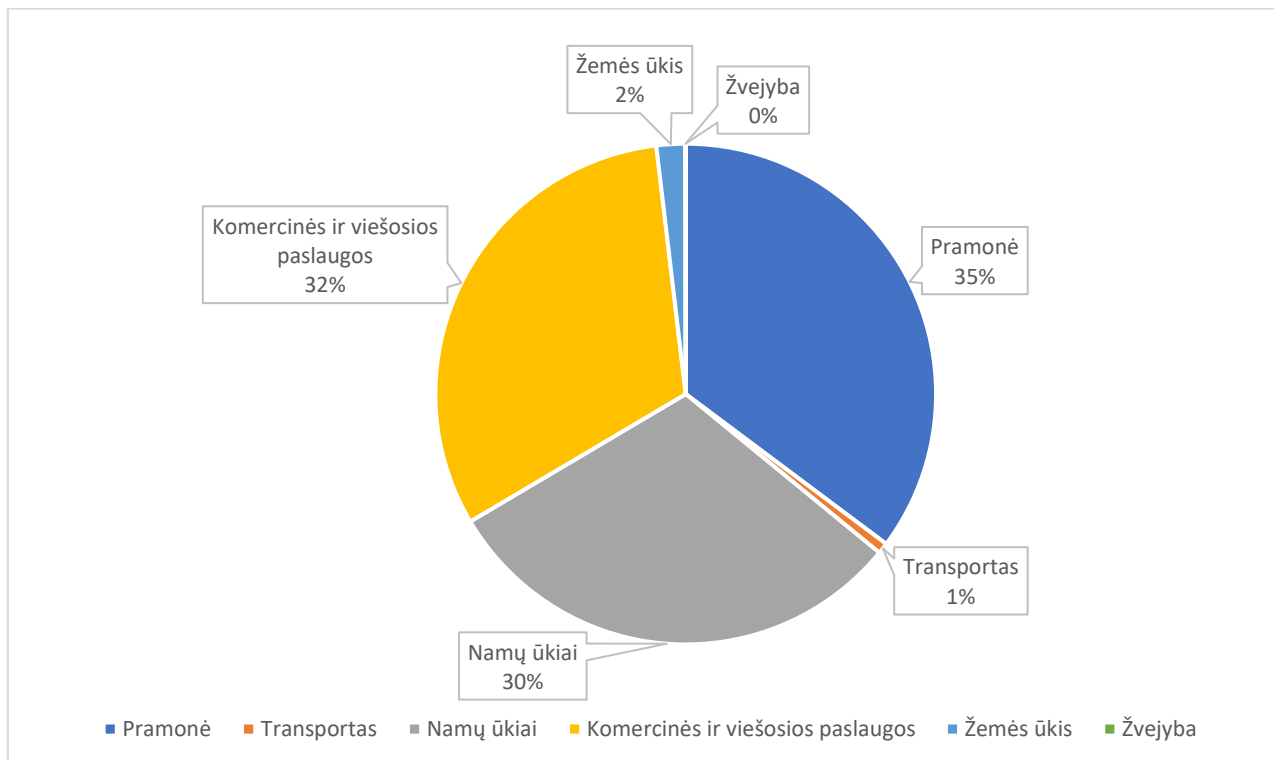
$\Delta Q\%$ – suvartojamo elektros energijos kiekio pokytis, proc;

$\Delta I\%$ – pajamų, pokytis, proc.

Elastingumo rodikliai yra apskaičiuojami panaudojant, tuos pačius duomenis, kaip 2.3. poskyryje: ketvirtinius namų ūkio suminius suvartojimus ir ketvirtinius, BVP, vienam vartotojui, rodiklius. Gauti paklausos elastingumo rezultatai, pajamų atžvilgiu, palyginami pagal namų ūkio suvartojimo metinį kiekį ir namų ūkio lokaciją, bei pateikiami grafiškai.

2.6. Elektros energijos paklausos valdymo priemonių įtakos tyrimo metodas

Tarptautinės Energetikos Agentūros duomenimis, 2021 metais Lietuvoje, 30 proc. bendro elektros energijos suvartoto kiekio, sudarė gyvenamasis sektorius. 8 paveiksle atvaizduojama, kokią dalį viso Lietuvos energijos suvartojimo, sudaro kiekvienas sektorius.



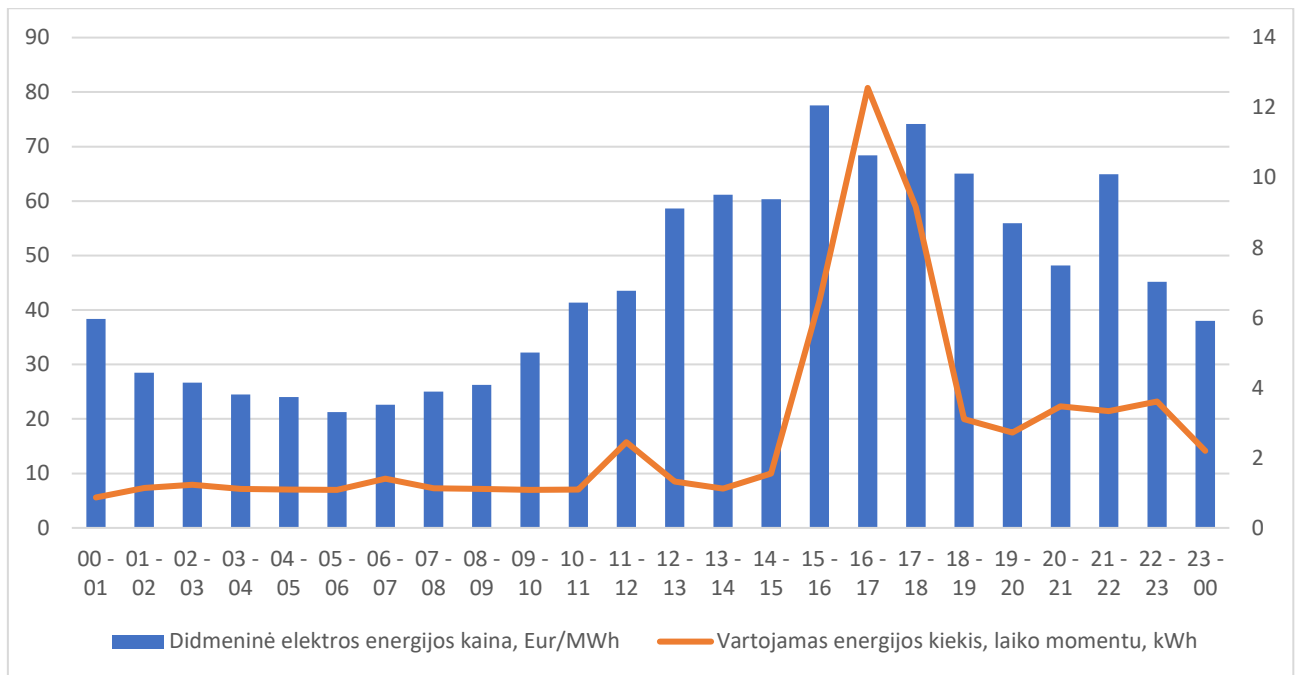
8 pav. Lietuvos elektros energijos suvartojimo struktūra, pagal ūkio sektorių [29].

Atsižvelgiant į tai, kad namų ūkių sektorius sudaro beveik trečdalį viso bendro šalies suvartojimo, svarbu valdyti gyvenamųjų namų elektros energijos paklausą, nes galima prisidėti prie bendro tinklo stabilumo ir padidinti galimybes efektyviau naudoti esamą infrastruktūrą.

Namų ūkio lygmenyje paklausos valdymas gali:

- Sumažinti namų ūkio elektros energijos išlaidas;
- Didinti energijos vartojimo efektyvumą;
- Prisidėti prie atsinaujinančiosios energetikos plėtros [30].

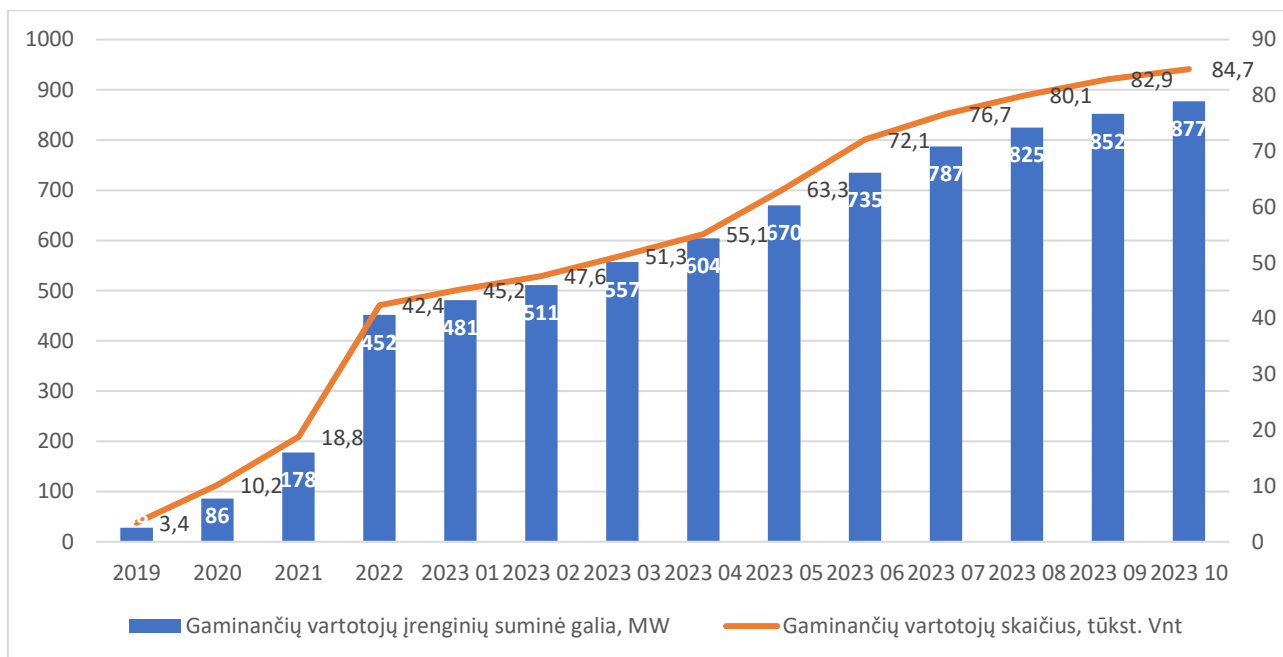
Netolygaus elektros energijos vartojimo problemos iliustracijai (paveikslas Nr. 9) pateikiamas namų ūkio dienos elektros energijos vartojimo kiekio ir „Nord Pool“ biržos tos pačios dienos (2024-01-01) didmeninės elektros energijos kainos grafikas. Valdant elektros energijos paklausą, galima sumažinti energijos sąskaitas. Aukščiausia elektros energijos kaina pardavimų biržoje „Nord Pool“ būna didžiausios paklausos (pikinių apkrovų) valandomis. Pikinių apkrovų laikotarpis „Nord Pool“ biržoje yra laikomas nuo 9:00 val. iki 20:00 val. [31].



9 pav. Paros vartojimo ir didmeninės kainos grafikas [32].

Vienas populiariausių būdų Lietuvoje, kaip sumažinti elektros energijos kainos elastingumą ir sumažinti sąskaitą už elektros energiją, yra saulės elektrinės įsirengimas ir tapimas gaminančiu vartotoju. Teiginio pagrindimui, tyrime yra analizuojami saulės elektrinės gamybos kaštai LCOE ir elektros energijos kainos elastingumas, tapus gaminančiu vartotoju.

Tapimo gaminančiu vartotoju naudos tyrimas yra pasirinktas, nes gaminančių vartotojų skaičius Lietuvoje yra sparčiai augantis, taip pat tapimas gaminančiu vartotoju yra subsidijuojamas. Remiantis statistiniais duomenimis (10 pav.), matome, kad gaminančių vartotojų skaičius nuolat auga, 2022 m. gaminančių vartotojų skaičius padidėjo 2,25 karto, lyginant su 2021 m. Gaminančių vartotojų skaičius turėtų augti ir ateityje. Nacionalinės energetikos nepriklausomybės strategijoje numatyta, kad iki 2030 m. gaminantys vartotojai sudarys 30 proc., o 2050 m. – 50 proc. visų elektros energijos vartotojų, [33].



10 pav. Gaminančių vartotojų plėtra Lietuvoje [36].

Palyginti saulės elektrinės pagaminamos energijos vienos kilovatvalandės kaštus, tapus gaminančiu vartotoju, su elektros energijos kilovatvalandės kaina, už kurią elektros energija yra perkama iš elektros energijos tiekėjo yra analizuojami saulės elektrinės gamybos kaštai LCOE. Bendrinė LCOE formulė:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_T + M_T}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_T}{(1+r)^t}}; \quad (10)$$

Čia:

I_t – Įrengimo kaštai, per metus;

M_t – eksploatacinės išlaidos per metus t ;

E_t – metinė elektros energijos gamyba per metus t ;

n – eksploatacijos trukmė;

r – diskonto norma.

Diskonto norma bus priimama 4,9 proc. pagal „Citadele“ banko siūlomą palūkanų normą saulės elektrinės įsirengimui.

Teoriniam LCOE skaičiavimui parinktas vartotojas, 5013 kWh per metus suvartojantis vartotojas, kurio suvartojimas kas metus kils 1 proc. Saulės elektrinės galia parenkama 9,625 kW galingumo, atsižvelgiant į Energijos skirstymo operatoriaus paskelbtą statistiką, kad vidutinė gaminančio vartotojo saulės elektrinės leistinoji generuoti galia yra 9,4 kW.

Parinktos saulės elektrinės su įrengimu specifikacijos pateiktos 5 lentelėje:

5 lentelė. 9,625 kW saulės elektrinės specifikacijos [37]

Kaina	11 132 Eur
Saulės moduliai	Energetica Halfcut 385 Wp, 25 vnt., Efektyvumas 91% po 25 metų.
Garantija moduliams	17 metų
Keitiklis	SUNGROW SG10RT

LCOE skaičiuojami keturiems gaminančių vartotojų atsiskaitymo variantams už naudojimąsi elektros tinklais, patvirtintiems VERT nutarimu. Atsiskaitymo variantai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Elektra gaminančių buitinių vartotojų naudojimo elektros tinklais kaina [38]

Varianto Nr.	Atsiskaitymo variantas	Mokama už	Kaina žemojoje įtampoje, su PVM
1 var.	Atsiskaitymas už atgautą energijos kiekį	Už patiekto į tinklą ir vėliau atgautos elektros energijos kilovatvalandę (kWh)	0,06655
2 var.	Atsiskaitymas už leistiną generuoti elektrinės galią	Už elektrines leistinos generuoti galios kilovatą (kW)	4,8884
3 var.	Atsiskaitymas kilovatvalandėmis kiekiu pagal procentus	Atsiskaitymas kilovatvalandėmis: nustatytas procentas nuo patiekto į tinklus energijos kiekio (kWh) paliekamas operatoriui už naudojimosi tinklais paslauga	32% (gaminančiam vartotojui lieka 68%)
4 var.	Atsiskaitymas pagal elektros energijos persiuntimo paslaugos tarifą	Atsiskaitymas prilygintas kliento turimam elektros energijos persiuntimo paslaugos tarifui*	0,10043

Ketvirto varianto, kuriame atsiskaitoma pagal elektros energijos persiuntimo paslaugos tarifą, apskaičiavimui pasirenkamas 2024 m. vienos laiko zonos dedamosios, standartinio tarifo įkainis 0,10043 Eur/kWh.

Tyrimo dalyje bus skaičiuojami LCOE ir lyginami su elektros energijos kaina, kuri yra mokama tiekėjui. Taip pat bus skaičiuojamas elektros energijos kainos elastingumas, tapus gaminančiu vartotoju. Kainos elastingumas bus apskaičiuojamas pagal 11 formulę, kuri yra išvedama iš 2 formulės:

$$E_P = \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}}; \quad (11)$$

Čia:

Q_1 – metinis elektros energijos suvartojimas, pirmaisiais metais;

Q_2 – metinis elektros energijos suvartojimas, antraisiais metais;

P_1 – 2023 metų sausio mėnesio, standartinio, vienos laiko zonos plano tarifas 0,28 Eur/kWh;

P_2 – 2024 metų sausio mėnesio, standartinio, vienos laiko zonos plano tarifas 0,23 Eur/kWh.

Apskaičiavus kainos elastingumo E_P rodiklį, skaičiuojami E_{PGV} , kainos elastingumo rodikliai, tapus gaminančiu vartotoju, 11 formulėje P_2 pakeičiant visų 4 gaminančių vartotojų apskaičiuotų atsiskaitymo būdų svertiniais saulės elektrinės gamybos kaštais LCOE. Apskaičiavus E_P ir E_{PGV} , šie rodikliai yra lyginami ir pagrindžiama nauda vartotojui, tapus gaminančiu vartotoju, esant šios dienos gaminančių buitinių vartotojų naudojimosi elektros tinklais įkainiams.

Analizuojant efektyvesnio vartojimo būdus, tyrime analizuojamos priemonės galinčios sumažinti elektros energijos vartojimą Tarptautinės Energetikos Agentūros pateiktomis efektyvesnio vartojimo rekomendacijomis:

- Sumažinimas elektrinio šildymo temperatūrą $1\text{ }^\circ\text{C}$, sutaupo 7 proc., nuo sunaudotos elektros energijos, per metus, patalpų šildymui.
- Pakeitimas vandens šildytuvo temperatūros pagal vartojimo įpročius, sutaupo 10 proc., nuo sunaudotos elektros energijos, per metus, vandens šildymui.
- Pakėlimas oro kondicionavimo temperatūros $1\text{ }^\circ\text{C}$, sutaupo 10 proc., nuo sunaudotos elektros energijos per metus, oro kondicionavimui [40].

Atliekant analizę, kiek pavyktų energijos sutaupyti namų ūkiui, vadovaujantis efektyvesnio vartojimo rekomendacijomis, pasirenkamas 12 000 kWh per metus suvartojantis, namų ūkis, turintis elektrinio šildymo ir oro kondicionavimo įrenginius. Sutaupyta elektros energijos kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E_S = E \cdot \alpha; \quad (12)$$

Čia:

E_S - sutaupyta elektros energijos kiekis, kWh;

E - suvartojama elektros energijos kiekis, kWh;

α – sutaupyta elektros energijos kiekis, proc.

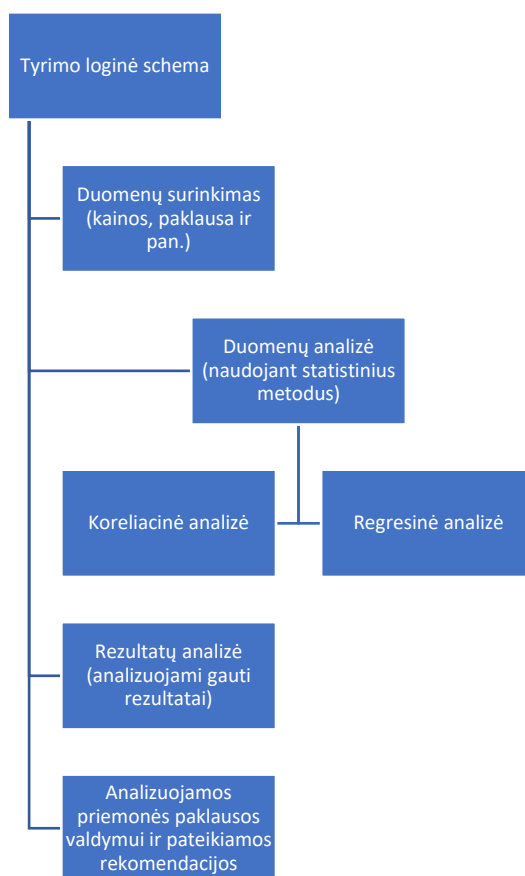
Sutaupyta elektros energijos kiekis bus palyginamas su elektros energijos kiekiu, neįdiegus atitinkamų priemonių.

Tyrime analizuojamas vartotojo tapimas gaminančiu vartotoju nauda, per elektros energijos sąskaitos ir kainos elastingumo sumažėjimą. Taip pat bus įvertinamas pigiausias gaminančio vartotojo atsiskaitymo būdas už pasinaudojimą elektros tinklais, pasirinkto suvartojimo ir pasirinktos saulės elektrinės variantui. Antroje elektros energijos paklausos priemonių įvertinimo dalyje bus įvertinta Tarptautinės Energetikos Agentūros efektyvesnio vartojimo rekomendacinių priemonių nauda vartotojui.

2.7. Elektros energijos paklausos namų ūkiuose elastingumo tyrimo schema

Metodinės dalies apibendrinimui ir tolimesnių tyrimo žingsnių planavimui yra sudaroma struktūrizuota tyrimo loginė schema, kuri pateikiama 11 paveiksle. Elektros energijos elastingumo namų ūkiuose tyrimui vykdomas duomenų rinkimas. Pagrindiniai duomenys reikalingi tyrimui: elektros energijos paklausa, elektros energijos kainos, BVP, vienam vartotojui ir oro temperatūra. Šie duomenys analizuojami ir pritaikant statistinės analizės metodus – regresinę analizę ir koreliacinę analizę, skaičiuojami elektros energijos kainos ir paklausos elastingumai. Gauti rezultatai yra

vertinami ir analizuojami. Rezultatai pristatomi naudojant grafikus. Analizuojami paklausos valdymui taikomi būdai ir jų efektyvumas, tapimo gaminančiu vartotoju nauda. Išanalizavus rezultatus, pateikiamos tyrimo išvados.



11 pav. Tyrimo loginė schema.

3. Elektros energijos paklausos elastingumo namų ūkiuose įvertinimas

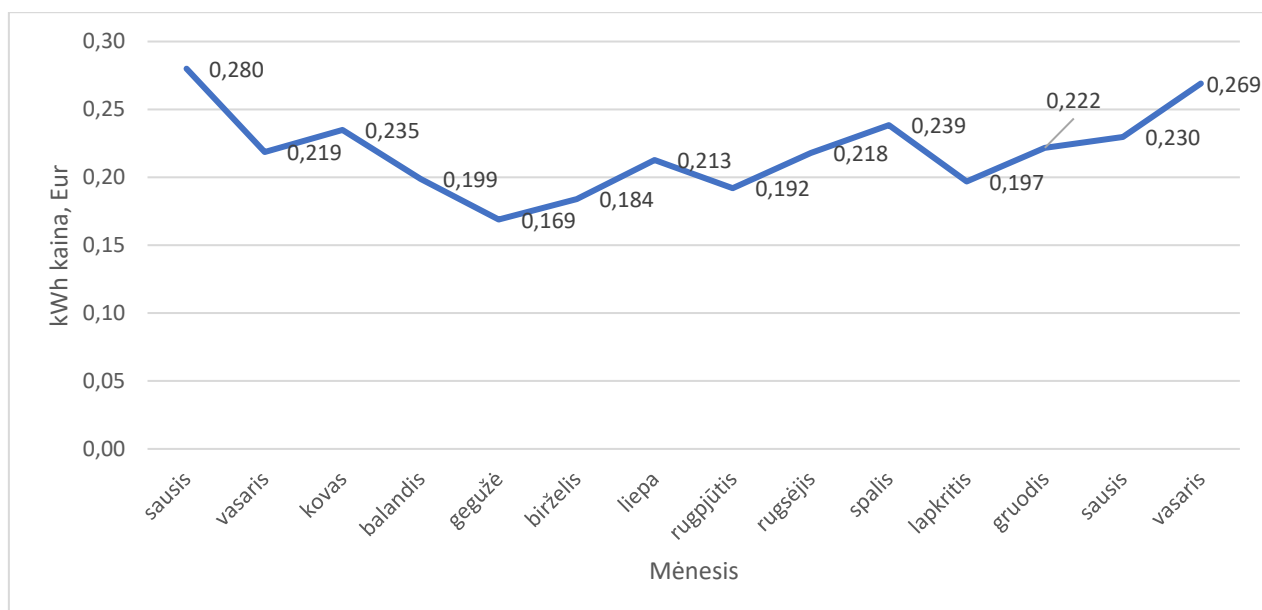
Tiriamajoje darbo dalyje yra vertinami paklausos elastingumo rodikliai skirtingoms namų ūkių grupėms pagal suvartojamą elektros kiekį: iki 1000 kWh per metus, nuo 1000 iki 5000 kWh per metus ir virš 5000 kWh. Šioje dalyje analizuojama, kaip elektros energijos kaina, BVP vienam vartotojui ir oro temperatūra veikia elektros energijos paklausą. Analizei naudojami metodai:

- Regresinės analizės metodas kainos elastingumui nustatyti;
- Koreliacinės analizės metodas ryšiams tarp paklausos ir BVP, vienam vartotojui ir paklausos ir oro temperatūrai nustatyti;
- Paklausos elastingumo analizė;

Taip pat vertinami svertiniai elektros energijos gamybos kaštai LCOE ir kainos elastingumai, tapus gaminančiu vartotoju. Vertinamos priemonės elektros energijos vartojimo efektyvumą didinančios priemonės.

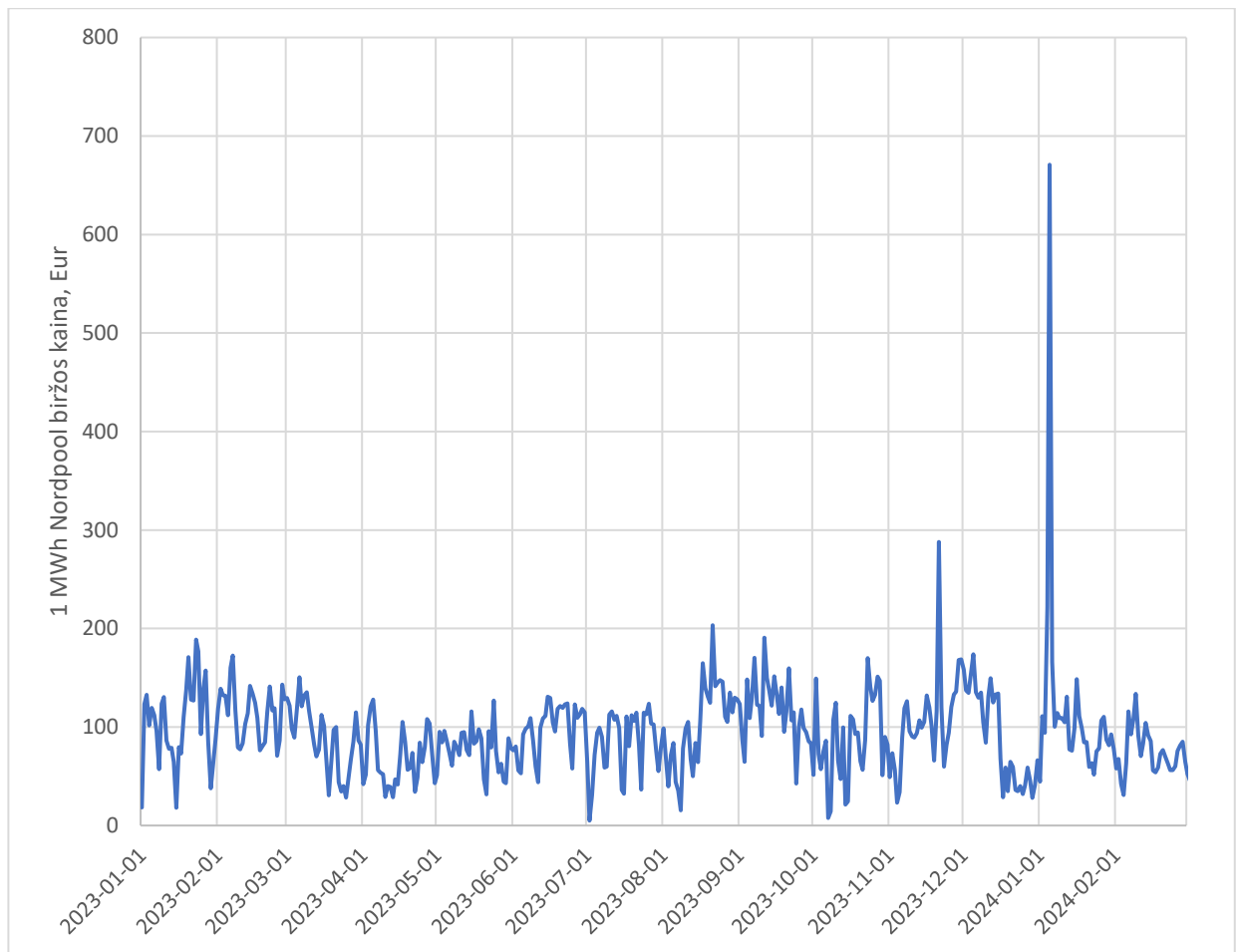
3.1. Elektros energijos kainos elastingumo namų ūkiuose įvertinimas

Namų ūkio kainos elastingumo įvertinimui, namų ūkiams iki 1000 kWh ir namų ūkiams nuo 1000 iki 5000 kWh naudojamos AB „ESO“ garantinio tiekimo, standartinio tarifo plano, vienos laiko zonos kainos buitiniams vartotojams. Kainų kitimo tendencijos pavaizduotos 12 paveiksle:



12 pav. Garantinio tiekimo, standartinio tarifo, vienos laiko zonos kainos buitiniam vartotojui [39].

Namų ūkio kainos elastingumo įvertinimui, namų ūkiams nuo 5000 kWh naudojamos „Nord Pool“ elektros biržos didmeninės elektros kainos. Kainų kitimo tendencijos pavaizduotos 13 paveiksle:



13 pav. „Nordpool“ elektros kainų grafikas [31].

Elektros energijos elastingumo analizė atlikta remiantis 2.2 skyriuje pateikta metodika. Naudojant MS Excel skaičiuoklę, kainos elastingumo skaičiavimui pritaikoma regresinės analizė. Kainos elastingumui apskaičiavimui **vienam** namų ūkiui, suvartojančiam iki 1000 kWh per metus, pavyzdys:

- 1) Elektros energijos kainų ir vartojimo duomenys logaritmuojami, siekiant užtikrinti normalųjį skirstinį. Išėities duomenys ir skaičiavimo rezultatai pateikiami 7 lentelėje:

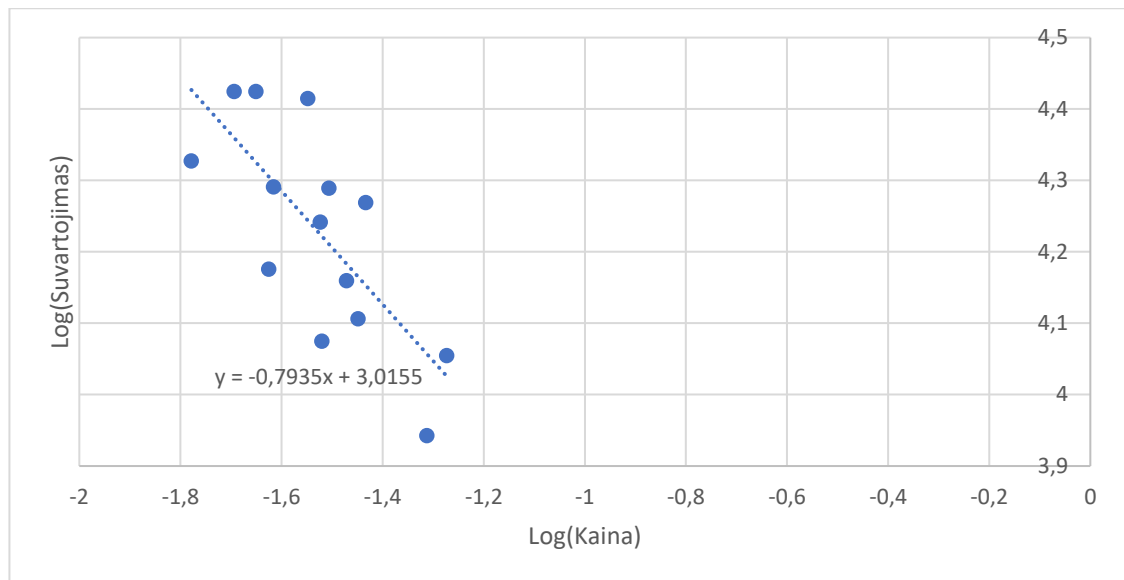
7 lentelė. Namų ūkio, suvartojančio iki 1000 kWh per metus, vartojimo duomenys.

Mėnesis	Kaina, Eur/kWh	Suvartojimas per mėn, kWh	Log(Kaina)	Log(Suvartojimas)
Sausis 2023m.	0,280	57,68	-1,273	4,574
vasaris	0,219	58,85	-1,520	4,465
kovas	0,235	60,73	-1,448	4,575
Balandis	0,199	73,06	-1,616	4,325
Gegužė	0,169	75,75	-1,778	3,275
Birželis	0,184	83,50	-1,693	3,278
Liepa	0,213	82,69	-1,548	3,333
Rugpjūtis	0,192	83,50	-1,650	3,359
Rugsėjis	0,218	69,52	-1,524	3,350
Spalis	0,239	71,45	-1,433	4,031
Lapkritis	0,197	65,09	-1,625	4,521
Gruodis	0,222	72,93	-1,506	4,563
Sausis 2024 m.	0,230	64,07	-1,471	4,572

- 2) Remiantis 7 lentelėje pateiktais duomenimis sudaromas regresijos modelis. Nustatyti regresijos modelio koeficientai ir regresinės analizės tinkamumo koeficientų. (determinacijos koeficientas R^2 (*R Square*) ir P reikšmė (*P value*)) įverčiai pateikti 8 lentelėje. Regresinės analizės lygtis taip pat pateikta 14 paveiksle, pasirinkus krypties linijos funkciją. Lentelėje taip pat gaunami metodologinėje dalyje nusistatyti regresinės analizės tinkamumo koeficientai:

8 lentelė. Namų ūkio, suvartojančio iki 1000 kWh per metus, regresinės analizės rezultatai.

<i>Regression Statistics</i>		
R Square	0,551874342	
	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>
Intercept	3,015546617	6,07298E-07
Kaina	-0,793541995	0,00233442



14 pav. Iki 1000 kWh vartojimo grupės namų ūkio duomenų regresijos modelis.

- 3) Rezultatai tikrinami pagal darbo 2.2. poskyryje aprašytą determinacijos koeficientą R^2 (*R Square*) $> 0,5$ ir *P* reikšmę (*P value*) $< 0,05$, rezultatai arba priimami arba atmetami. Šiuo atveju $R^2 = 0,551874342$ ir *P* reikšmė (*P value*) = 0,002334. Abu regresinės analizės tinkamumo reikalavimai yra tenkinami ir parodo sudaryto modelio tinkamumą. Gautas kainos elastingumo koeficientas -0,7935 priimamas kaip tinkamas ir naudojamas tolimesniuose kainos elastingumų skaičiavimuose.

Analogiškai regresinės analizės skaičiavimai kartojami visiems namų ūkiams ir gauti apibendrinti rezultatai pateikiami 9, 10 ir 11 lentelėse.

9 lentelė. Namų ūkių, suvartojančių iki 1000 kWh per metus, kainos elastingumai.

	Elastingumo rodiklis
Kainos elastingumas (miesto teritorijose)	0,181
Kainos elastingumas (kaimo teritorijose)	0,590
Bendras elastingumas	0,385

Bendras kainos elastingumas vartotojams, kurie suvartoja mažiau nei 1000 kWh per metus, gaunamas 0,385. Iš šiuo rezultato galime pastebėti, kad elektros energijos paklausa yra neelastinga kainos pokyčiams (elastingumas < 1), taip pat matome, kad negalioja paklausos dėsnis, nes elastingumas gaunamas teigiamas. Namų ūkiai, suvartojančys iki 1000 kWh per metus, kaip aprašyta tyrimo objektų aprašyme, yra butai ir nenuolatinio naudojimo pastatai, tokie kaip sodo nameliai ir poilsinės sodybos, kurių vartojimas nėra pastovus. Teigiamą elastingumo rodiklį butuose galima būtų paaiškinti, tuo kad mažai vartojant, išlaidos elektros energijai nesudaro didelės dalies visų namų ūkių išlaidų ir vartotojai nėra linkę keisti savo elgsenos. Nenuolatinio naudojimo namų ūkių teigiamą elastingumą būtų galima argumentuoti tuo, kad vartojimas yra nepastovus ir sezoniškas, nekreipiant didelio dėmesio į elektros energijos kainas.

Lyginant kainos elastingumo rodiklį miesto 0,181 ir kaimo teritorijose 0,590, gauname mažesnę elastingumą miesto teritorijose. Tai parodo, kad kaimo teritorijose esantys vartotojai yra jautresni kainos pasikeitimams. Didesnę jautrumą galima aiškinti tuo, kad mieste iki 1000 kWh vartojantys

objektai yra butai, kurių vartojimas yra pastovus ir juose nėra elektrinių įrenginių, kurių naudojimas gali stipriai iškreipti paklausą. Kaimo teritorijose aukštesniam elastingumo rodikliui įtaką daro nepastovi paklausa, dėl sezoniškumo.

10 lentelė. Namų ūkių, vartojančių nuo 1000 iki 5000 kWh per metus, kainos elastingumai.

	Elastingumo rodiklis
Kainos elastingumas (miesto teritorijose)	-0,159
Kainos elastingumas (kaimo teritorijose)	0,102
Bendras elastingumas	-0,029

Bendras kainos elastingumas vartotojams, kurie suvartoja nuo 1000 iki 5000 kWh per metus, gaunamas -0,029. Iš šiuo rezultato galime pastebėti, kad elektros energijos paklausa yra neelastinga kainos pokyčiams (elastingumas <1), taip pat matome, kad galioja paklausos dėsnis, nes bendras elastingumas gaunamas neigiamas.

Lyginant kainos elastingumo rodiklius miesto -0,159 ir kaimo 0,102 teritorijose, gauname mažesnę elastingumą kaimo teritorijose. Tai parodo, kad miesto teritorijose gyvenantys vartotojai yra nežymiai jautresni kainos pasikeitimams. Teigiamą elastingumo rodiklį kaimo teritorijose galima būtų paaiškinti, tuo, kad tyrimui, atsitiktinai, parinkti, nuo 1000 kWh iki 5000 kWh per metus, suvartojantys kaimo namų ūkiai dėl didesnio gyvenimo kokybės pagerinimo poreikio, kainoms kylant vartojo daugiau.

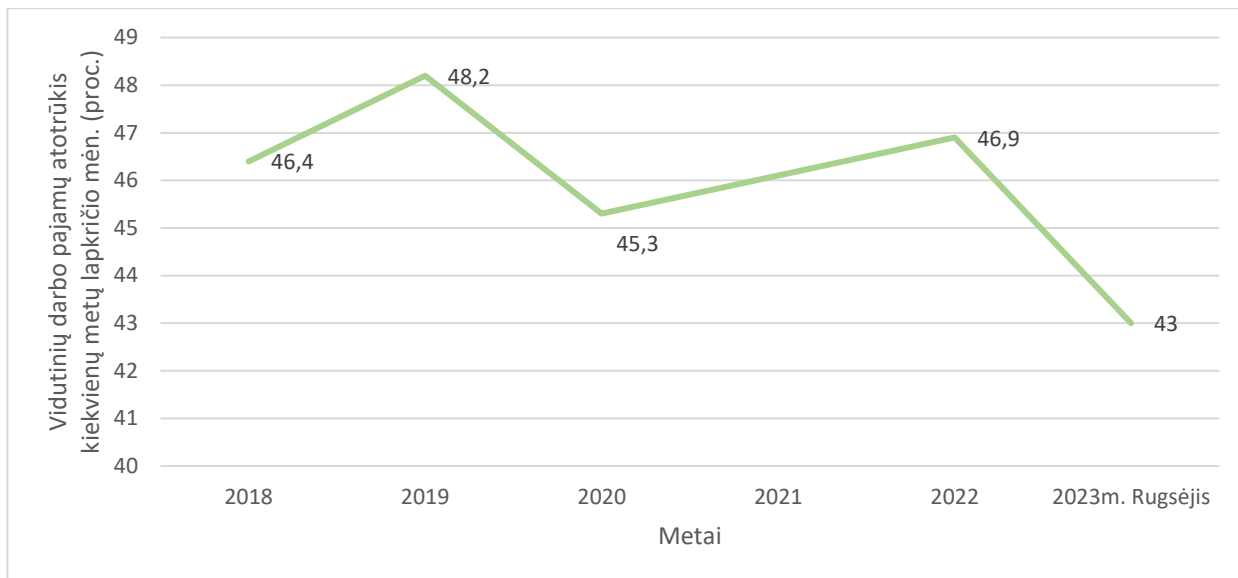
11 lentelė. Namų ūkių, vartojančių virš 5000 kWh per metus, kainos elastingumai.

	Elastingumo rodiklis
Kainos elastingumas (miesto teritorijose)	-0,002
Kainos elastingumas (kaimo teritorijose)	-0,022
Bendras elastingumas	-0,012

Bendras kainos elastingumas vartotojams, kurie suvartoja daugiau nei 5000 kWh per metus, gaunamas -0,012. Iš šiuo rezultato galime pastebėti, kad elektros energijos paklausa yra neelastinga kainos pokyčiams (elastingumas <1), taip pat matome, kad galioja paklausos dėsnis, nes elastingumas gaunamas neigiamas.

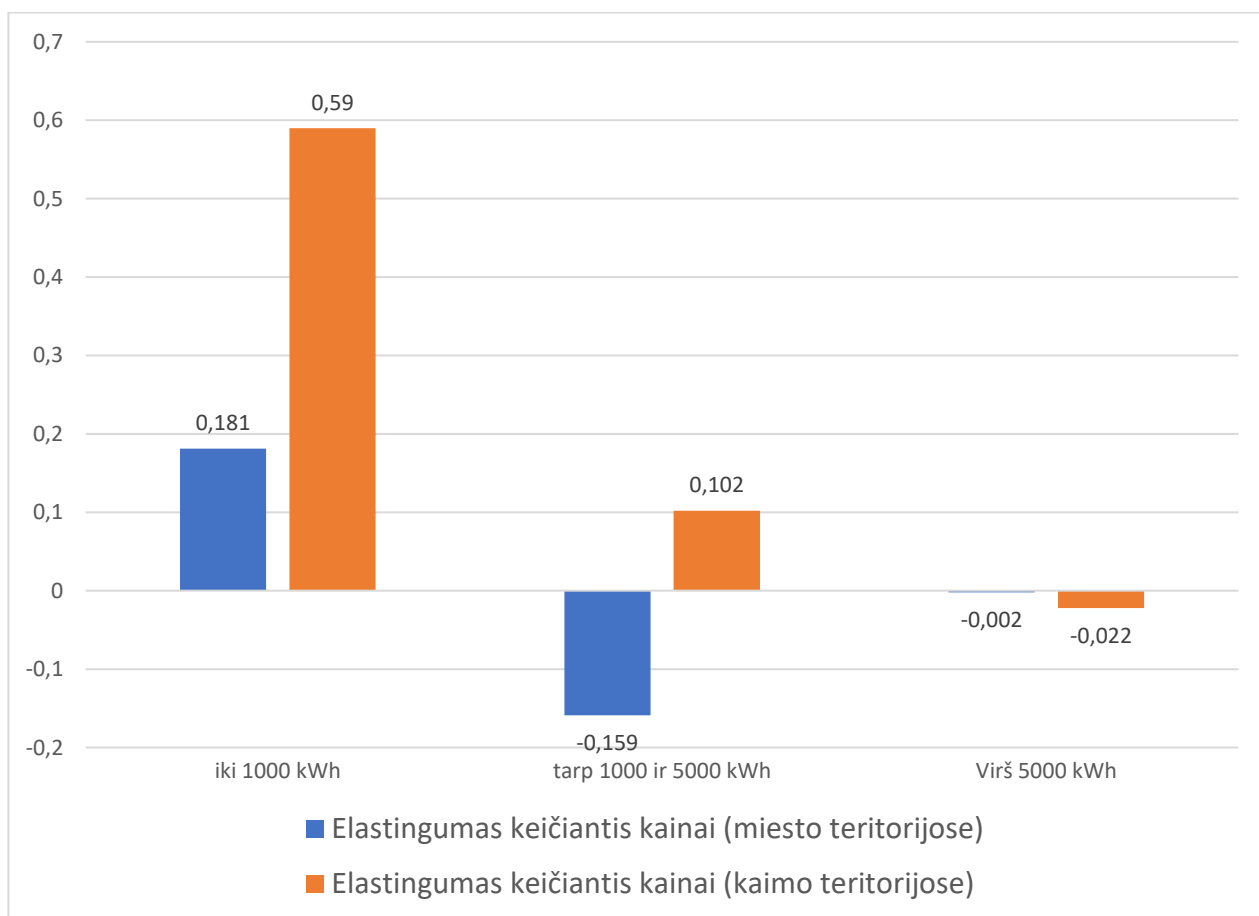
Lyginant kainos elastingumo rodiklį miesto -0,002 ir kaimo teritorijose -0,022, gauname didesnę elastingumą kaimo teritorijose. Tai parodo, kad kaimo teritorijose gyvenantys vartotojai yra nežymiai jautresni kainos pasikeitimams. Jautrumo skirtumą galima aiškinti tuo, kad kaimo teritorijose naudojami arba gali būti panaudojami, alternatyvūs energijos šaltiniai pastatų šildymui ir maisto gaminiui.

Elastingumo rodiklių skirtumą gali lemti ir gaunamos mažesnės pajamos regionuose. Namų ūkis gaunantis mažesnes pajamas gali skirti mažesnę sumą elektros energijai. Teiginio iliustracijai 15 paveiksle pateikiami 2023 m. „Sodros“ gyventojų pajamų ataskaitos duomenys, kurie parodo darbo pajamų atotrūkį tarp regionų. 2023 m. rugsėjo mėnesio duomenimis atotrūkis tarp Vilniaus miesto savivaldybės ir kitų Lietuvos savivaldybių gyventojų pajamų buvo net 43 procentai.

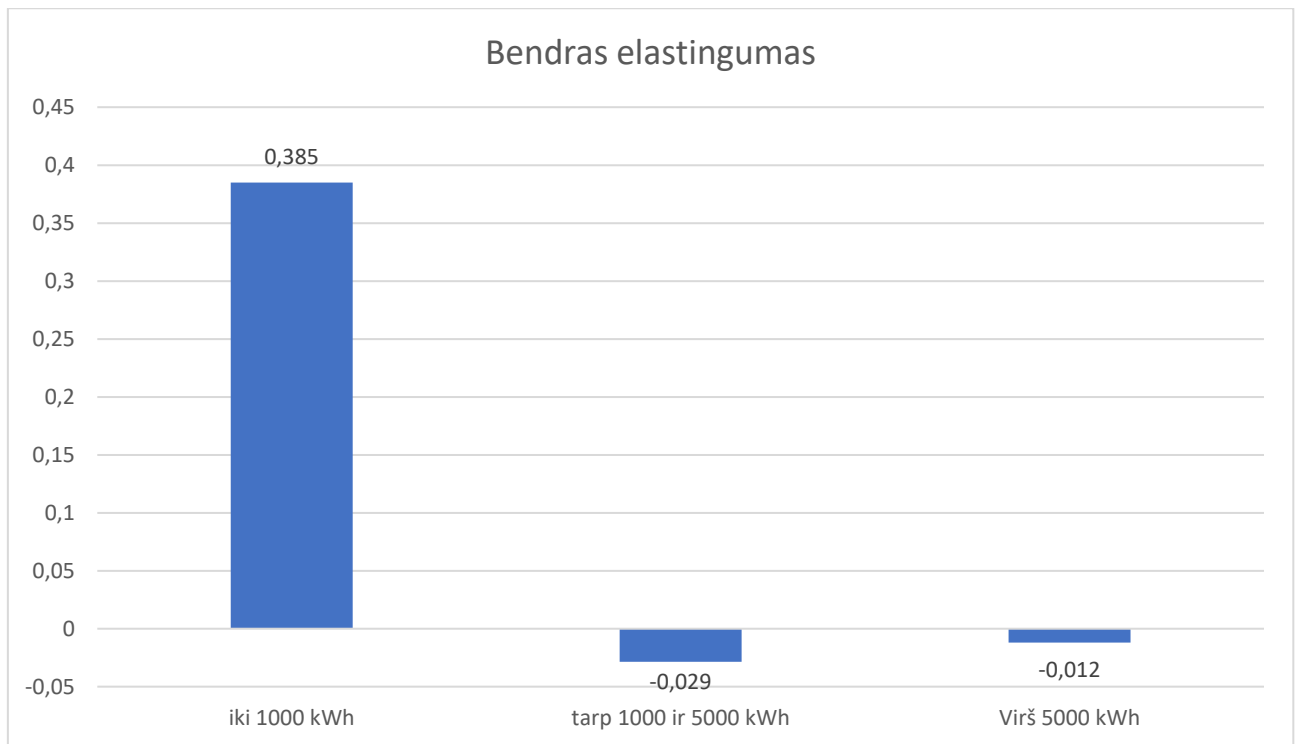


15 pav. Pajamų atotrūkis tarp Vilniaus m. sav. ir kitų Lietuvos savivaldybių gyventojų [42].

16 paveiksle pavaizduoti kainų elastingumai skirtumai tarp skirtingų suvartojimo grupių ir miesto ir kaimo vartotojų. Iš 16 paveikslo matome, kad kainų pasikeitimai, lyginant elastingumo koeficientus, daugiausiai įtakos daro vartotojams esantiems kaimo teritorijose, o mažiausiai miestuose gyvenantiems vartotojams, suvartojantiems daugiau nei 5000 kWh per metus.



16 pav. Elektros energijos kainos elastingumai tarp skirtingų vartojimo grupių ir namų ūkio lokacijos.



17 pav. Elektros energijos kainos elastingumai tarp skirtingų suvartojimo grupių.

17 paveiksle pavaizduotas namų ūkių elektros energijos kainos elastingumų palyginimas tarp suvartojimo per metus kiekių, nediferencijuojant pagal vartotojo lokaciją. Iš paveikslo matome, kad į kainos pasikeitimus labiausiai reaguoja vartotojai, kurie suvartoja iki 1000 kWh, o mažiausiai jautrūs kainos pokyčiams, namų ūkiai, kurie suvartoja virš 5000 kWh per metus.

Apibendrinant, pritaikius regresinės analizės metodą, visų trijų vartojimo grupių paklausa, keičiantis kainai yra neelastinga ($E_p < 1$). Mažiausiai į kainą reaguoja vartotojai, kurie suvartoja daugiau nei 5000 kWh per metus, kurių bendras elastingumas lygus -0,012, šį rezultatą nulemia didelė priklausomybė elektros energijai, kuri naudojama maisto gaminimui ir šildymui ir pakaitalų elektros energijai nebuvimas ar nenaudojimas. Matome, kad vidutinį ir didelį suvartojimus, per metus, turintys namų ūkiai, turi pastovius elektros energijos poreikius, kurie mažai priklauso nuo kainų pokyčių. Tai rodo, kad jų vartojimas labiau priklauso nuo gyvenimo būdo ir technologinės infrastruktūros, o ne nuo kainų. Vartotojų grupę suvartojančių iki 1000 kWh kainos elastingumas gavo teigiamas, lygus 0,385, šį rezultatą lemia vartojimo sezoniškumas ir nepastovumas.

3.2. Elektros energijos paklausos ryšio su BVP, vienam gyventojui, įvertinimas

Tikslesniam elektros energijos paklausos elastingumo apskaičiavimui, pajamų atžvilgiu, turime įvertinti ryšį tarp elektros energijos suvartojimo ir BVP, vienam gyventojui. Elektros energijos paklausos ir BVP vienam gyventojui, palyginamosiomis kainomis, koreliacinė analizė atlikta remiantis 2.3 skyriuje pateikta metodika. Pateikiamas skaičiavimo pavyzdys, koreliacijos tarp ketvirtinio namų ūkio suvartojimo ir ketvirtinio BVP, vienam gyventojui, koeficientui apskaičiuoti vienam namų ūkiui, suvartojančiam iki 1000 kWh per metus:

- 1) Naudojami 2023 metų ketvirčių suminiai elektros energijos suvartojimo ir ketvirtiniai BVP, vienam gyventojui, rodikliai. 12 lentelėje pateikiami vieno namų ūkio ketvirtiniai 2023 metų namų ūkio vartojimo kiekiai ir 2023 metų ketvirtiniai BVP, vienam gyventojui, rodikliai.

12 lentelė. Ketvirtiniai 2023 metų namų ūkio vartojimo kiekiai ir 2023 metų ketvirtiniai BVP, vienam gyventojui rodikliai.

Ketvirtis	Suvartojimas, kWh	BVP vienam gyventojui, palyginamosiomis kainomis EUR
2023K1	280,91	3776,48
2023K2	128,54	4023,59
2023K3	85,31	4460,72
2023K4	244,09	4180,82

- 2) Skaičiuojamas elektros energijos suvartojimo ir BVP, vienam gyventojui, koreliacijos koeficientas r pagal formulę:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} = \frac{-57888,38}{79809,22} = -0,725 \quad (13)$$

- 3) Koreliacijos koeficientų skaičiavimai kartojami visiems 300 namų ūkių. Gauti rezultatai pateikiami 13, 14 ir 15 lentelėse:

13 lentelė. Namų ūkių, vartojančių iki 1000 kWh per metus, paklausos koreliacija su BVP, tenkančiu vienam gyventojui.

	Koreliacijos rodiklis
Vartojimo koreliacija su BVP (miesto teritorijose)	-0,376
Vartojimo koreliacija su BVP (kaimo teritorijose)	-0,155
Bendra vartojimo koreliacija su BVP	-0,265

Namų ūkių suvartojančių iki 1000 kWh, suvartojimo ir BVP vienam gyventojui, palyginamosiomis kainomis, gaunama -0,265. Analizuojant šį rezultatą, matome, kad koreliacija yra nereikšminga (koreliacijos rodiklis $< -0,3$). Taip pat galime pastebėti, kad koreliacijos koeficientas yra neigiamas. Neigiama koreliacija parodo, kad kylant BVP vienam gyventojui rodikliui, suvartojimas mažėjo. Rezultatas parodo, kad gyventojų pajamų augimas nedaro reikšmingos įtakos namų ūkio vartojimui, ypač trumpuoju laikotarpiu. Namų ūkių suvartojančių iki 1000 kWh, elektros energijos suvartojimo pokytis, keičiantis BVP, vienam gyventojui, rodikliui, pateiktas 1 priede.

14 lentelė. Namų ūkių, vartojančių nuo 1000 iki 5000 kWh per metus, paklausos koreliacija su BVP, tenkančiu vienam gyventojui.

	Koreliacijos rodiklis
Vartojimo koreliacija su BVP (miesto teritorijose)	0,189
Vartojimo koreliacija su BVP (kaimo teritorijose)	-0,147
Bendra vartojimo koreliacija su BVP	0,021

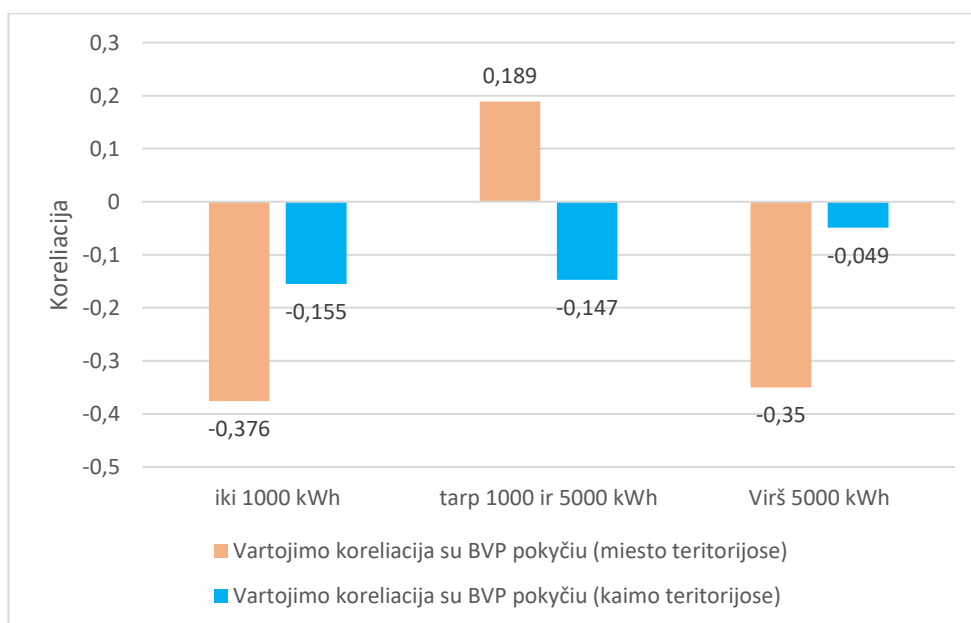
Namų ūkių suvartojančių nuo 1000 kWh iki 5000 kWh, suvartojimo ir BVP vienam gyventojui, palyginamosiomis kainomis, gaunama -0,021. Analizuojant šį rezultatą, matome, kad koreliacija yra nereikšminga (koreliacija < -0,3). Taip pat galime pastebėti, kad koreliacijos koeficientas yra neigiamas. Neigiama koreliacija parodo, kad kylant BVP vienam gyventojui rodikliui, suvartojimas mažėjo. Rezultatas parodo, kad gyventojų pajamų augimas nedaro reikšmingos įtakos namų ūkio vartojimui, ypač trumpuoju laikotarpiu. Namų ūkių suvartojančių nuo 1000 iki 5000 kWh, elektros energijos suvartojimų pokyčiai, keičiantis BVP, vienam gyventojui, rodikliui, pateikti 2 priede.

15 lentelė. Namų ūkių, vartojančių virš 5000 kWh per metus, paklausos koreliacija su BVP, tenkančiu vienam gyventojui.

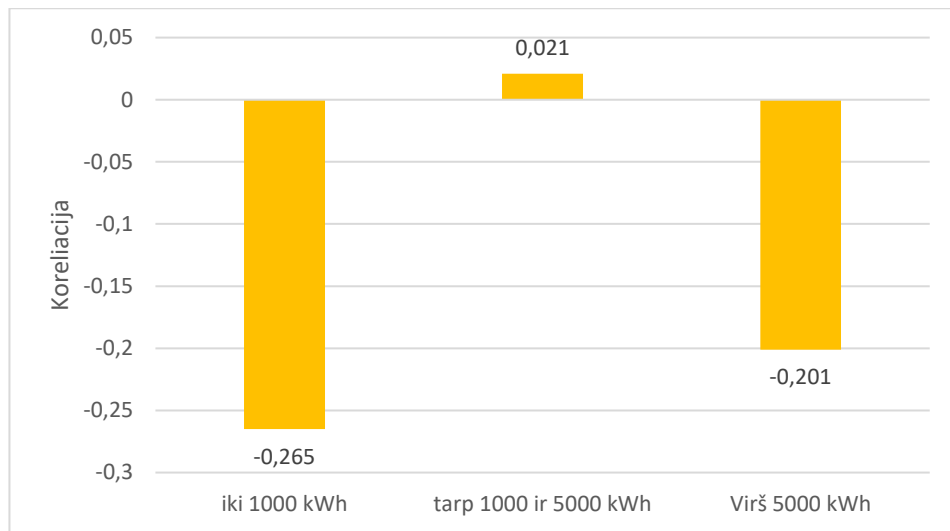
	Koreliacijos rodiklis
Vartojimo koreliacija su BVP (miesto teritorijose)	-0,350
Vartojimo koreliacija su BVP (kaimo teritorijose)	-0,049
Bendra vartojimo koreliacija su BVP	-0,201

Namų ūkių suvartojančių virš 5000 kWh, suvartojimo ir BVP vienam gyventojui, palyginamosiomis kainomis, koreliacija gaunama -0,201. Analizuojant šį rezultatą, matome, kad koreliacija yra nereikšminga (koreliacija < -0,3). Taip pat galime pastebėti, kad koreliacijos koeficientas yra neigiamas. Neigiama koreliacija parodo, kad kylant BVP vienam gyventojui rodikliui, suvartojimas mažėjo. Rezultatas parodo, kad gyventojų pajamų augimas nedaro reikšmingos įtakos namų ūkio vartojimui, ypač trumpuoju laikotarpiu. Namų ūkių suvartojančių daugiau nei 5000 kWh, elektros energijos suvartojimų pokyčiai, keičiantis BVP, vienam gyventojui, rodikliui, pateikti 3 priede.

18 paveiksle pavaizduoti koreliacijos koeficientų skirtumai tarp skirtingų suvartojimo grupių ir miesto ir kaimo vartotojų. Iš 18 paveikslo matome, kad pajamų pasikeitimai daugiau įtakos daro miestuose esantiems namų ūkiams, nei kaimo teritorijose esantiems namų ūkiams.



18 pav. Vartojimo koreliacija su BVP, tarp skirtingų suvartojimo grupių ir namų ūkio lokacijų

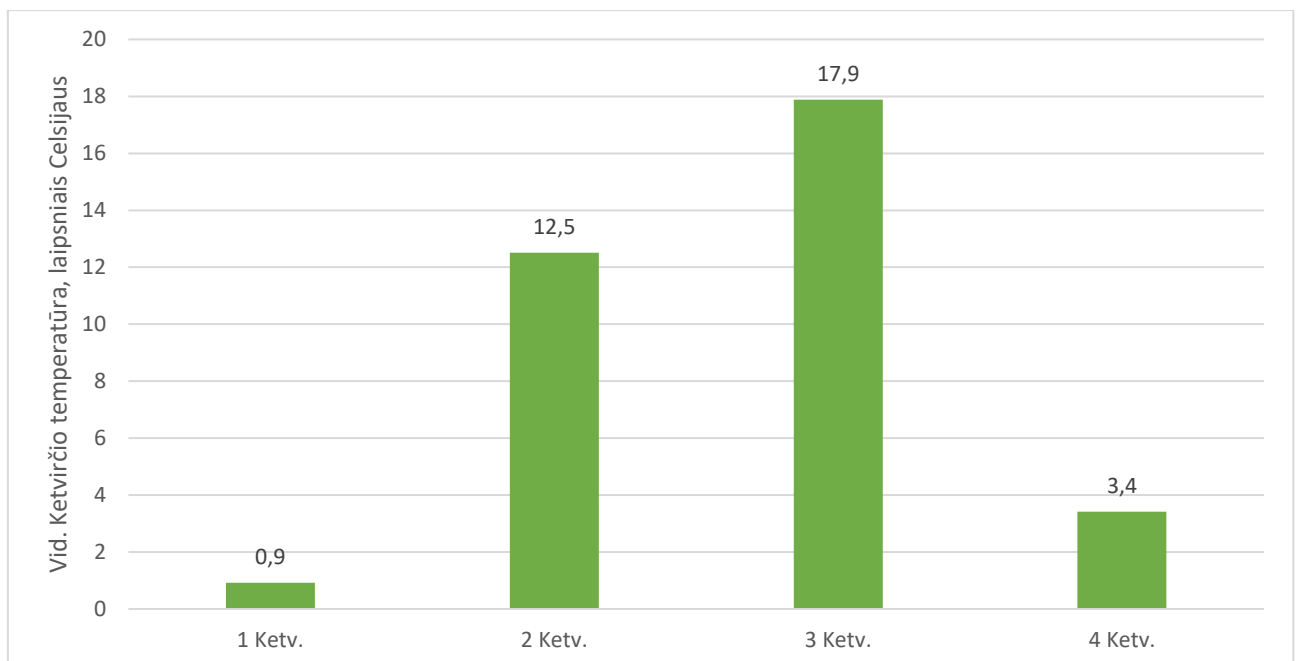


19 pav. Vartojimo koreliacija su BVP tarp skirtingai vartojančių namų ūkių.

Iš 19 paveikslo matome, kad besikeičiantis ekonominis lygis nekoreliuoja su namų ūkių elektros energijos vartojimui. Gaunami koreliacijos koeficientai, mažesni už 0,3, yra nereikšmingi. Teoriškai, augant ekonominiam lygiui turėtų augti ir vartojimas, tačiau rezultatas gaunamas atvirkštinis. Tokius rezultatus lemia nedidelis, vienerių metų tyrimo laikotarpis ir sezoniškumas, susijęs su oro temperatūros pokyčiais. Sezoniškumo įtaka analizuojama 3.3. poskyryje.

3.3. Elektros energijos paklausos ryšio su oro temperatūra įvertinimas

Namų ūkių elektros energijos paklausos ryšio su oro temperatūra įvertinimui, naudojami Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos „Meteo“ 2023 metų ketvirčių, vidutinių oro temperatūrų duomenys. 2023 metų ketvirčių vidutinės oro temperatūros pavaizduotos 20 paveiksle.



20 pav. 2023 metų ketvirčių vidutinės oro temperatūros [28].

Elektros energijos suvartojimo ir oro temperatūros koreliacinė analizė atlikta remiantis 2.4 poskyryje pateikta metodika. Pateikiamas skaičiavimo pavyzdys, koreliacijos tarp ketvirtinio 2023 metų namų ūkio suvartojimo ir 2023 metų ketvirčio vidutinės oro temperatūros, koeficientui apskaičiuoti vienam namų ūkiui, suvartojančiam iki 1000 kWh per metus:

- 1) Naudojami 2023 metų ketvirčių suminiai elektros energijos suvartojimo ir vidutinės oro temperatūros duomenys. 16 lentelėje pateikti vieno namų ūkio ketvirtiniai 2023 metų namų ūkio suvartojimo kiekiai ir 2023 metų ketvirtinė vidutinė oro temperatūra.

16 lentelė. Ketvirtiniai 2023 metų namų ūkio vartojimo kiekiai ir 2023 metų ketvirtinė vidutinė oro temperatūra.

Ketvirtis	Suvartojimas, kWh	Oro temperatūra, laipsniais Celsijaus
2023K1	280,91	0,9
2023K2	128,54	12,5
2023K3	85,31	17,9
2023K4	244,09	3,4

- 2) Skaičiuojamas elektros energijos suvartojimo ir oro temperatūros koreliacijos koeficientas r pagal formulę:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} = \frac{-2189,088}{2198,973} = -0,996 \quad (14)$$

- 3) Koreliacijos koeficientų skaičiavimai kartojami visiems 300 namų ūkių. Gauti rezultatai pateikiami 17, 18 ir 19 lentelėse.

17 lentelė. Namų ūkių, vartojančių iki 1000 kWh per metus, paklausos ir oro temperatūros koreliacija.

	Koreliacijos rodiklis
Vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra (miesto teritorijose)	-0,290
Vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra (kaimo teritorijose)	-0,313
Bendra vartojimo koreliacija su oro temperatūros pokyčiu	-0,302

Namų ūkių suvartojančių mažiau nei 1000 kWh per metus, suvartojimo kiekio ir oro temperatūros koreliacija gaunama -0,302. Iš šio rezultato matome, kad tai yra silpna koreliacija tarp elektros energijos paklausos ir oro temperatūros. Koreliacijos rodiklis gaunamas neigiamas, kas rodo, kad ryšys tarp elektros energijos suvartojimo ir oro temperatūros yra priešingas. Tai reiškia, kad kylant oro temperatūrai, suvartojimas mažėja ir atvirkščiai. Lyginant koreliacijos rodiklius miesto -0,29 ir kaimo -0,313 teritorijose, skirtumas yra nedidelis, kas parodo, kad besikeičiant temperatūrai, vartotojai reaguoja panašiai. Namų ūkių suvartojančių mažiau nei 1000 kWh, elektros energijos suvartojimų pokyčiai, keičiantis oro temperatūrai, pateikti 4 priede.

18 lentelė. Namų ūkių, vartojančių nuo 1000 iki 5000 kWh per metus, paklausos ir oro temperatūros koreliacija.

	Koreliacijos rodiklis
Vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra (miesto teritorijose)	0,195
Vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra (kaimo teritorijose)	-0,287
Bendra vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra	-0,046

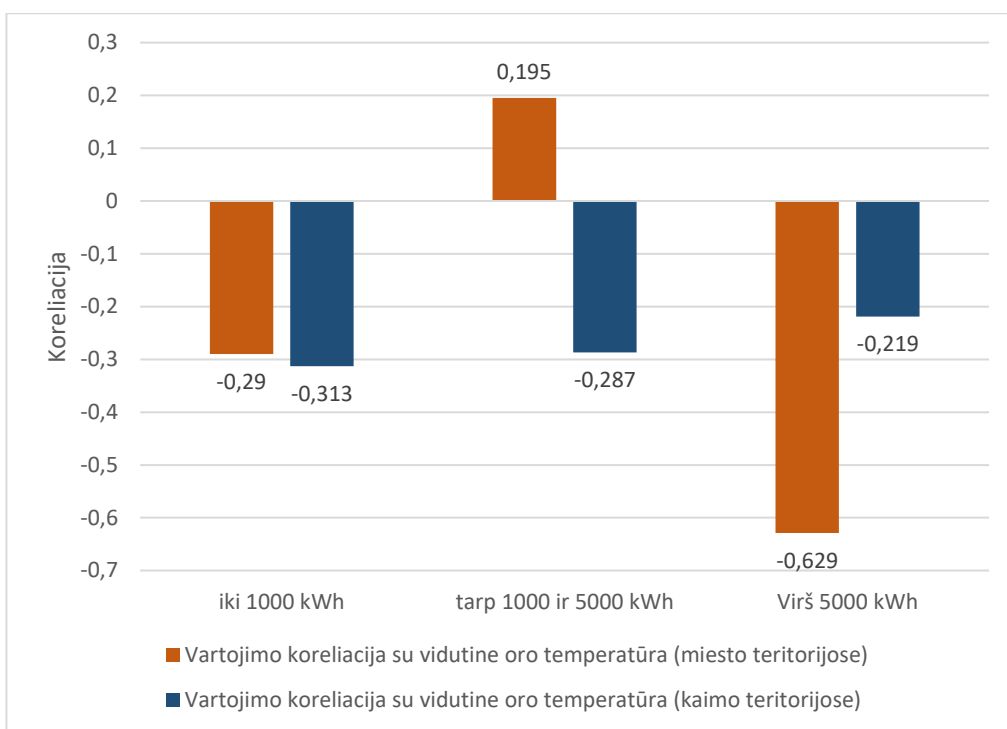
Namų ūkių suvartojančių nuo 1000 iki 5000 kWh per metus, suvartojimo kiekio ir oro temperatūros koreliacija gaunama -0,046. Iš šiuo rezultato matome, kad yra koreliacija tarp elektros energijos paklausos ir oro temperatūros yra nereikšminga ir krentant temperatūrai šiek tiek auga vartojimas. Koreliacijos rodiklis mieste gaunamas teigiamas 0,195, kas rodo, kad krentant temperatūrai krenta ir vartojimas. Rezultato išskirtinumą galėjo lemti atsitiktinai tyrimui pasirinkti miesto namų ūkiai, kurių vartojimo augimui, neturi įtakos temperatūros kritimas. Namų ūkių suvartojančių nuo 1000 iki 5000 kWh, elektros energijos suvartojimų pokyčiai, keičiantis oro temperatūrai, pateikti 5 priede.

19 lentelė. Namų ūkių, vartojančių virš 5000 kWh per metus, paklausos ir oro temperatūros koreliacija.

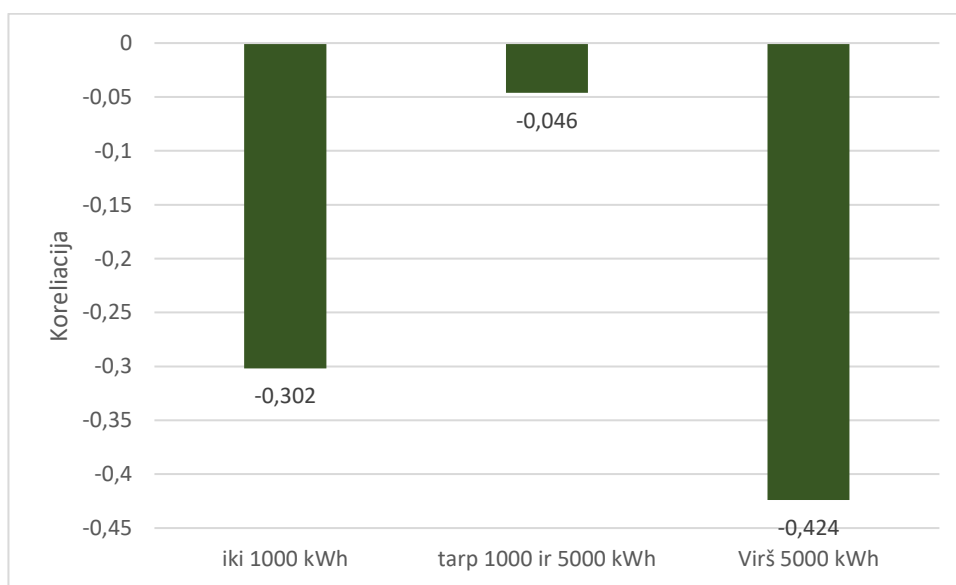
	Koreliacijos rodiklis
Vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra (miesto teritorijose)	-0,629
Vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra (kaimo teritorijose)	-0,219
Bendra vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra	-0,424

Namų ūkių suvartojančių daugiau nei 5000 kWh per metus, suvartojimo kiekio ir oro temperatūros koreliacija gaunama -0,424. Iš šiuo rezultato matome, kad yra silpna koreliacija tarp elektros energijos paklausos ir oro temperatūros. Koreliacijos rodiklis gaunamas neigiamas, kas rodo, kad tarp elektros energijos suvartojimo ir oro temperatūros ryšys yra priešingas. Tai reiškia, kad kylant oro temperatūrai, suvartojimas mažėja ir atvirkščiai. Lyginant koreliacijos rodiklius miesto (-0,629) ir kaimo (-0,219) teritorijose galime pastebėti, nemažą skirtumą (0,41). Miesto teritorijose pasiekama, net vidutinė koreliacija ($-0,5 < r < -0,7$). Matome, kad miesto teritorijose esančių vartotojų paklausai, gana nemažai įtakos turi oro temperatūra. Sąlyginai didesnę vartojimo priklausomybę, nuo oro temperatūros lemia tai, kad namų ūkio šildymo ir kiti įrenginiai yra elektriniai. Kaimo teritorijose esančių namų ūkių koreliacijos rodiklis, lyginant su miesto yra mažesnis dėl galimų ar esančių alternatyvų šildymui. Namų ūkių suvartojančių nuo 5000 kWh, elektros energijos suvartojimų pokyčiai, keičiantis oro temperatūrai, pateikti 6 priede.

21 paveiksle pavaizduoti koreliacijos koeficientų skirtumai tarp skirtingų suvartojimo grupių ir miesto ir kaimo vartotojų. Iš 21 paveikslo matome, kad temperatūros pasikeitimai didesnę ryšį turi su vartotojų, esančių kaimo teritorijose namų ūkių suvartojamais elektros energijos kiekiais, išskyrus vartotojų grupę, suvartojančią virš 5000 kWh per metus, kurioje temperatūra didesnę ryšį turi su mieste esančių namų ūkių elektros energijos suvartojimais. Koreliacijos rodiklis mieste esančiai nuo 1000 iki 5000 kWh per metus vartotojų grupei gaunamas teigiamas. Rezultato išskirtinumą galėjo lemti atsitiktinai tyrimui pasirinkti miesto namų ūkiai, kurių vartojimo augimui, neturi įtakos temperatūros kritimas.



21 pav. Vartojimo koreliacija su oro temperatūra, tarp skirtingų suvartojimo grupių ir namų ūkio lokacijos.



22 pav. Vartojimo koreliacija su vidutine oro temperatūra tarp skirtingai vartojančių namų ūkių.

22 paveiksle matome, kad besikeičianti oro temperatūra didžiausią ryšį turi su namų ūkių vartojančių virš 5000 kWh per metus elektros energijos suvartojimo kiekiu (koreliacija: -0,424). Mažiausią vartotojams, kurie vartoja nuo 1000 kWh iki 5000 kWh (koreliacija: -0,046). Didesnį ryšį tarp vartojimo ir oro temperatūros namų ūkių vartojančių virš 5000 kWh vartojimo, lemia didesnė priklausomybė nuo elektros įrenginių naudojamų butyje.

Taip pat iš rezultatų lentelėse ir 1-6 priedų, matome, kad didesnę įtaką suvartojimui metuose turi temperatūros pokyčiai, nei BVP pokyčiai. Krentant temperatūrai vartotojai yra linkę vartoti labiau, nepriklausomai nuo BVP augimo, todėl tai paaiškina neigiamo koreliacijos rodiklio tarp elektros energijos suvartojimo ir BVP, vienam gyventojui rezultatą. Dalinai tokį rezultatą lemia ir sezoninio įtaka.

3.4. Elektros energijos paklausos elastingumo įvertinimas

Elektros energijos paklausos elastingumo, pajamų atžvilgiu, atlikta remiantis 2.6 poskyryje pateikta metodika. Elektros energijos paklausos elastingumo, pajamų atžvilgiu, skaičiavimui naudojami tie patys duomenys kaip ir 3.2. poskyryje, 2023 metų suminiai ketvirčių suvartojimo duomenys ir BVP, vienam gyventojui, ketvirtiniai duomenys, kurie vertinime prilyginami namų ūkio pajamoms. Paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu, apskaičiuojamas pagal 15 formulę:

$$E_I = \frac{\Delta Q\%}{\Delta I\%} = \frac{Q_2 - Q_1}{\frac{I_2 - I_1}{I_1}}; \quad (15)$$

Skaičiavimai kartojami visiems 300 namų ūkių. Gauti rezultatai pateikiami 20, 21 ir 22 lentelėse:

20 lentelė. Namų ūkių, vartojančių iki 1000 kWh per metus, paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu.

	Elastingumo rodiklis
Pajamų elastingumas (miesto teritorijose)	-0,952
Pajamų elastingumas (kaimo teritorijose)	-0,727
Bendras elastingumas	-0,844

Bendras paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu, namų ūkiams, kurie suvartoja mažiau nei 1000 kWh gaunamas -0,844. Iš šio rezultato galime pastebėti, kad elektros energijos paklausa yra neelastinga pajamų pokyčiams. Neigiamas elastingumo rodiklis rodo, kad augant pajamoms mažėja vartojimas. Šį rezultatą būtų galima paaiškinti tuo, kad yra neigiami ryšiai, tarp paklausos ir BVP, vienam vartotojui ir tarp paklausos ir oro temperatūros. Iš 3.2. ir 3.3. poskyrių, namų ūkių vartojančių iki 1000 kWh per metus, rezultatų ir prieduose Nr. 1 ir Nr. 4 pateiktų duomenų, galima, teigti, kad oro temperatūros įtaka paklausai yra didesnė, nei BVP pokyčiai.

21 lentelė. Namų ūkių, vartojančių nuo 1000 kWh iki 5000 kWh per metus, paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu.

	Elastingumo rodiklis
Pajamų elastingumas (miesto teritorijose)	1,459
Pajamų elastingumas (kaimo teritorijose)	-0,651
Bendras elastingumas	0,368

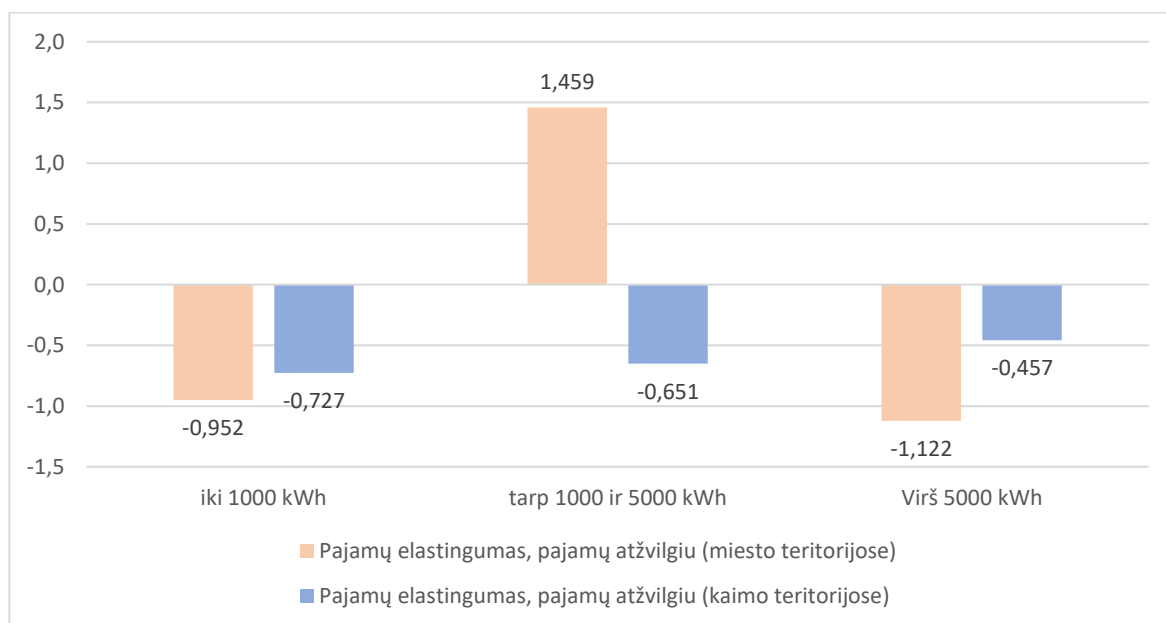
Bendras paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu, namų ūkiams, kurie suvartoja tarp 1000 ir 5000 kWh per metus gaunamas 0,368. Iš šio rezultato galime pastebėti, kad elektros energijos paklausa yra neelastinga pajamų pokyčiams. Teigiamas elastingumo rodiklis miesto teritorijose rodo, kad augant pajamoms – auga vartojimas. Šį rezultatą būtų galima paaiškinti tuo, kad yra teigiamas ryšys, tarp paklausos ir BVP, vienam vartotojui ir tarp paklausos ir oro temperatūros, miesto teritorijose. Vis dėl to šios grupės elastingumo rezultato negalima vertinti, kaip tikslaus. Lyginant su kitų vartojimo grupių ir lokacijų rezultatais, išskirtinai nuo 1000 iki 5000 kWh suvartojimo grupės, miesto teritorijose esančių namų ūkių paklausa yra elastinga, pajamų atžvilgiu ir elastingumo rodiklis yra

teigiamas 1,459. Netikslumą galėjo lemti, atsitiktinai tyrimui pasirinkti miesto namų ūkiai, kurių vartojimo augimui, neturi įtakos temperatūros kritimas.

22 lentelė. Namų ūkių, vartojančių virš 5000 kWh per metus, paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu.

	Elastingumo rodiklis
Pajamų elastingumas (miesto teritorijose)	-1,122
Pajamų elastingumas (kaimo teritorijose)	-0,457
Bendras elastingumas	-0,793

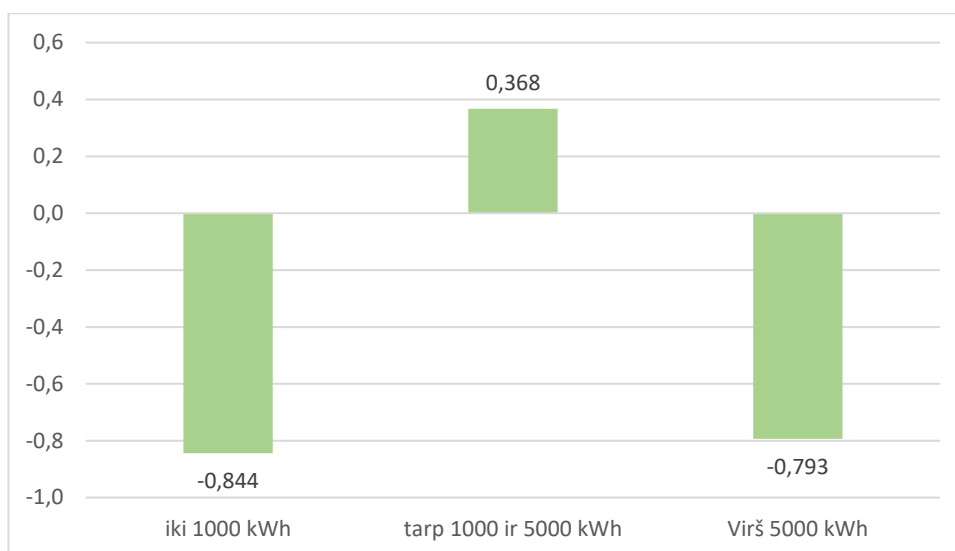
Bendras paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu, namų ūkiams, kurie suvartoja daugiau nei 5000 kWh gaunamas -0,793. Iš šio rezultato galime pastebėti, kad elektros energijos paklausa yra neelastinga pajamų pokyčiams. Neigiamas elastingumo rodiklis rodo, kad augant pajamoms mažėja vartojimas. Šį rezultatą būtų galima paaiškinti tuo, kad yra neigiami ryšiai, tarp paklausos ir BVP, vienam vartotojui ir tarp paklausos ir oro temperatūros. Iš 3.2. ir 3.3. poskyrių, namų ūkių vartojančių virš 5000 kWh per metus, rezultatų ir prieduose Nr. 3 ir Nr. 6 pateiktų duomenų, galima, teigti, kad oro temperatūros įtaka paklausai yra didesnė, nei BVP pokyčiai. Aukštesnį elastingumo, pajamų atžvilgiu, rodiklį (-1,122) miesto teritorijose, lyginant su kaimo teritorijomis, rezultatą lemia didesnis neigiamas ryšys tarp paklausos ir oro temperatūros miesto teritorijose, nei kaimo teritorijose (žr. 21 pav.).



23. pav. Elektros energijos paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu, tarp skirtingų vartojimo grupių ir namų ūkių lokacijų.

23 paveiksle pavaizduoti paklausos elastingumų, pajamų atžvilgiu, skirtumai tarp skirtingų suvartojimo grupių ir miesto ir kaimo vartotojų. Iš 24 paveikslo matome, kad augantis pajamų lygis lemia mažesnę namų ūkių vartojimą. Tačiau išanalizavus ryšius, tarp paklausos su BVP ir oro temperatūros, matome, kad BVP įtaka yra mažesnė nei oro temperatūros įtaka vartojimui, todėl elastingumo rodikliai gaunami neigiami. Vartotojų, esančių miestuose, suvartojančių nuo 1000 iki

5000 kWh per metus, rezultatai skiriasi, nuo kitų suvartojimo grupių rezultatų nes, tyrimui atsitiktinai buvo pasirinkti miesto namų ūkiai, kurių vartojimo augimui, neturi įtakos temperatūros kritimas.



24 pav. Elektros energijos paklausos elastingumai, pajamų atžvilgiu, tarp skirtingų suvartojimo grupių.

3.5. Elektros energijos paklausos valdymo priemonių įtakos įvertinimas

3.5.1. Tapimo gaminančiu vartotoju įtakos vertinimas

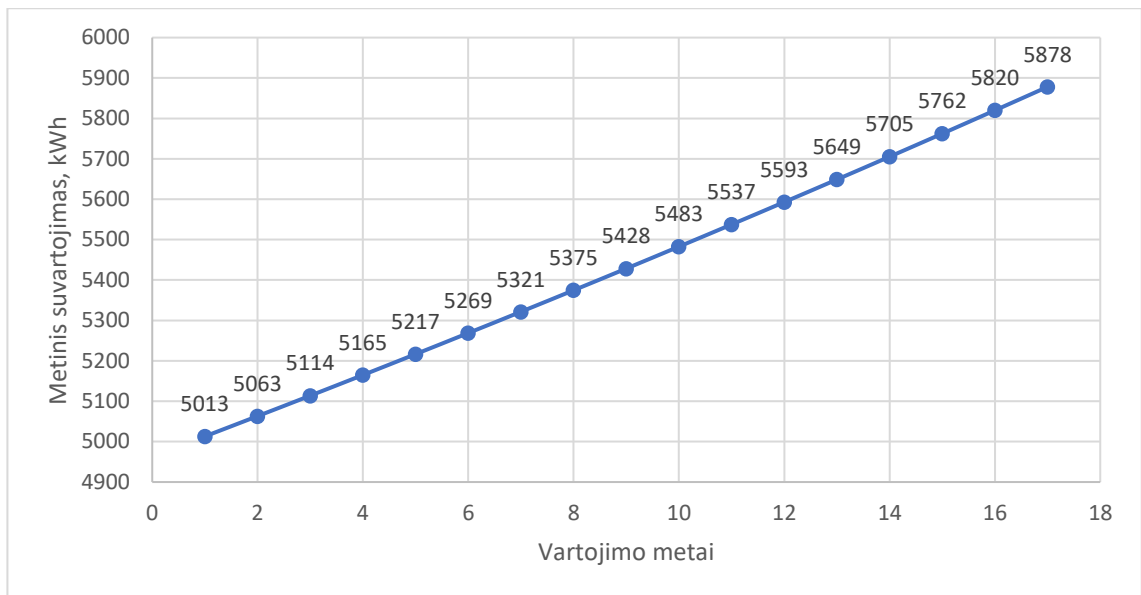
Elektros energijos kainos elastingumas apskaičiuojamas kaip santykis tarp procentinio paklausos pokyčio ir procentinio kainos pokyčio:

$$E_P = \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}}; \quad (16)$$

Iš 16 formulės galima matyti, kad sumažinus elektros energijos kainą ir nekeičiant savo vartojimo įpročių galima sumažinti kainos elastingumą.

Įsirengus saulės elektrinę galima sumažinti elektros energijos paklausos elastingumą. Saulės elektrinės pagaminta, sukaupta ir vėliau susigražinta elektros energija yra pigesnė nei elektros energija, kuri yra perkama iš tiekėjo. Šiam elektros energijos kainos skirtumui pagrįsti yra skaičiuojami saulės elektrinės svertiniai elektros energijos gamybos kaštai LCOE, tapus gaminančiu vartotoju, pagal metodikos 2.6 poskyryje aprašytą 10 formulę.

LCOE skaičiavimui pasirenkamas namų ūkis, kurio metinis suvartojimas yra 5013 kWh ir priimama, kad metinis suvartojimas kasmet augs vienu procentu, lyginant su praeitais metais (25 pav.), jau įvertinus momentinį pagamintos saulės elektrinės energijos suvartojimą. Toks vartojimo augimas priimamas, remiantis tuo, kad Tarptautinės Energetikos Agentūros duomenis, Europos namų ūkių sektoriaus elektros energijos suvartojimas 2016 -2021 metų laikotarpiu, augo vidutiniškai 1,2 proc. [44].



25 pav. Prognozuojamas kasmetinis elektros energijos vartojimo kiekio kitimas.

Saulės elektrinės gamyba nėra pastovi. Pagaminamą energijos kiekį lemia geografinės sąlygos, temperatūra, modulių pastatymo kampas, debesuotumas. Teoriniam saulės elektrinės sugeneruojamos elektros energijos kiekiui įvertinti naudojama programa „PVWatts Calculator“.

Dalį saulės elektrinės energijos namų ūkis suvartojamas, iškart kai sugeneruojamas. 23 lentelėje pateikiamas teorinis pagaminamas saulės elektrinės kiekis konkrečioje vietovėje ir pagaminamas elektros energijos kiekis atiduodamas į skirstomąjį tinklą pasaugojimui įvertinus momentinį suvartojimą, panaudojant panašaus metinio suvartojimo turinčio panašios galios saulės elektrinę, išmaniosios apskaitos duomenis.

23 lentelė. Prognozuojamas teorinis saulės elektrinės energijos pagaminamas kiekis per metus ir teorinis pagaminamas kiekis, įvertinus momentinį suvartojimą.

Saulės elektrinės galia, kW	PVWatts Calculator prognozuojamas teorinis pagaminamas elektros energijos kiekis, kWh	Saulės elektrinės sugeneruotas ir patiektas elektros energijos kiekis per metus į skirstomąjį tinklą, įvertinus momentinį suvartojimą, kWh
9,625	9542	9231

LCOE skaičiuojamas, priimant, kad saulės elektrinės eksploatacinis laikotarpis truks iki saulės modulių garantijos pabaigos. Taip pat atsižvelgiama į šiuos aspektus:

- Efektyvumo kritimą (žr. 5 lentelę), kuris per 25 metų nukris iki 94 proc.;
- Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerijos aplinkos projektų valdymo agentūros paramą teikiamą paramą 255 Eur/kWh [46];
- 4,9 proc. diskonto normą;
- Garantinio tiekimo, standartinio vienos laiko zonos plano tarifą: 0,185 Eur/kWh.

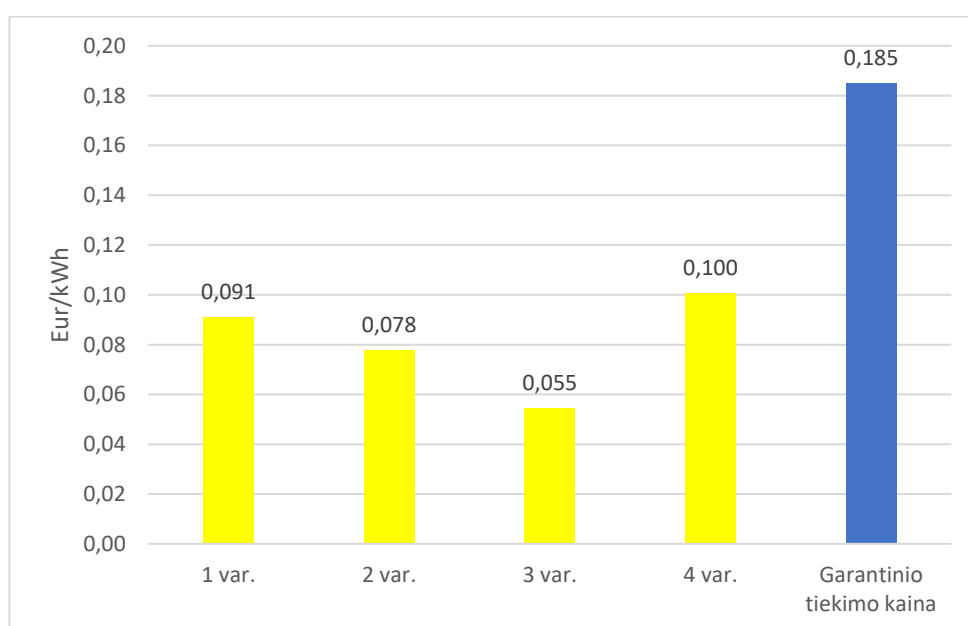
LCOE skaičiuojami, VERT patvirtintiems, gaminančių vartotojų atsiskaitymo būdams pateiktiems 6 lentelėje.

Gauti rezultatai pateikiami 24 lentelėje.

24 lentelė. LCOE, pagal gaminančio vartotojo atsiskaitymo būdą

	Atsiskaitymo būdas	LCOE, Eur/kWh
1 var.	Už atgautą energijos kiekį	0,091
2 var.	Už leistiną generuoti elektrinės galią	0,078
3 var.	Kilovatvalandėmis kiekiu pagal procentus	0,055
4 var.	Pagal elektros energijos persiuntimo paslaugos tarifą	0,100

Lyginant gautus LCOE rezultatus su garantinio tiekimo kainą standartinio tarifo, vienos laiko zonos plano 2024 metų gegužės mėnesio įkainiu 0,184812375 Eur/kWh [40], matome, kad tapus gaminančiu vartotoju savo išlaidas elektros energijai galima sumažinti dvigubai. Teiginio iliustracijai pateikiamas 26 paveikslas, kuriame lyginama elektros energijos kilovatvalandės kaina su keturių variantų LCOE.



26 pav. Garantinio tiekimo kaina, lyginant su gaminančio vartotojo keturių atsiskaitymo būdų LCOE.

Sumažėjus elektros energijos kilovatvalandės kainai sumažėja ir elektros energijos kainos elastingumas ir namų ūkis gali nemažinti savo suvartojimo. Skaičiuojamas elektros energijos kainos elastingumas prieš tampant gaminančiu vartotoju E_P ir tapus gaminančiu vartotoju E_{PGV} , su sąlyga, kad vartojimas išauga vienu procentu:

Elektros energijos kainos elastingumas nesant gaminančiu vartotoju:

$$E_P = \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}} = \frac{\frac{5063,13 - 5013}{5013}}{\frac{0,229658 - 0,28}{0,28}} = -0,056 \quad (17)$$

Čia:

Q_1 – pirmųjų metų suvartojimas, iš grafiko, pateikto 25 paveiksle;

Q_2 – antrųjų metų suvartojimas, iš grafiko, pateikto 25 paveiksle;

P_1 – 2023 metų sausio mėnesio, standartinio, vienos laiko zonos plano tarifas 0,28 Eur/kWh;

P_2 – 2024 metų sausio mėnesio, standartinio, vienos laiko zonos plano tarifas 0,23 Eur/kWh.

Elektros energijos kainos elastingumas tapus gaminančiu vartotoju kiekvienam atsiskaitymo būdo variantui:

$$E_{PGV1} = \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{P_2 - P_1}}{\frac{Q_1}{P_1}} = \frac{\frac{5063,13 - 5013}{0,090912 - 0,28}}{\frac{5013}{0,28}} = -0,015 \quad (18)$$

$$E_{PGV2} = \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{P_2 - P_1}}{\frac{Q_1}{P_1}} = \frac{\frac{5063,13 - 5013}{0,077665 - 0,28}}{\frac{5013}{0,28}} = -0,014 \quad (19)$$

$$E_{PGV3} = \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{P_2 - P_1}}{\frac{Q_1}{P_1}} = \frac{\frac{5063,13 - 5013}{0,054547 - 0,28}}{\frac{5013}{0,28}} = -0,012 \quad (20)$$

$$E_{PGV4} = \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{P_2 - P_1}}{\frac{Q_1}{P_1}} = \frac{\frac{5063,13 - 5013}{0,10043 - 0,28}}{\frac{5013}{0,28}} = -0,016 \quad (21)$$

Čia:

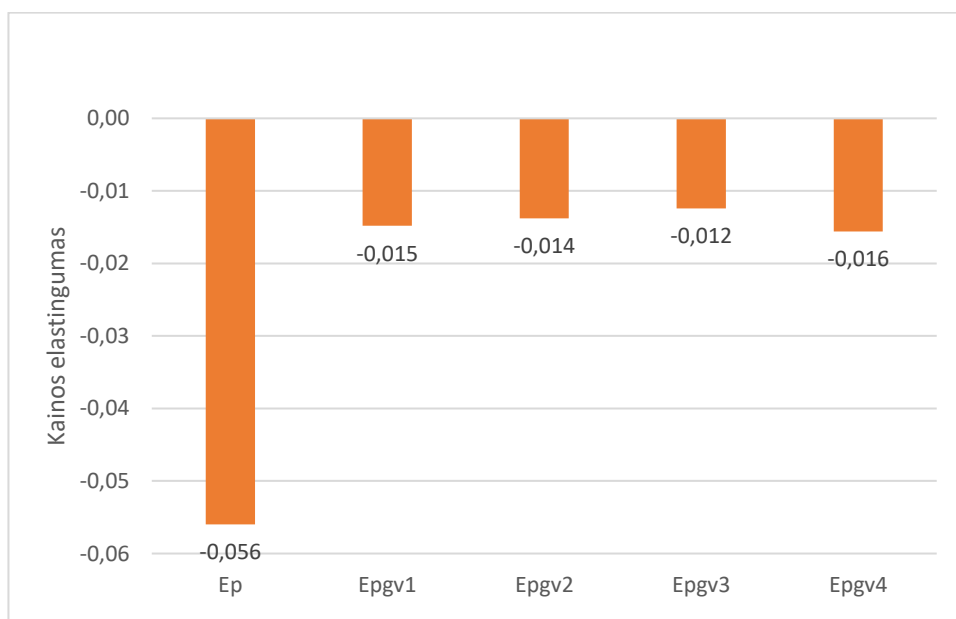
Q_1 – pirmųjų metų suvartojimas, kWh, iš grafiko, pateikto 25 paveiksle;

Q_2 – antrųjų metų suvartojimas, kWh, iš grafiko, pateikto 25 paveiksle;

P_1 – 2023 metų sausio mėnesio, standartinio, vienos laiko zonos plano tarifas 0,28 Eur/kWh,

P_2 – LCOE, Eur/kWh, tapus gaminančiu vartotoju, iš 24 lentelės.

Gauti rezultatai pateikiami 27 paveiksle iš kurios matome, kad tapimas gaminančiu vartotoju sumažina vartotojo kainos elastingumą ir namų ūkis tampa mažiau jautrus elektros energijos kainos pokyčiams.



27 pav. Kainos elastingumų palyginimai įsirengus saulės elektrinę.

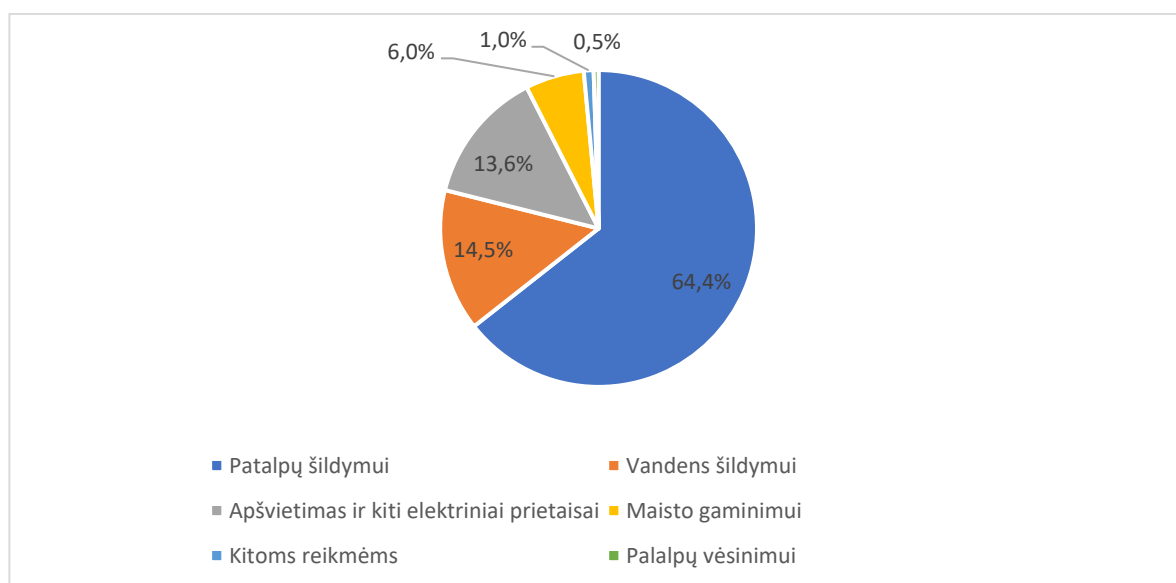
Analizuojant rezultatus, kad įsirengus saulės elektrinę ir tapus gaminančiu vartotoju galima sumažinti savo išlaidas elektros energijai daugiau nei 3,5 karto, priklausomai nuo pasirinkto atsiskaitymo būdo ir nuo elektros energijos kainos, mokamos elektros energijos tiekėjui. Tapimas gaminančiu vartotoju gali padidinti vartojimo stabilumą, esant elektros kainų pokyčiams.

Vartojimo stabilumas, esant kainų pokyčiams, gali būti naudingas tiekėjams ir energetikos sistemai dėl keleto priežasčių:

1. Energetikos sistemos stabilumas. Didelis elektros energijos kainos elastingumas gali sukelti neprognozuojamus apkrovų svyravimus elektros tinkle, kurie gali priversti tiekėjus naudoti papildomus resursus ir infrastruktūrą, kad išlaikytų sistemos stabilumą.
2. Prognozuojami pajamų srautai. Mažesnis elektros energijos kainos elastingumas reiškia, kad elektros energijos paklausos svyravimai yra mažesni. Tai leidžia elektros tiekėjams tiksliau prognozuoti būsimus pajamų srautus. Kai elektros energijos paklausa yra stabili, tiekėjai gali geriau planuoti savo veiklą, nes jie gali numatyti, kokios pajamos bus gautos iš elektros pardavimo. Tai yra svarbu sudarant biudžetus, planuojant investicijas.
3. Tikslus investicijų planavimas. Mažesnis kainos elastingumas leidžia tiekėjams tiksliau prognozuoti elektros energijos paklausą. Kai vartojimas yra stabilesnis ir mažiau jautrus, esant kainų pokyčiams, tiekėjai gali geriau numatyti, kiek elektros energijos bus suvartojama įvairiais laikotarpiais. Šios prognozės yra būtinos, planuojant gamybos ir tiekimo infrastruktūros plėtrą, modernizavimą ar naujų technologijų diegimą.

3.5.2. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos vertinimas

Efektyvus elektros energijos naudojimas gali sumažinti sąskaitas už elektros energiją. Mažesnis energijos sunaudojimas, gali sumažinti priklausomybę nuo elektros kainų svyravimų. Analizuojant sritis, kur ir kiek būtų galima efektyvinti vartojimą būtina žinoti namų ūkio elektros energijos vartojimo poreikius. „Eurostat“ 2021 metų duomenimis energijos namų ūkyje daugiausiai energijos suvartojama patalpų šildymui – 64,4 proc., vandens šildymui – 14,5 proc., ir apšvietimo, bei kitų įrenginių naudojimui – 13,6 proc. Metinio vidutinio namų ūkio suvartojimo pjūvis pavaizduotas 28 paveiksle.

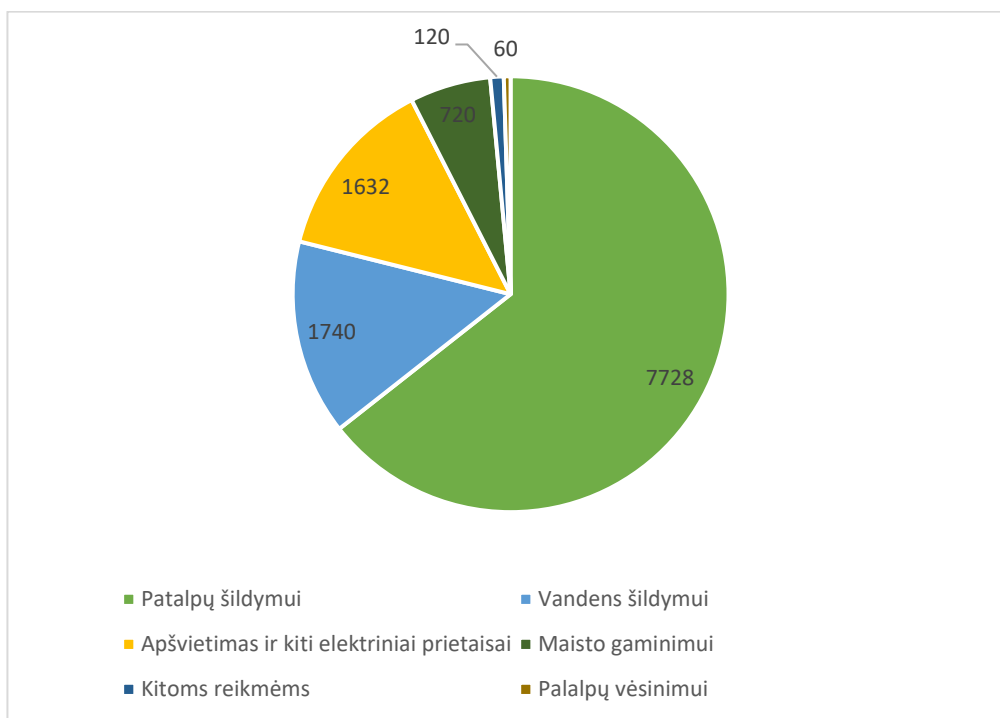


28 pav. Galutinio elektros energijos vartojimo struktūra, proc., ES namų ūkiuose [47].

Būdas sumažinti savo elektros energijos vartojimo paklausą yra elektros energijos efektyvesnis vartojimas. Tarptautinė Energetikos Agentūra pateikia duomenis ir rezultatus, kaip įdiegus įvairius spendimus galima sumažinti savo elektros energijos vartojimo paklausą. Šie duomenys ir rezultatai aprašyti metodologijos 2.7 poskyryje.

Efektyvesnio vartojimo, įdiegus aukščiau paminėtus metodus, įtaką skaičiuojama vartotojui, kuris suvartoja 12000 kWh elektros energijos per metus.

Suvartojimo kiekis išskirstomas pagal vartojimo rūšį ir pateikiamas 29 paveiksle:



29 pav. Galutinio elektros energijos vartojimo struktūra, kWh

Energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemonių įdiegimo sutaupyta energijos kiekis įvertinamas pagal 2.6. poskyryje pateikiamą metodiką:

Patalpų šildymui:

$$E_{SP} = 7728 \cdot 0,07 = 540,96 \text{ kWh} \quad (22)$$

Vandens šildymui:

$$E_{S\check{S}} = 1740 \cdot 0,08 = 139,2 \text{ kWh} \quad (23)$$

Oro kondicionavimui:

$$E_{SO} = 60 \cdot 0,1 = 6 \text{ kWh} \quad (24)$$

Panaudojant šias tris energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemones galima sutaupyti 686,16 kWh elektros energijos, per metus.

Atsižvelgiant į garantinio tiekimo standartinio, vienos laiko zonos gegužės mėnesio kainą 0,185 Eur/kWh:

$$686,16 \cdot 0,185 = 126,82 \text{ Eur} \quad (25)$$

Taigi matome, kad įdiegus, didelių investicijų nereikalaujančias, komforto nesumažinančias ir energijos efektyvumą didinančias priemones galima sumažinti metinį suvartojimą iki 6 proc., o metinę elektros energijos sąskaitą, esant pastoviai kainai ir nekeičiant vartojimo įpročių, konkrečiu, analizuotu atveju, sumažinti 126,82 Eur.

Išvados

1. Išanalizavus mokslinius straipsnius pastebėta, kad elektros energija yra neelastinga prekė (elastingumo koeficientas < 1), nes elektros energijos vartojimas iš esmės lengvai nėra pakeičiamas kita elektros energijos rūšimi. Elektros energijos paklausai įtakos turi daugelis veiksnių: elektros energijos kaina, namų ūkio pajamų kitimas, vietovės klimato pasikeitimai, vartojimo įpročiai ir namų ūkio lokacija. Pastebėta, kad efektyvesnis elektros energijos vartojimas ir saulės elektrinės sugeneruotos energijos panaudojimas, gali sumažinti elektros energijos paklausos elastingumą.
2. Atlikta paklausos ir kainos elastingumų tyrimų metodikų analizė rodo, kad metodikos gali būti įvairios priklausomai nuo tyrimo objektų ir turimų duomenų. Atsižvelgiant į duomenų prieinamumą ir rezultatų tikslumą tyrimo objektai (300 namų ūkių) išskirstomi į grupes, pagal metinį suvartojimo kiekį ir pagal namų ūkio lokacijas: kaimo ir miesto. Kainos elastingumui įvertinti atliekama regresinė analizė, atsižvelgiant į regresinės analizės metodo tikslumą. Elektros energijos paklausos ryšį su paklausai įtaką darančiais rodikliais, nustatyti, tikslingiausia taikyti koreliacinę analizę. Elektros paklausos valdymo įtakos vertinimą, tikslinga atlikti svertinių elektros energijos gamybos kaštų metodika (LCOE).
3. Tyrimo rezultatai parodė, kad elektros energijos paklausa nėra elastinga, kainos atžvilgiu. Mažiausiai jautri kainos pokyčiams yra namų ūkių grupė, kuri suvartoja daugiau nei 5000 kWh, elastingumo rodiklis -0,012, kurį sąlygoja didelė priklausomybė nuo elektros energijos. Labiausiai jautri kainos pokyčiams yra namų ūkių grupė, kuri suvartoja mažiau nei 1000 kWh, elastingumo koeficientas 0,385, tokį rezultatą lemia, nesezoniškas elektros energijos vartojimas. Lyginant kaimo ir miesto elastingumo rodiklius, didesnis elastingumo rodiklis nustatytas kaimo teritorijose, kuris rodo, kad vartotojai yra jautresni kainos pokyčiams, dėl ženkliai mažesnių gaunamų pajamų.
4. Taikant koreliacinę analizę nustatyta, kad tarp 2023 m., BVP, vienam gyventojui ir elektros energijos suvartojamo kiekio yra nereikšmingas neigiamas ryšys. Tokį rezultatą lemia stipresnis elektros energijos vartojimo ir oro temperatūros ryšys. Tyrimo rezultatai parodė, kad paklausos elastingumas, pajamų atžvilgiu nustatyta, nėra elastingas. Neigiami paklausos elastingumai vartotojų grupėse, kurios suvartoja iki 1000 kWh (-0,844) ir 5000 kWh (-0,793), yra labiau sąlygoti oro temperatūros, nei pajamų pokyčių.
5. Analizuojant elektros energijos paklausos valdymo priemonių įtaką kainos elastingumo mažinimui nustatyta, kad taupant gaminančiu vartotoju, nekeičiant vartojimo įpročių, kainos elastingumą galima sumažinti, net 3,5 karto, priklausomai nuo atsiskaitymo plano. Taip pat nustatyta, kad elektros energijos vartojimą galima sumažinti apie 6 % per metus, įgyvendinant vartojimo efektyvumo didinančias ir papildomų resursų nereikalaujančias priemones, susijusias su elektriniu patalpų ir vandens šildymu, bei vėsinimu.

Literatūros sąrašas

1. International Energy Agency. Data and Statistics. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-05-15]. Prieiga per: <https://www.iea.org/data-and-statistics>
2. Vytautas Snieška, Inelija Ambrasienė, Dalia Bernatonytė, Mindaugas Dapkus, Aldona Juozapavičienė, Aldona Markauskienė, Valentinas Navickas, Violeta Pukelienė, Aniceta Slavinskienė, Gražina Startienė, Julius Urbonas. Mikroekonomika. Kaunas: Technologija, 2010. 52-54 psl. Prieiga per: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/28/mikroekonomika/>
3. Jolanta Paunksnienė, Aušra Liučvaitienė. Mikroekonomika: Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2009. 40-42 psl. Prieiga per: <https://ebooks-vilniustech.lt.ezproxy.ktu.edu/pdfreader/mikroekonomika>
4. Igoris Panovas. Mikroekonomika: Mokomoji knyga. Vilnius: Vite Litera, 2013. 58-61 psl. Prieiga per: <https://repository.mruni.eu/bitstream/handle/007/16926/9789955195078%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. S.M. Ikhtiar Alam. Determinants of Price Elasticity of Demand. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/357164681_Determinants_of_Price_Elasticity_of_Demand
6. Onyekachi Obioha, Olorunisala Mojisola. The Concept of Elasticity of Demand and Why it is Important for a Firm to have The Knowledge of Price Elasticity of Demand. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/301790842_The_Concept_of_Elasticity_of_Demand_and_Why_it_is_Important_for_a_Firm_to_have_The_Knowledge_of_Price_Elasticity_of_Demand
7. Stéphane Auray, Vincenzo Caponi, Benoît Ravel. Price Elasticity of Electricity Demand in France. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/340364621_Price_Elasticity_of_Electricity_Demand_in_France
8. Elisabetta Pellini. Estimating income and price elasticities of residential electricity demand with Autometrics. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988321003078>
9. Maria Florencia Zabaloy, Valentina Viego. Household electricity demand in Latin America and the Caribbean: A meta-analysis of price elasticity. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957178721001673>
10. Anise Rouhani, Habib Rajabi Mashhadi, Mehdi Feizi. Estimating the Short-term Price Elasticity of Residential Electricity Demand in Iran. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.hindawi.com/journals/itees/2022/4233407/>
11. Kabelo Masike, Cobus Vermeulen. The time-varying elasticity of South African electricity demand. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544221022325>

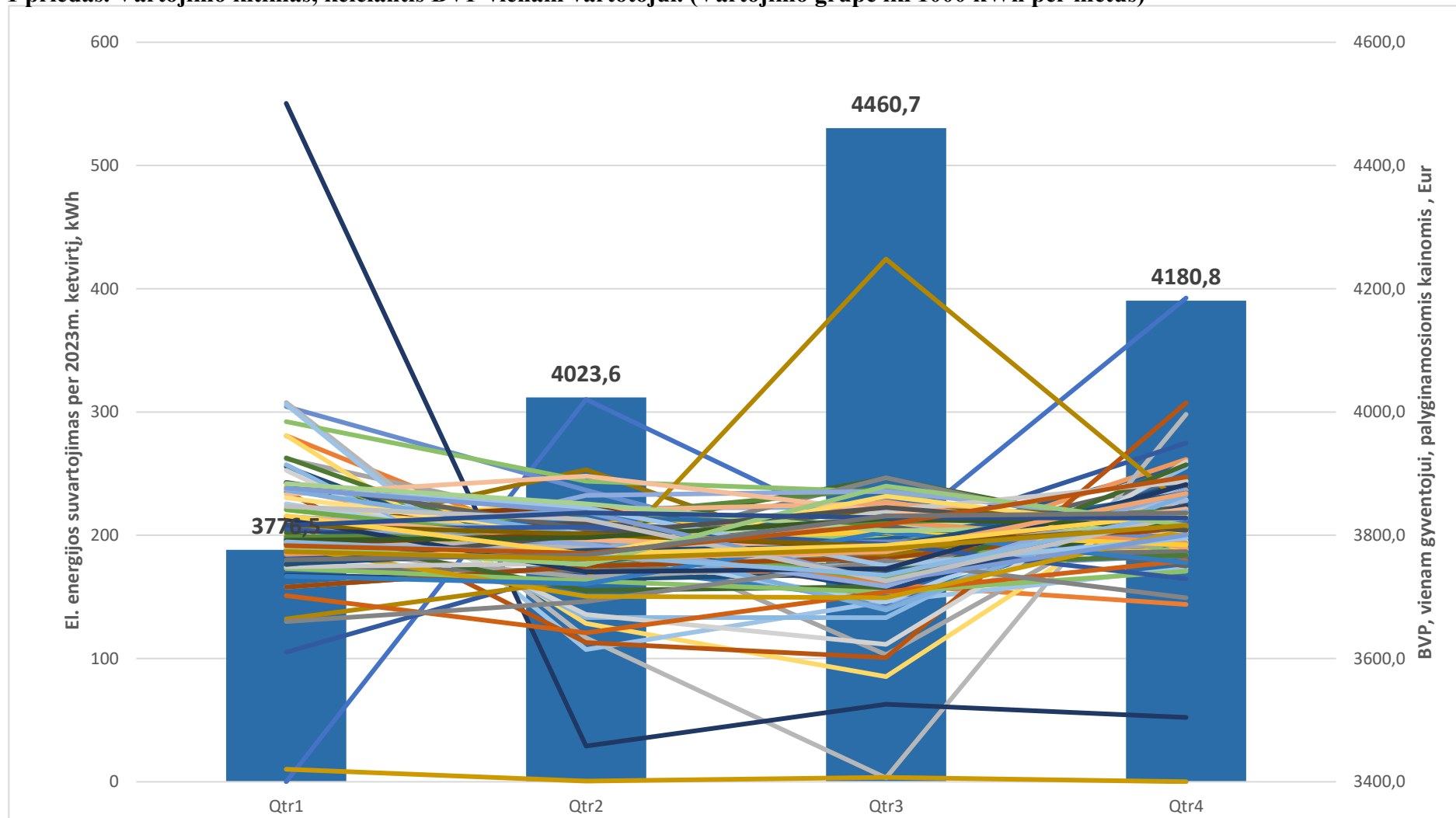
12. Zsuzsanna Csereklyei. Price and income elasticities of residential and industrial electricity demand in the European Union. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421519306664>
13. Brantley Liddle, Hillard Huntington. How prices, income, and weather shape household electricity demand in high-income and middle-income countries. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988320303352>
14. Susana Silva, Isabel Soares, Carlos Pinho. Electricity residential demand elasticities: Urban versus rural areas in Portugal. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544217321084>
15. Jun-Yeol Ryu, Dae-Wook Kim, Man-Keun Kim. Household differentiation and residential electricity demand in Korea. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988320304308>
16. Lilian Maluf de Lima, Mirian Rumenos Piedade Bacchi. Assessing the impact of Brazilian economic growth on demand for electricity. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544219301707>
17. Aleksandra Conevska, Johannes Urpelainen. Weathering electricity demand? Seasonal variation in electricity consumption among off-grid households in rural India. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620300219>
18. Bo Wang, Ziyue Yuan, Xiangxiang Liu, Yefei Sun, Bin Zhang, Zhaohua Wang. Electricity price and habits: Which would affect household electricity consumption? [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821001729>
19. Chandra Kiran B. Krishnamurthy, Bengt Kristrom. A cross-country analysis of residential electricity demand in 11 OECD-countries. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-04]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928765514000803>
20. Michael Chesser, Jim Hanly, Damien Cassells. The positive feedback cycle in the electricity market: Residential solar PV adoption, electricity demand and prices. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/326552332_The_positive_feedback_cycle_in_the_electricity_market_Residential_solar_PV_adoption_electricity_demand_and_prices
21. Xinan Yang, Thanet Chitsuphaphan, Hongsheng Dai, Fanlin Meng. EVB-Supportive Energy Management for Residential Systems with Renewable Energy Supply. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-05-02]. Prieiga per: <https://www.mdpi.com/2032-6653/13/7/122>
22. M. González-Torres, L. Pérez-Lombard, Juan F. Coronel, Ismael R. Maestre, Bertoldi Paolo. Activity and efficiency trends for the residential sector across countries. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-06-01]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778822005990>

23. Vydas Čekanavičius, Gediminas Murauskas. Taikomoji regresinė analizė socialiniuose tyrimuose. Vilniaus universiteto leidykla. 2014 m. 29-30 psl. Prieiga per: <http://www.statistika.mif.vu.lt/wp-content/uploads/2014/04/regresine-analize.pdf>
24. Vydas Čekanavičius, Gediminas Murauskas. Taikomoji regresinė analizė socialiniuose tyrimuose. Vilniaus universiteto leidykla. 2014 m. 34-35, 50-55 psl. Prieiga per: <http://www.statistika.mif.vu.lt/wp-content/uploads/2014/04/regresine-analize.pdf>
25. Shu-Chen Chang. Effects of financial developments and income on energy consumption. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1059056014001130>
26. Oficialiosios statistiko portalas. BVP išlaidų metodu, palyginamosiomis kainomis (grandininio susiejimo metodu). [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-19]. Prieiga per: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize#/>
27. Chukwumeka Chinonso Emenekwe, Nnaemeka Vincent Emodi. Temperature and Residential Electricity Demand for Heating and Cooling in G7 Economies: A Method of Moments Panel Quantile Regression Approach. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-04-18]. Prieiga per: <https://www.mdpi.com/2225-1154/10/10/142>
28. METEO. LHMT Meteorologinių ir hidrologinių stebėjimų archyvas [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-04-06]. Prieiga per: <https://beta.meteo.lt/?pid=archyvas>
29. Lithuania data explorer. International Energy Agency. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-18]. Prieiga per: <https://www.iea.org/countries/lithuania>
30. Subhasis Panda, Pravat Kumar Rout, Binod Kumar Sahu. Residential Sector Demand Side Management: A Review. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-18]. Prieiga per: https://www.researchgate.net/publication/351791035_Residential_Sector_Demand_Side_Management_A_Review
31. Day-ahead prices. Nord Pool. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-02-04]. Prieiga per: <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area/Prices/ALL1/Hourly/?view=table>
32. Buitinių elektros energijos suvartojimo apskaitos sistema „EMCOS“.
33. Lietuvos energetikos agentūra. Gaminantys vartotojai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-19]. Prieiga per: <https://www.ena.lt/gaminantys-vartotojai/>
34. Wei Shen, Xi Chen, Jing Qiu, Jennifer A Hayward, Saad Sayeef, Peter Osman, Ke Meng, Zhao Yang Dong. A comprehensive review of variable renewable energy levelized cost of electricity. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-19]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403212030589X>
35. Citadele. Paskola energetiškai efektyvesniems namams [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-04-07]. Prieiga per: https://www.citadele.lt/lt/private/home-energy-efficiency/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw3NyxBhBmEiwAyofDYTd3Cw3SvyuffKTQSkBQGmzkeYqDeyqWKdoUX7xuiFOINxsCqStopBoCa-4QAvD_BwE
36. ESO. 100 tūkstančių gaminančių vartotojų pagamina beveik pusę Lietuvai reikalingos elektros energijos [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-04-06]. Prieiga per: <https://www.eso.lt/web/100-tukstanciu-gaminanciu-vartotoju-pagamina-beveik-puse-lietuvai-reikalingos-elektros-energijos-info-grafikas-tekste/2917>
37. EST LT. 10 kW saulės PREMIUM elektrinė [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-04-07]. Prieiga per: <https://estsolar.lt/parduotuve/saules-elektrines/saules-elektrines-10kw-kaina/>

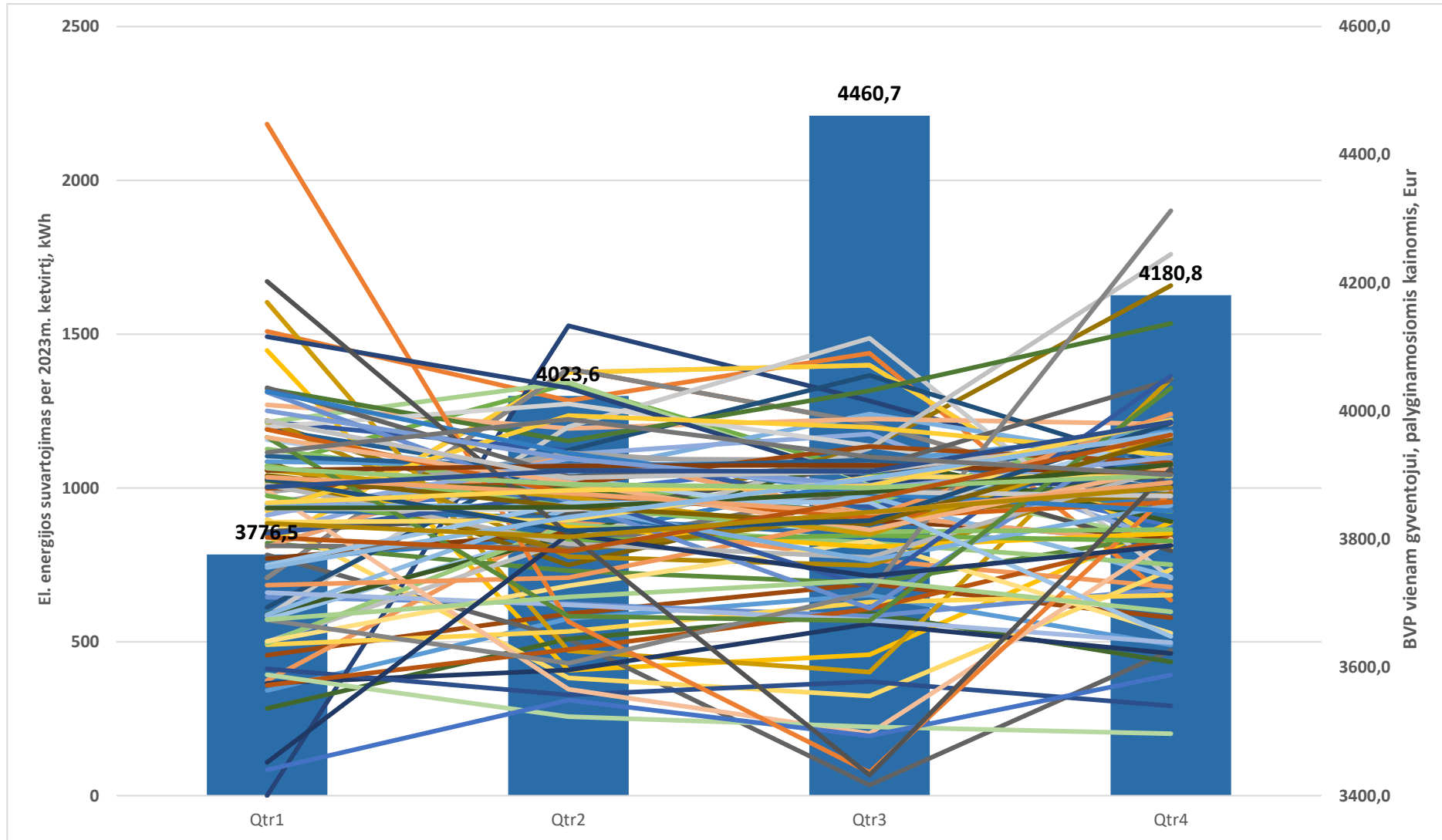
38. VERT. VERT patvirtino elektrą gaminančių buitinių vartotojų naudojimosi elektros tinklais kainą [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-04-05] Prieiga per: <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2023-metai/2023-11-30/vert-patvirtino-elektra-gaminanciu-buitiniu-vartotoju-naudojimosi-elektros-tinklais-kaina.aspx>
39. ESO. Persiuntimo paslaugos kainos nuo 2024.04.01. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-04-07]. Prieiga per: <https://www.eso.lt/lt/namams/elektra/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/persiuntimo-paslaugos-kainos-nuo-2024.04.01.html>
40. International Energy Agency. Saving Energy [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-04-06]. Prieiga per: <https://www.iea.org/topics/saving-energy>
41. ESO. Garantinio tiekimo kaina [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-03-05]. Prieiga per: <https://www.eso.lt/lt/namams/elektra/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/garantinio-tiekimo-kaina.html>
42. Eurostat. Electricity prices for household consumers, first half 2023. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-19]. Prieiga per: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics
43. Sodra. Gyventojų darbo pajamų apžvalga. 2023 m. 2 ketvirtis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-04-19]. Prieiga per: https://www.sodra.lt/uploads/documents/files/20230831_Sodra_2023%20%20ketvircio%20darbo%20pajam%C5%B3%20ap%C5%BEvalga.pdf
44. International Energy Agency. Europe electricity consumption by sector. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-04-19]. Prieiga per: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WEOEUR&fuel=Energy%20consumption&indicator=ElecConsBySector>
45. National laboratory of the U.S. Department of Energy. PVWatts Calculator [interaktyvus]. [žiūrėta 2022-04-06]. Prieiga per: <https://pvwatts.nrel.gov/>
46. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija. Gyventojų saulės elektrinėms – dar 40 mln. eurų paramos kvietimas [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-04-07]. Prieiga per: <https://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/gyventoju-saules-elektrenems-dar-40-mln-euru-paramos-kvietimas/>
47. Eurostat. Energy consumption in households [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-19]. Prieiga per: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households
48. Filippini. Short- and long-run time-of-use price elasticities in Swiss residential electricity demand. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-15]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421511004563>
49. Goran Strbac. Demand side management: Benefits and challenges. [interaktyvus]. [žiūrėta 2024-01-19]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508004606>

Priedai

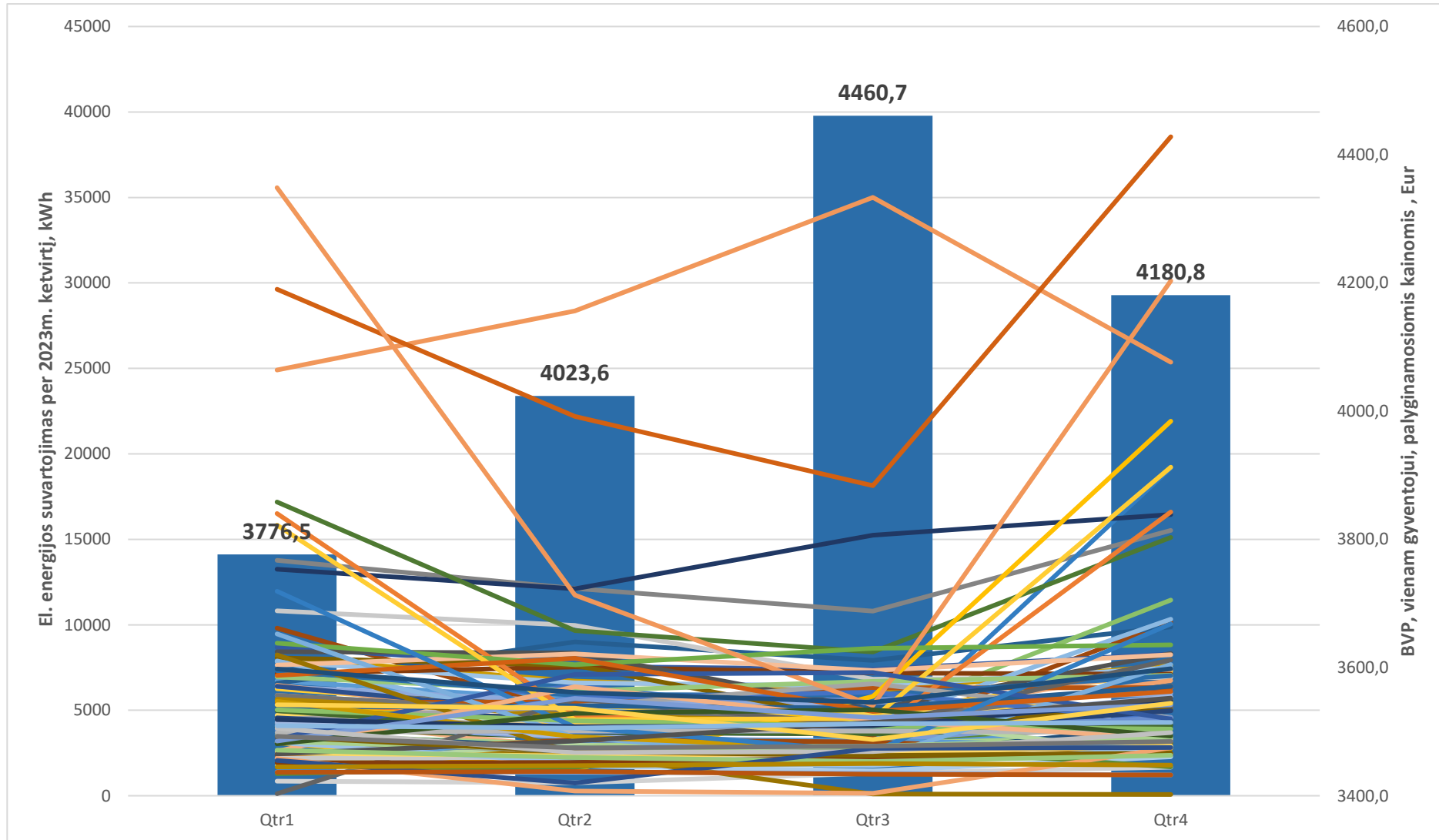
1 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis BVP vienam vartotojui. (Vartojimo grupė iki 1000 kWh per metus)



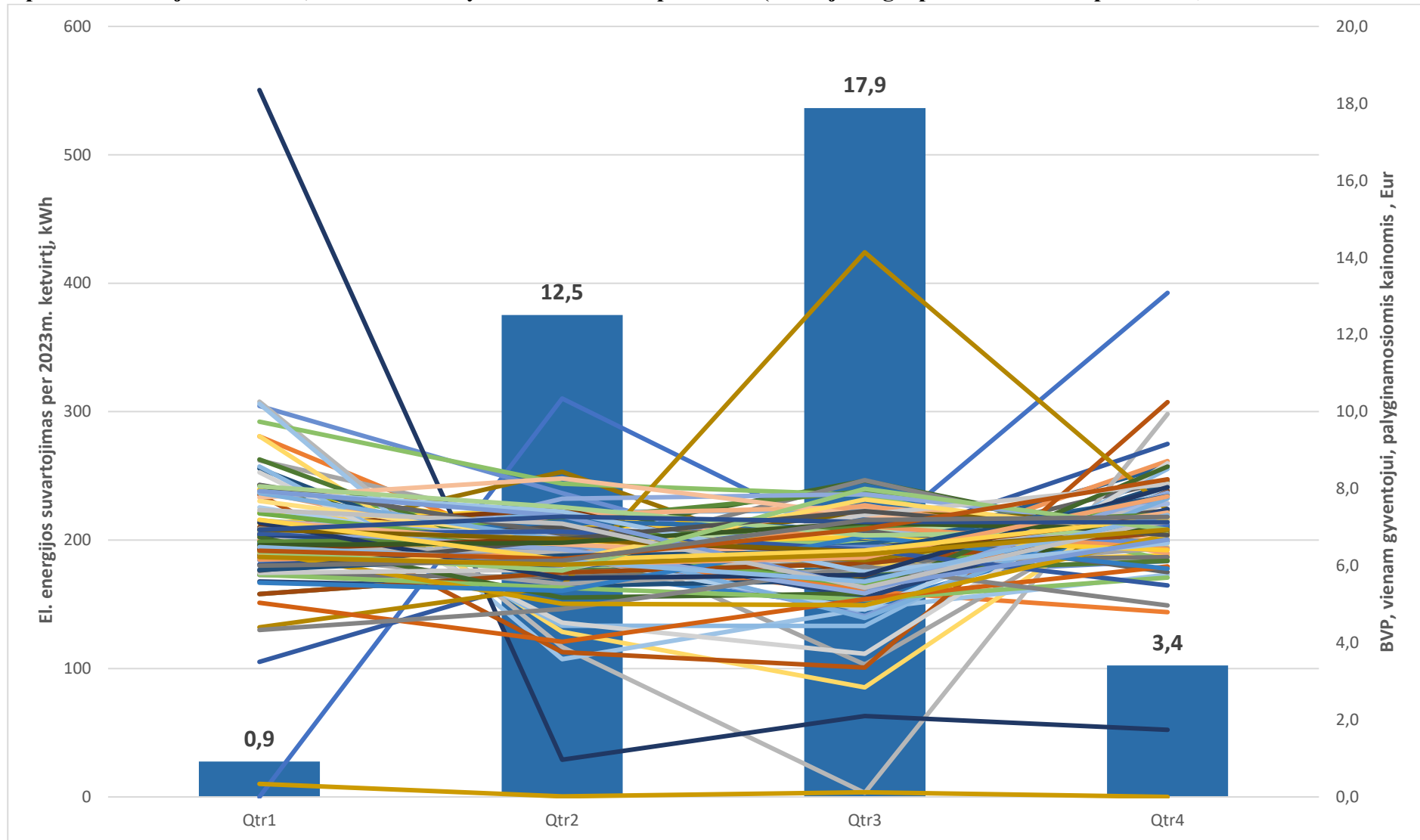
2 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis BVP vienam vartotojui. (Vartojimo grupė nuo 1000 iki 5000 kWh per metus)



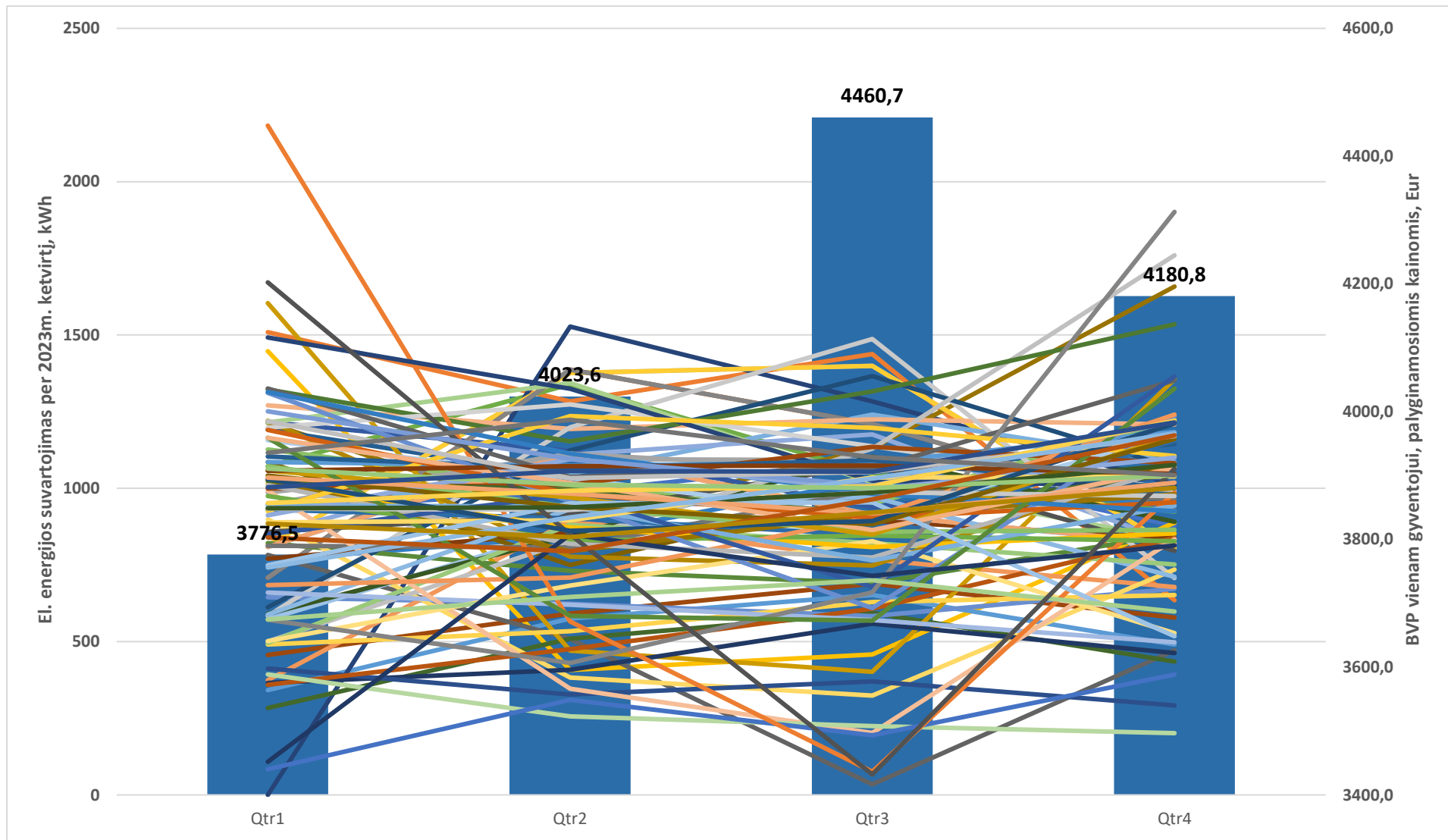
3 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis BVP vienam vartotojui. (Vartojimo grupė virš 5000 kWh per metus)



4 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis metų ketvirčio oro temperatūrai (Vartojimo grupė iki 1000 kWh per metus)



5 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis metų ketvirčio oro temperatūrai (Vartojimo grupė nuo 1000 iki 5000 kWh per metus)



6 priedas. Vartojimo kitimas, keičiantis metų ketvirčio oro temperatūrai (Vartojimo grupė virš 5000 kWh per metus)

