



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

Aistė Degutytė

**NAMŲ ŪKIO ELEKTROS ENERGIJOS POREIKIŲ
PROGNOZAVIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovė

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

Kaunas, 2016

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

**NAMŲ ŪKIO ELEKTROS ENERGIJOS POREIKIŲ
PROGNOZAVIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Elektros energetikos sistemų programa (kodas 621H63005)

Vadovė

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

Recenzentas

Doc. dr. Gytis Svinkūnas

Projektą atliko

Aistė Degutytė

Kaunas 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Aistė Degutytė

(Studento vardas, pavardė)

Elektros energetikos sistemų programa, 621H63005

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Namų ūkio elektros energijos poreikių prognozavimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2016 m. gegužės 23 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Aistės Degutytės**, baigiamasis projektas tema „Namų ūkio elektros energijos poreikių prognozavimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Degutytė, A. Namų ūkio elektros energijos poreikių prognozavimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė ; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2016. 58 psl.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame darbe išanalizuota namų ūkio sektoriaus rodikliai. Atlikta elektros energijos vartojimo tendencijų pokyčių analizė. Prognozuojama elektros energijos poreikių prognozė 2015 – 2030 metais, pritaikant prognozavimo metodus: regresinės analizės, ekonometrinį ir galutinių vartotojų modelius. Įvertinus modelių tikslumą, tiksliausias ir efektyviausias yra ekonometrinis modelis, kai įvertinama bendras vidaus produktas ir kaina.

Reikšminiai žodžiai: Namų ūkis, rodikliai, prognozavimas, tikslumas

Degutytė Aistė. Forecasting of electricity demand for a household. Final project of master's degree / supervisor assoc. prof. Konstantinavičiūtė Inga; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electric Power Systems.

Kaunas, 2016. 58 psl.

SUMMARY

In Masters Paper is analyzed indicators of household. I performed analysis of electricity demand change. I forecasted a electricity demand for a household in 2015 – 2030 years. The forecast is performed forecasting models: regression analysis, econometric and ultimate user. The most definite and effective econometric model, than rateable a gross domestic product and price. This model is most definite, because it satisfy all definitions aspect.

Keywords: Household, indicator, forecasting, defination.

Turinys

Įvadas	8
1. Namų ūkio elektros energijos suvartojimo analizė bei prognozavimas.....	9
2. Namų ūkio sektoriaus specifika	10
2.2. Namų ūkio pajamų ir išlaidų tendencijų analizė	14
2.3. Galutinės energijos suvartojimo namų ūkiuose tendencijų analizė.....	18
2.4. Namų ūkio elektros energijos vartojimo lyginamoji analizė.....	20
3. Veiksnių sąlygojančių elektros energijos poreikius įtakos analizė.....	21
4. Namų ūkio perspektyvinių elektros energijos poreikių prognozavimo metodika	24
4.1. Regresinės analizės modelis.....	26
4.2. Ekonometrinis modelis.....	28
4.3. Galutinių vartotojų modelis.....	32
5. Veiksnių sąlygojančių elektros energijos poreikius prognozavimo prielaidos	34
5.1. Lietuvos BVP augimo scenarijai	34
5.2. Lietuvos gyventojų skaičiaus kitimo scenarijai	36
5.3. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo scenarijai	37
6. Elektros energijos poreikių prognozavimas regresijos analizės modeliu	38
7. Elektros energijos poreikių prognozavimas ekonometrinio modeliu.....	41
8. Elektros energijos poreikių prognozavimas galutinių vartotojų modeliu	46
9. Prognozavimo metodų efektyvumo ir tikslumo įvertinimo metodika	49
9.1. Prognozavimo modelių efektyvumo ir tikslumo įvertinimas	51
10. Išvados	57
11. Literatūros sąrašas.....	58

Iliustracijų sąrašas

1 pav. Bendras Lietuvos gyventojų skaičiaus kitimas.....	11
2 pav. Bendras Lietuvos butų skaičiaus kitimas.	12
3 pav. Bendras Lietuvos gyvenamasis fondas.....	12
4 pav. Naudingasis plotas tenkantis vienam Lietuvos gyventojui.	13
5 pav. Vidutinis Lietuvos buto dydis.	13
6 pav. Lietuvos namų ūkio gyvenamųjų patalpų patogumai.....	14
7 pav. Vidutinės disponuojamosios pajamos per mėnesį vienam Lietuvos namų ūkio nariui.	15
8 pav. Vidutinės vartojimo išlaidos tenkančios Lietuvos vienam namų ūkio nariui per mėnesį eurais.	16
9 pav. Vidutinės vartojimo išlaidos tenkančios Lietuvos vienam namų ūkio nariui per mėnesį procentais.	17
10 pav. Lietuvos bendras vidaus produktas.	18
11 pav. Galutinės energijos suvartojimas Lietuvos namų ūkiuose tūkst. tne.....	18
12 pav. Galutinės energijos suvartojimas Lietuvos namų ūkiuose procentais.	19
13 pav. Elektros energijos suvartojimas Lietuvos namų ūkiuose.	19
14 pav. Elektros energijos suvartojimas vienam gyventojui Europoje.	20
15 pav. Modelio sudarymo etapai	26
16 pav. Lietuvos bendrojo vidaus produkto augimo scenarijai 2000 – 2030 m.....	36
17 pav. Prognozuojamas gyventojų skaičiaus kitimas.	37
18 pav. Elektros energijos poreikio tiesinė priklausomybė nuo bendro vidaus produkto.....	38
19 pav. Elektros energijos poreikių prognozė pagal regresinės analizės modelį.	39
20 pav. Elektros energijos poreikių prognozė pagal regresinės analizės modelį.	40
21 pav. Elektros energijos poreikių prognozė atsižvelgiant tik į BVP augimo scenarijus.....	42
22 pav. Elektros energijos poreikių prognozė įvertinus BVP ir kainos kitimo scenarijus.	44
23 pav. Elektros energijos poreikių prognozė atsižvelgiant į BVP, kainos kitimo bei energijos vartojimo efektyvumo scenarijus.	45
24 pav. Elektros energijos poreikių prognozė pagal galutinių modelį.	48

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Koreliacijos koeficientai.....	23
2 lentelė. Prognozuojamas Lietuvos BVP 2015–2017 m.....	35
3 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė pagal tiesinę priklausomybę.....	39
4 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė pagal tiesinę priklausomybę įvertinus BVP scenarijus:	39
5 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai	40
6 lentelė. Prognozuojamas gyventojų skaičiaus kitimas.....	41
7 lentelė. Prognozuojami BVP kitimo scenarijai.....	41
8 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė atsižvelgiant tik į BVP augimo scenarijus.....	42
9 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai	43
10 lentelė. Elektros energijos suvartojimo kainos.....	43
11 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė atsižvelgiant į BVP augimo scenarijus ir kainą.....	44
12 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai	44
13 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė įvertinus BVP, kainos kitimo bei energijos vartojimo efektyvumo scenarijus.....	45
14 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai	46
15 lentelė. Pagrindinių elektros energijos prietaisų elektros energijos sąnaudos.....	47
16 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai	48
17 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė pagal prognozavimo modelius.....	51
18 lentelė. Vidutinė santykinė paklaida pagal prognozavimo modelius.....	52
19 lentelė. Vidutinis tiesinis nuokrypis pagal prognozavimo modelius.....	53
20 lentelė. Teilo sutapimo koeficientas pagal prognozavimo modelius.....	53
21 lentelė. Daliniai prognozavimo tikslumo matai pagal prognozavimo modelius.....	54
22 lentelė. Ekonometrinio modelio, kai įvertinamas BVP ir kainos elastingumas, efektyvumo palyginamas su kitais analizuotais modeliais.....	55
23 lentelė. Prognozavimo modelių tikslumo ir efektyvumo kriterijai.....	56

Ivadas

Elektros energijos poreikių prognozavimas, tai yra energetikos ūkio planavimo proceso pradžia. Elektros energijos poreikius yra labai sunku prognozuoti, nes juos įtakoja daug veiksnių, pavyzdžiui, bendras vidaus produktas, gyventojų skaičius ar kiti namų ūkio specifikos aspektai, sąlygojami įvairių apibrėžimų.

Aktualumas. Elektros energijos poreikius būtina prognozuoti, nes elektros energijos gamyba turi būti lygi sunaudojamai energijai. Taip pat, energetikos objektai yra brangūs, reikalaujantys daug investicijų, todėl jų statyba gali trukti ne vienerius metus, o jų naudojimo trukmė gali siekti net pusę amžiaus. Dėl šių priežasčių yra siekiama kuo tiksliau prognozuoti elektros energijos poreikį. Taipogi, ilgalaikis prognozavimas energetikoje padeda išryškinti energetikos ūkio vystymosi tendencijas.

Darbo tikslas – išanalizuoti namų ūkio elektros energijos poreikių prognozavimo metodus ir atlikti ilgalaikės perspektyvos prognozę

Uždaviniai:

- išanalizuoti namų ūkio sektoriaus specifiką, pajamas ir išlaidas, bei išlaidų struktūrą;
- atlikti elektros energijos vartojimo tendencijų ir pokyčių analizę;
- atlikti energijos poreikius sąlygojančių veiksnių analizę;
- sudaryti elektros energijos poreikių prognozę pritaikant prognozavimo metodus: regresinės analizės, ekonometrinį, galutinių vartotojų;
- įvertinti modelių tikslumą, bei efektyvumą.

Tyrimų metodika. Duomenų analizė atlikta įvertinant mokslinio tyrimo svarbą, bei baigiamojo darbo uždavinius. Elektros energijos poreikių prognozavimas atliktas trimis prognozavimo modeliais: regresinės analizės, ekonometrinio ir galutinių vartotojų. Prognozavimo metodų efektyvumas pagrįstas tikslumo kriterijais.

Darbo struktūra. Magistrinį darbą sudaro santrauka, turinys, lentelių bei paveikslų sąrašai, pagrindinės 11 dalių: įvadas, 9 dėstymo skyriai, išvados bei literatūros sąrašas. Darbą sudaro 58 puslapiai, 24 paveikslai ir 23 lentelės. Naudoti literatūros sąraše 14 šaltinių.

1. Namų ūkio elektros energijos suvartojimo analizė bei prognozavimas

Prognozavimo esmė – pažinti prognozuojamą procesą, nustatyti jo plėtotės tendencijas. Energijos poreikių prognozavimas, tai viso energetikos ūkio planavimo proceso pradžia. Ilgalaikė prognozė atliekama dešimt metų į priekį ar daugiau. Ilgalaikis prognozavimas energetikoje padeda išryškinti energetikos ūkio vystymosi tendencijas.

Elektros energijos paklausa priklauso nuo šalies ekonomikos rodiklių, išsivystymo lygio, taip pat nuo klimato sąlygų. M. Beccali, M. Cellura, V. Lo Brano, A. Marvuglia analizavo namų ūkio elektros energijos suvartojimą Viduržemio jūros regione, kaip poreikius įtakoja klimato pokyčiai. Stebėjimai vyko Italijoje Palermo mieste. Mokslininkai pastebėjo per dešimtmetį išaugusius elektros energijos poreikius dėl vis plačiau naudojamų kondicionierių sistemų, išsivysčiusiose šalyse.

Šie mokslininkai panaudojo prognozavimo modeliui neuroninius tinklus. Buvo siekiama prognozuoti elektros energijos poreikius darant kuo mažiau klaidų, bei įvertinti kondicionavimo sistemų įtaką. Šiuo modeliu yra skaičiuojama kiek kiekvieną valandą suvartojama elektros energijos, kaip tai įtakoja oro sąlygos, bei prognozė prieš valandą. Šį modelį sudaro keturi kintamieji, kurie kinta kas valandą, tai: klimato sąlygos (temperatūra, santykinis oro drėgnumas, atmosferos slėgis, vėjo greitis ir pan.), elektros energijos suvartojimas, oro kondicionierių įtaka, komforto lygio rodiklis. Pagal šiuos kintamuosius neuroninis tinklas yra apmokamas, ir pagal juos yra prognozuojami elektros energijos poreikiai [1].

Analizuojant energijos poreikius daug dėmesio yra skiriama efektyviam energijos vartojimui, nes tai yra susiję su šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis, kurios įtakoja klimato kaitą. Mokslininkai: Lukas G. Swan, V. Ismet Ugursal straipsnyje aprašo modelius skirtus namų ūkio elektros energijos poreikių analizei. Straipsnyje aptarti išsamūs modeliai yra reikalingi įvertinti namų ūkio elektros energijos suvartojimo tendencijas naudojant efektyvius, energiją taupančius įrenginius, bei propaguojant atsinaujinančią energiją. Aptariami „besileidžiantys“ (*Top-down*) ir „kylantys“ (*Bottom-up*) modeliai. Kylantys modeliai, kuriuose einama nuo smulkesnių dalykų prie stambesnių. Besileidžiantys modeliai, kai einama nuo bendresnių prie smulkesnių dalykų. Kylantys modeliai orientuojami į energetikos sektorių detalizuojant įvairias energijos naudojimo paskirtis, bet agreguojant gamybą. Besileidžiančiais modeliais detalčiai aprašoma energijos gamyba, bet nesigilinama į vartojimo niuansus. Taip pat, šiame straipsnyje yra aptariami, regresinės analizės bei neuroninių tinklų modeliai [2].

Literatūroje didelis dėmesys yra skiriamas elektros energijos ir kuro suvartojimo namų ūkyje pokyčių pagrindinių priežasčių nustatymui. Jordanijos mokslininkai: A. Al-Ghandoor, J.O. Jaber, I. Al-Hinti, I.M. Mansour analizavo namų ūkio energijos suvartojimą, energijos taupymą bei poveikį aplinkai. Taip pat, šiame straipsnyje buvo analizuojamas efektyvių, elektros energiją taupančių įrenginių poveikis,

pvz.: įvertinti aukšto efektyvumo šviestuvai, šaldytuvai, saulės vandens šildymo sistemos ir pan. Dėl šių sistemų panaudojimo yra mažiau sunaudojama elektros energijos, dėl to yra mažinamas šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis. Galutinės energijos vartojimo efektyvumo didinimas yra viena iš efektyviausių būdų mažinti energijos vartojimą namų ūkiuose, taip pat mažina išmetamų teršalų kiekį. Elektros energijos poreikiui prognozuoti yra naudojamas modelis, kuris yra pagrįstas regresine analize. Šiame modelyje yra analizuojama kaip elektros energijos suvartojimą įtakoja kiti veiksniai, ir pagal tai yra prognozuojamas poreikis. Šie veiksniai yra populiacija, gaunamos pajamos, oro sąlygos ir energijos kaina. Buvo nustatyta, kad energijos vieneto kaina, gaunamos pajamos, bei gyventojų skaičius yra svarbiausi kintamieji, kurie įtakoja elektros energijos paklausą. Iš gautų rezultatų, matyti, kad regresinės analizės modeliai gali būti naudojami prognozuoti namų ūkio elektros energijos poreikius [3].

Išanalizavus šiuos straipsnius, galima teigti, kad energijos poreikių prognozavimui naudojami įvairūs metodai, kurie yra pagrįsti anksčiau buvusių elektros energijos suvartojimo duomenų ir juos įtakančių veiksnių ryšio įvertinimu, kas sąlygoja atliekamos prognozės tikslumą.

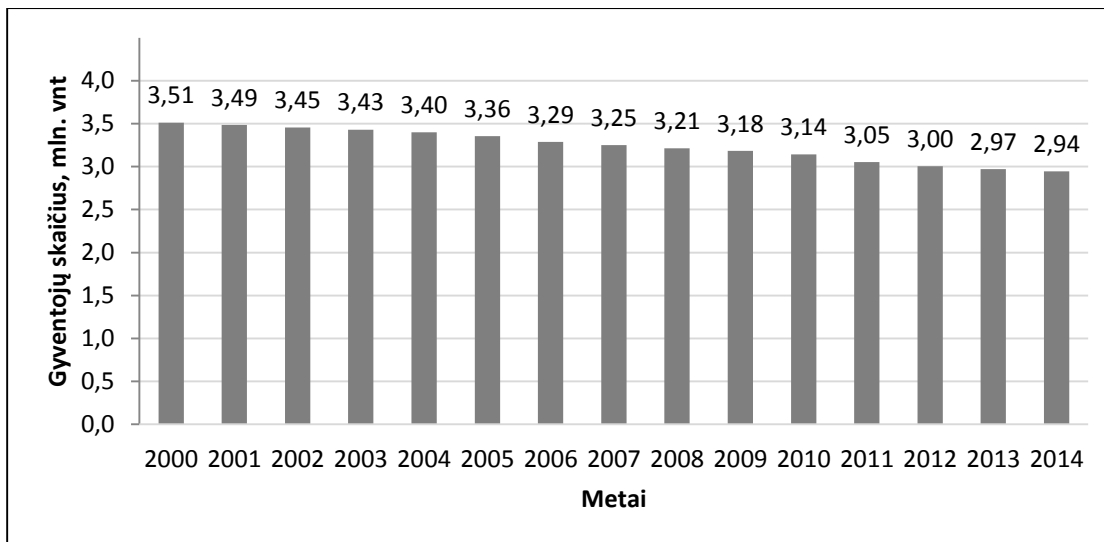
2. Namų ūkio sektoriaus specifika

Namų ūkis yra labai svarbus valstybės ekonominis sektorius, kuris įtakoja šalies gyvenimo lygį. Pirmiausia namų ūkio sąvoka yra apibrėžiama, kaip atskirai gyvenantis vienas asmuo ar grupė, kuri gyvena viename būste, dalijasi išlaidas, bei bendrai apsirūpina gyventi būtinomis priemonėmis, turi bendrą biudžetą. Taigi, namų ūkio nariais yra laikomi šie asmenys:

- nuolatos kartu gyvenantys asmenys, giminystės ryšiais susiję ar ne su kitais nariais;
- nuolatos su kitais nariais gyvenantys nuomininkai, namų darbininkai, auklės, kurie tyrimo metu neturintys kito asmeninio adreso ar jei jų gyvenimo tiriamame namų ūkyje trukmė ne trumpesnė nei 6 mėnesiai;
- vaikai, kurie mokosi toli nuo namų ar asmenys, ilgam išvykę dirbti toli nuo namų, nepriklausomai nuo išvykimo trukmės, neturintys kito asmeninio adreso ir palaikantys glaudų ryšį su namų ūkiu;
- laikinai išvykę, giminystės ir finansiniais ryšiais susiję su namų ūkiu asmenys, esantys ligoninėse, slaugos namuose, ar išvykę atostogų, jei jų išvykimo trukmė trumpesnė nei 6 mėnesiai.

Dažniausiai sąvoka „namų ūkis“ yra mažiausias vienetas ekonomikos ar statistikos srityje. Namų ūkių finansinė padėtis ir elgsena sukelia reikšmingą įtaką valstybės finansų sistemos stabilumui.

Namų ūkio bendrą charakteristiką galima apibūdinti, gyventojų skaičiumi, kurio kitimas pavaizduotas 1 pav.



1 pav. Bendras Lietuvos gyventojų skaičiaus kitimas.

Šiame grafike pateiktas bendras Lietuvos gyventojų skaičiaus kitimas. Kaip matyti iš šių duomenų: 2001 m. gyventojų apie 3,5 mln., o 2014 m. siekia tik 2,9 mln. Remiantis surinktais duomenimis galima apskaičiuoti vidutinį metinį mažėjimo tempą:

$$\overline{T_{dA}} = \left(1 - \sqrt[n-1]{\frac{A_n}{A_0}} \right) \cdot 100\% \quad (2.1.)$$

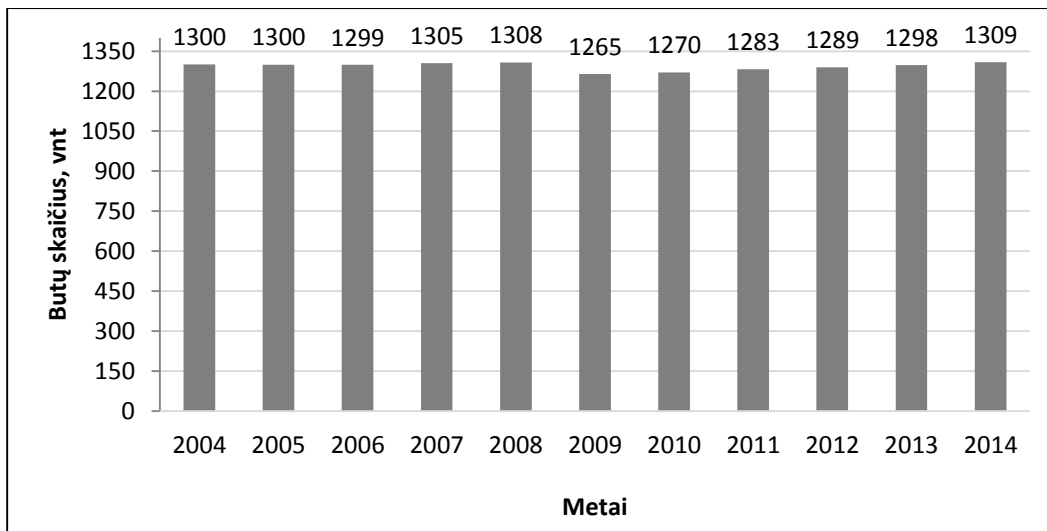
čia: n – iš viso surinktų duomenų skaičius;

A_n – gyventojų skaičius paskutiniais metais;

A_0 – gyventojų skaičius pirmaisiais metais.

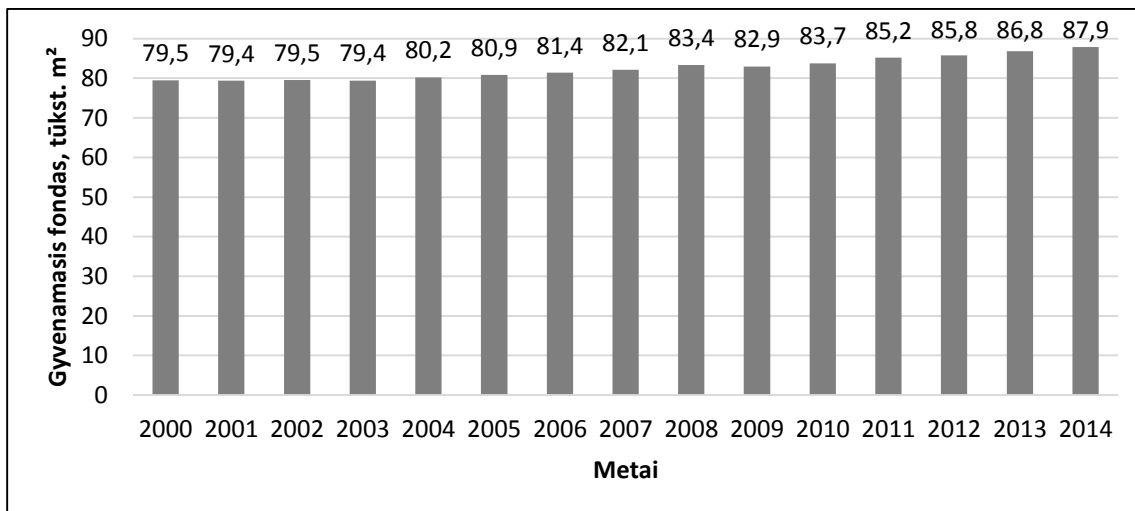
Apskaičiavus pagal šią formulę, vidutinis metinis mažėjimo tempas yra 1,3 % , tai parodo, kad Lietuvoje gyventojų skaičius kiekvienais metais mažėja dėl emigracijos į kitas šalis, bei vis mažėjančio gimstamumo.

Lietuvos namų ūkį charakterizuoja ir bendras butų skaičius pateiktas 2 paveiksle. Kaip matyti iš surinktų duomenų 2000 m. bendras butų skaičius buvo – 1300038, o 2014 m. – 1308671. Vis dėl to butų skaičius neženkliai auga, iš to galima spręsti apie šalies bendrą pragyvenimo lygį, kad jis taip pat didėja.



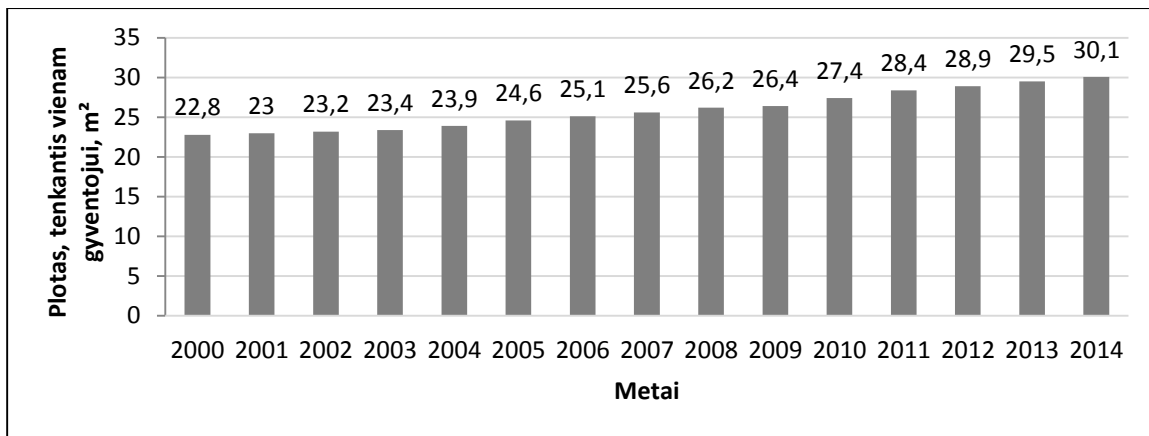
2 pav. Bendras Lietuvos butų skaičiaus kitimas.

Dar vienas rodiklis charakterizuojantis namų ūkio specifiką yra gyvenamasis fondas, kuris parodo koks yra bendras gyvenamojo fondo plotas. Kaip matyti iš 3 paveikslu gyvenamasis plotas vis didėja, bet nežymiai, 2000 m. – 74176,1 m², o 2014 m. – 87901,1m².



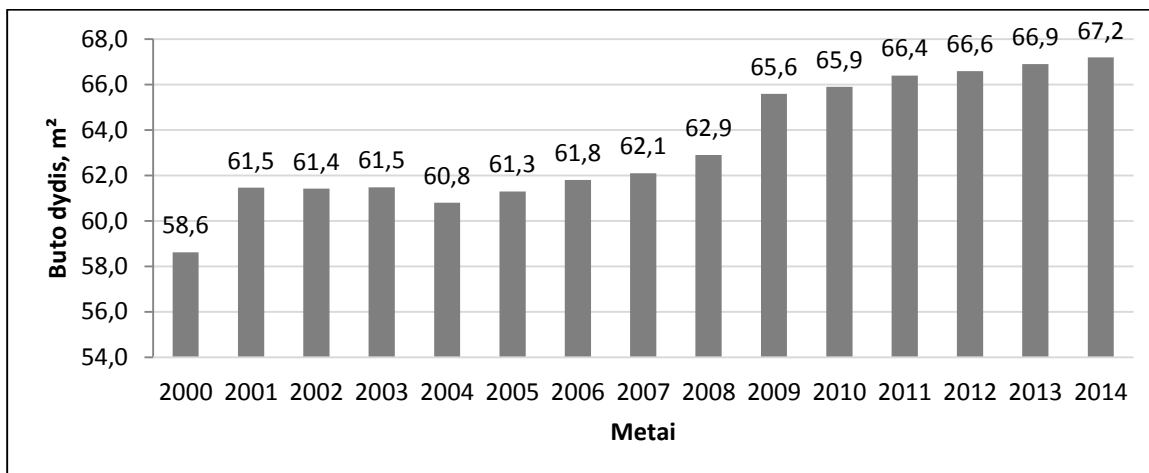
3 pav. Bendras Lietuvos gyvenamasis fondas.

Vienam gyventojui tenkančio naudingo ploto kitimo tendencijos pateiktos 4 paveiksle. Vienam gyventojui tenkantis naudingas plotas per analizuojamą laikotarpį (2000 m. – 2014 m.) padidėjo dešimčia kvadratinų metrų ir vis didėja, 2000 m. vienam gyventojui tenkantis naudingasis plotas sudarė 20 m², o 2014 m. – 30 m².



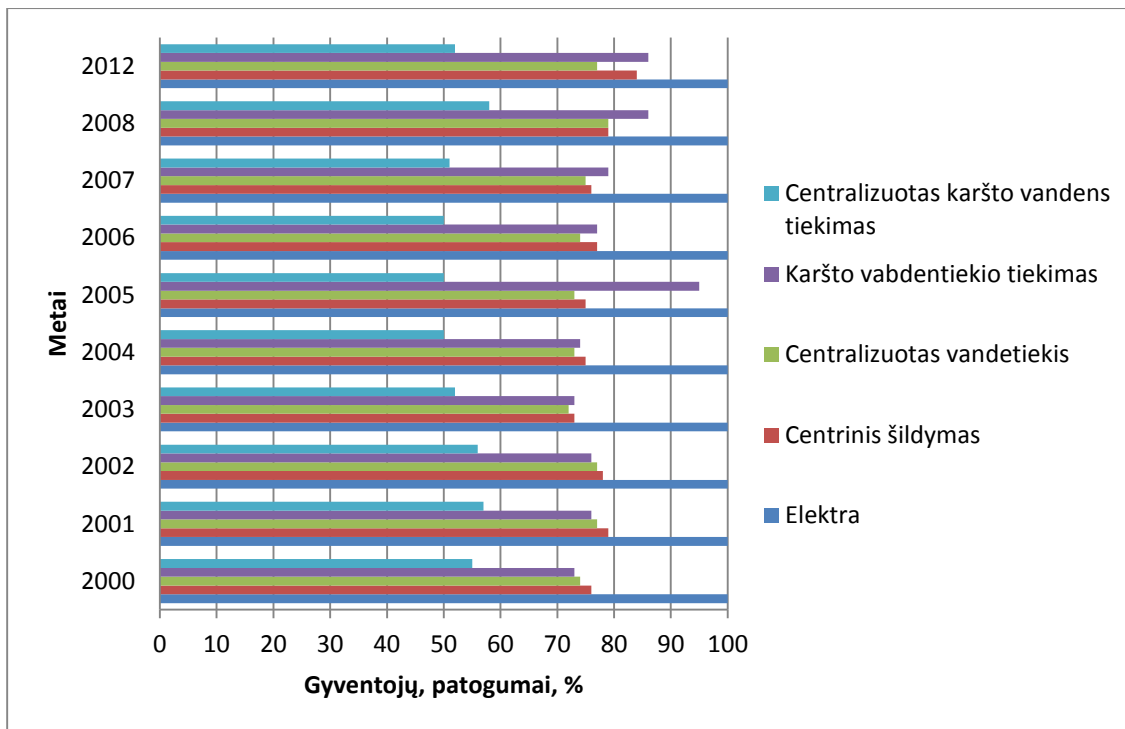
4 pav. Naudingasis plotas tenkantis vienam Lietuvos gyventojui.

Vidutinis buto dydis analizuojamame laikotarpyje mažai kito (5 pav.) per dešimtmetį pakito tik apie šešis kvadratinis metrus, 2000 m. vidutinis buto dydis buvo 58,62 m², o 2014 m. – 67,2 m². Dėl to galima, spręsti, kad visi butai yra statomi panašaus dydžio, bei yra standartiniai.



5 pav. Vidutinis Lietuvos buto dydis.

Lietuvos namų ūkio gyvenamųjų patalpų reikšmingiausi patogumai pateikti 6 paveiksle, iš kurių, taip pat galima spręsti apie šalies gyvenimo lygį. Remiantis šiais duomenimis, galima teigti, kad elektros energija naudojasi visi namų ūkio subjektai. Kaip matyti, iš pateikto paveikslo centrinio šildymo naudojimas vis mažėja, nes žmonės vis dažniau bando patys apšildyti savo būstus, o ne centralizuotai. Taip pat, dėl šios priežasties mažėja ir karšto vandens tiekimas, bet ne taip sparčiai. Centralizuotas karšto vandens tiekimas, bei vandentiekis išlieka beveik pastovūs šiuos stebėtus metus.



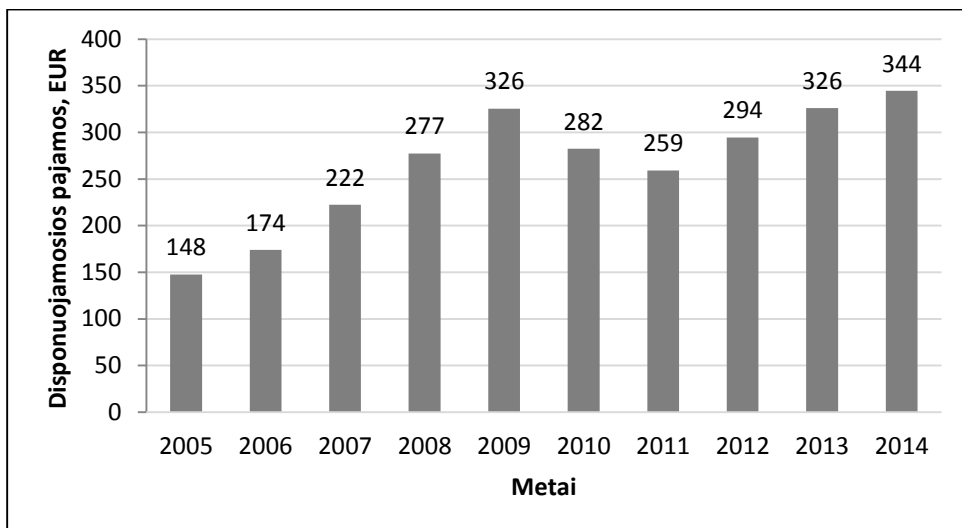
6 pav. Lietuvos namų ūkio gyvenamųjų patalpų patogumai.

Bendrą gyvenimo lygį šalyje apibūdina gyventojų pajamų bei išlaidų lygis ir socialinis bei ekonominis gyventojų pasiskirstymas. Dabartinėje visuomenėje gyventojų pajamų pasiskirstymas paklūsta ne tik ekonomikos dėsniams, bet yra socialinių procesų ir skirtingo lygio sutarčių tarp valstybės, verslininkų ir profsąjungų rezultatas. Esant žemam pajamų lygiui ir didelei pajamų diferenciacijai daugėja žmonių, gaunančių labai mažas pajamas. Tokia situacija iššaukia aukštą bendrą skurdo lygį bei didelę neigiamą įtaką valstybės demografinėi situacijai [4].

2.2. Namų ūkio pajamų ir išlaidų tendencijų analizė

Gyventojų pajamas dažniausiai sudaro darbo užmokestis, užmokestis iš prekybos vertybiniais popieriais ar nekilnojamu turtu ar pan. Pajamos skirstomos į disponuojamas ir nedisponuojamas. Disponuojamosios pajamos yra atskaičius pajamų mokestį, nuolatinius turto mokesčius, darbuotojų, savarankiškai dirbančių asmenų ir bedarbių (jei taikoma) privalomojo socialinio draudimo įmokas ir reguliarius pervedimus kitiems namų ūkiams. O ne disponuojamos, tai likusi pajamų dalis, kuri sumokama valstybei ar kitiems asmenims mokesčių pavidalu. Šiame darbe analizuojama disponuojamų pajamų lygis, bei sąryšis su kitais ekonominiais rodikliais.

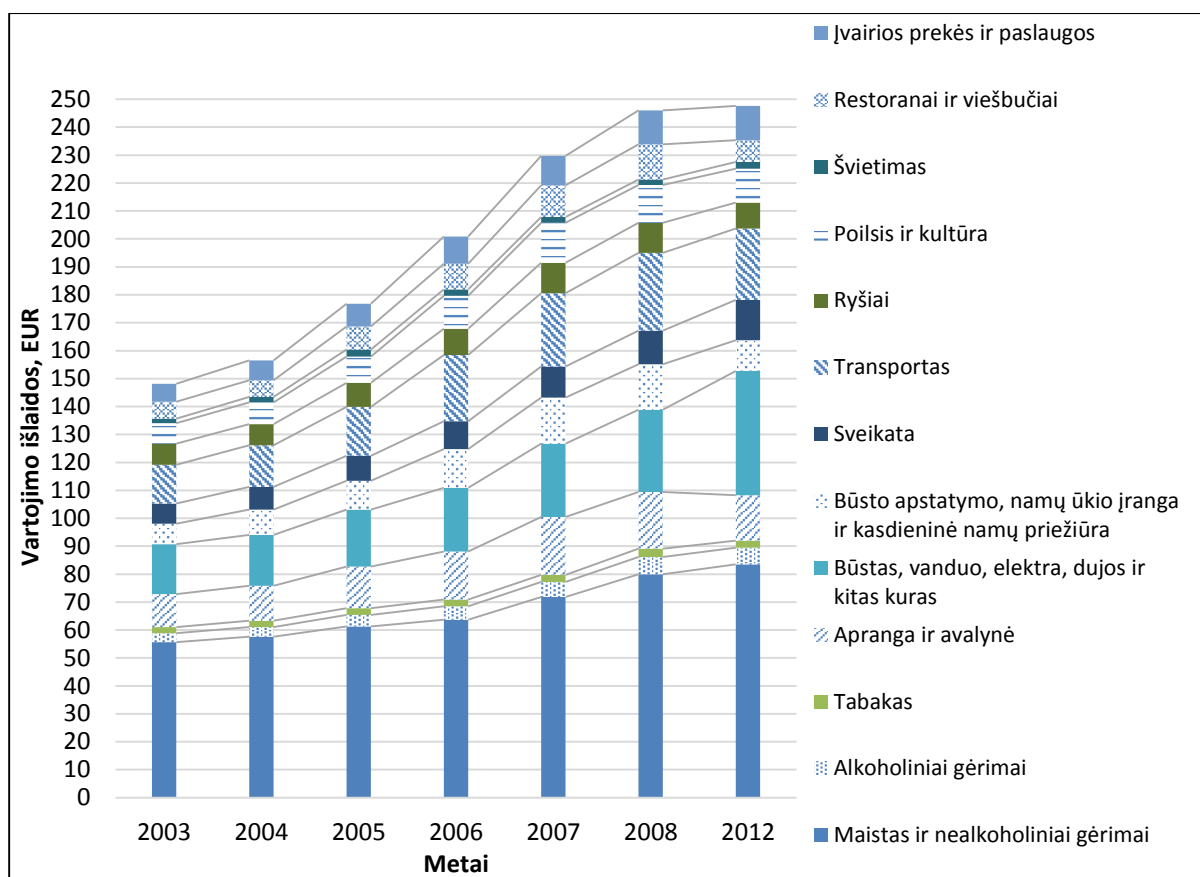
Vidutinės disponuojamosios pajamos per mėnesį vienam namų ūkio nariui pateiktos 7 paveiksle, kaip matyti iš grafiko, vidutinės disponuojamosios pajamos didėjo vidutiniškai per metus 21,9 % iki 2009 metų, po to dėl pasaulinės ekonominės krizės ženkliai sumažėjo ir nuo 2011 m. atsigaunant šalies ekonomikai didėjo vidutiniškai 7,4 % per metus.



7 pav. Vidutinės disponuojamosios pajamos per mėnesį vienam Lietuvos namų ūkio nariui.

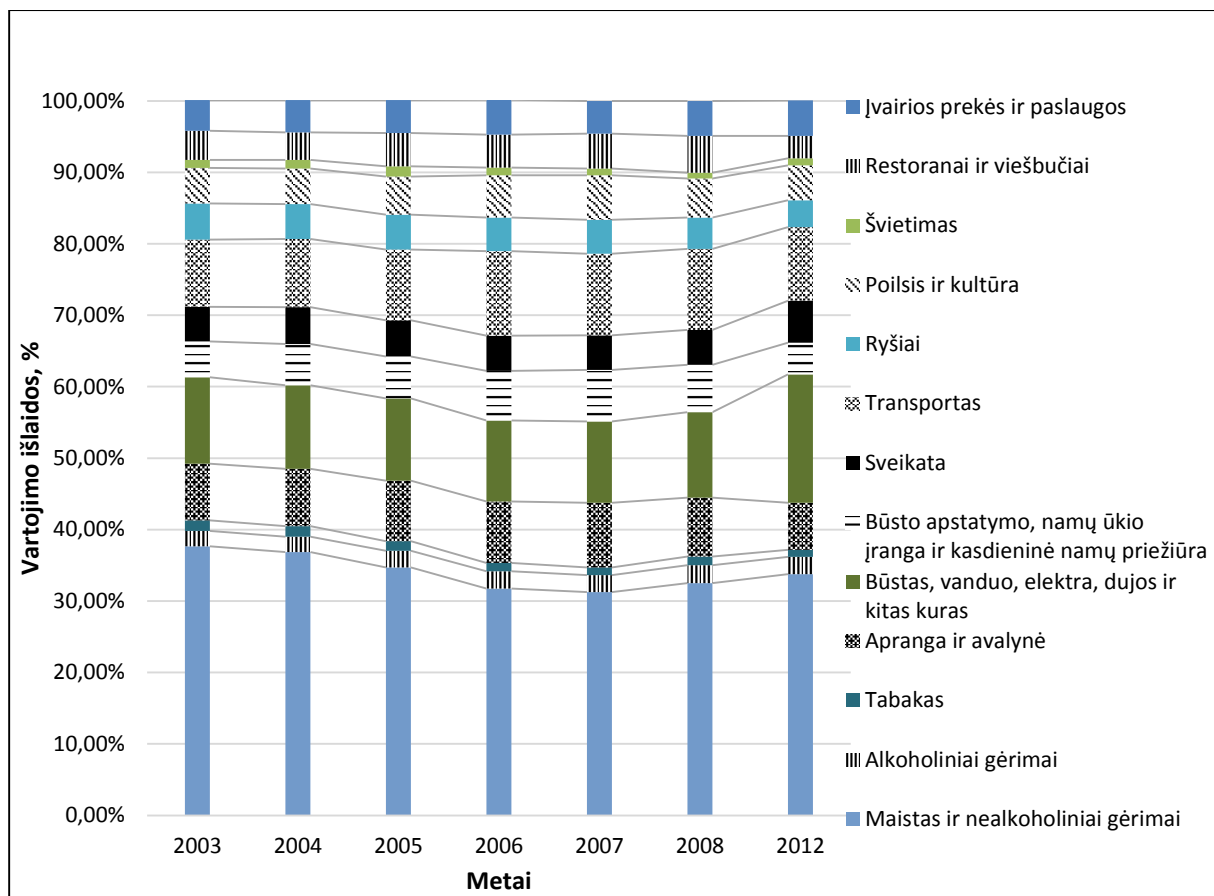
Namų ūkio disponuojamų pajamų lygis, struktūra, kitimas priklauso nuo daugelio veiksnių: namų ūkio pajamų šaltinio, priklausymo atitinkamai socialinei ekonominei grupei, dirbančių išlaikytinių skaičiaus namų ūkyje ir kt. Tai gi, priklausymas socialinei grupei ypač lemia pajamų struktūrą: verslininkai, ūkininkai didesnę dalį pajamų gauna iš verslo ar individualios veiklos, samdomi darbuotojai darbo užmokesčiu, pensininkų ar socialiai paremtų pagrindinis pajamų šaltinis yra socialinės išmokos. Taip pat, pajamų lygis vienam ūkio nariui labai priklauso nuo šeimos sudėties: dažniausiai šeimos su vaikais turi mažesnes pajamas, nei šeimos be vaikų, ypač mažas pajamas – vieniši asmenys su vaikais.

Namų ūkio vartojimo išlaidos yra išskirtinės svarbos ekonominis kintamasis, nes jos yra vienas pagrindinių rodiklių, leidžiančių spręsti apie esamą bendrą gerovės lygį. Vidutinės vartojimo išlaidos tenkančios vienam namų ūkio nariui per mėnesį pateiktos 8 paveiksle. Daugiausia yra išleidžiama maistui ir nealkoholiniams gėrimams, įvairiems mokesčiams bei transportui, šios išlaidos vis didėjo per analizuojamą laikotarpį. Per šį laiką maisto ir nealkoholinių gėrimų išlaidos vidutiniškai didėjo apie 5,2 %, įvairūs mokesčiai – 12 %, transportas – 7,9 %, kaip matyti, labiausiai padidėjo mokesčiai. Mažiausios išlaidos tabakas bei alkoholiniai gėrimai, kurie mažai kito per tirtą laiką. Bendros vartojimo išlaidos padidėjo apie šimtą eurų nuo 2003 iki 2012 metų.



8 pav. Vidutinės vartojimo išlaidos tenkančios Lietuvos vienam namų ūkio nariui per mėnesį eurais.

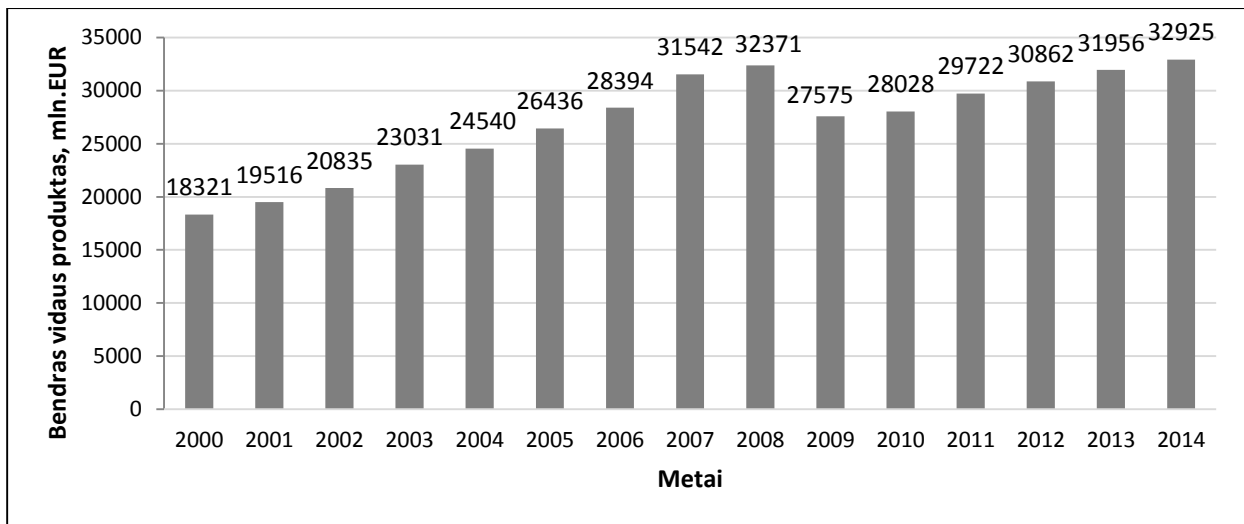
9 paveiksle pateikta procentinė išlaidų struktūra. Šis grafikas parodo, kad gyventojų išlaidų dalis maistui beveik nesikeitė, tačiau ženkliai išaugo išlaidų dalis tenkanti būstui, vandeniui, elektrai, dujomis ir kitam kurui, tai yra padidėjo nuo 12 % 2003 m. iki 19 % 2012 m.



9 pav. Vidutinės vartojimo išlaidos tenkančios Lietuvos vienam namų ūkio nariui per mėnesį procentais.

Be to, kokia dalis pajamų yra suvartojama, o kokia taupoma, yra svarbus ekonominės pažangos ir gerovės veiksnys – šie sprendimai daug įtakoja kapitalo kaupimą, bei ekonominio potencialo didinimo procesą. Gyventojų gyvenimo lygį parodo vartojimo išlaidų pasiskirstymas ir vienas iš svarbiausių rodiklių – išlaidos, skiriamos maistui. Pagal, tai galima spręsti apie šalies gyvenimo lygį – kuo mažesnė išlaidų dalis maistui, tuo aukštesnis šalies gyventojų gyvenimo lygis. Beje, augančios kainos už komunalines paslaugas turi bene didžiausią reikšmę gyventojų pragyvenimo lygiui, nes nemaža dalis vartojimo išlaidų tenka mokesčiams už būsto nuomą, elektrą, vandenį, dujas, šildymą komunalines paslaugas, dėl to galima spręsti, kad didžiausią dalį sudaro išlaidos būtiniausioms reikmėms, t. y. vien tik maistui ir būstui išlaikyti. Dėl šių priežasčių yra mažiausiai skiriama lėšų poilsiui bei kultūrai.

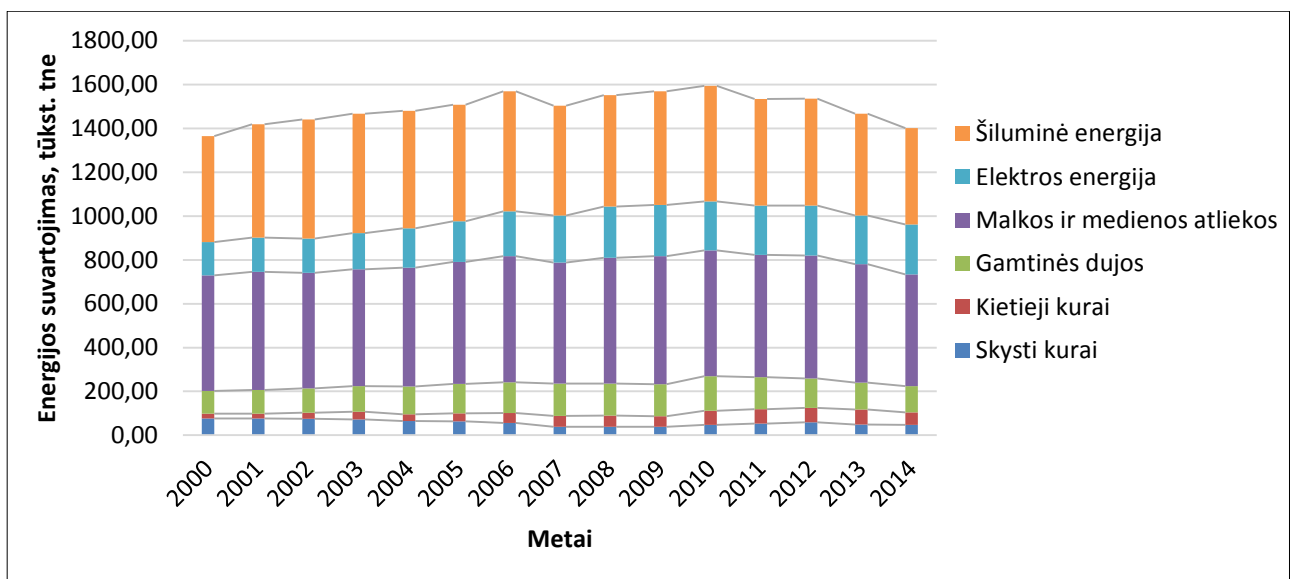
Dar svarbus rodiklis yra bendrasis vidaus produktas (BVP), kuris parodo šalies ekonomikos išsivystymo lygį. Šis terminas yra apibrėžiamas kaip galutinė prekių ir paslaugų sukurtų valstybėje rinkos vertė per tam tikrą laiko tarpą. Kaip matyti iš grafiko (10 pav.) bendrasis vidaus produktas nuo 2000 m. kilo vidutiniškai per metus 7,4 % iki 2008 m., po to dėl pasaulinės ekonominės krizės ženkliai sumažėjo ir nuo 2009 m. atsigauant šalies ekonomikai didėjo vidutiniškai 3,6 % per metus [4].



10 pav. Lietuvos bendras vidaus produktas.

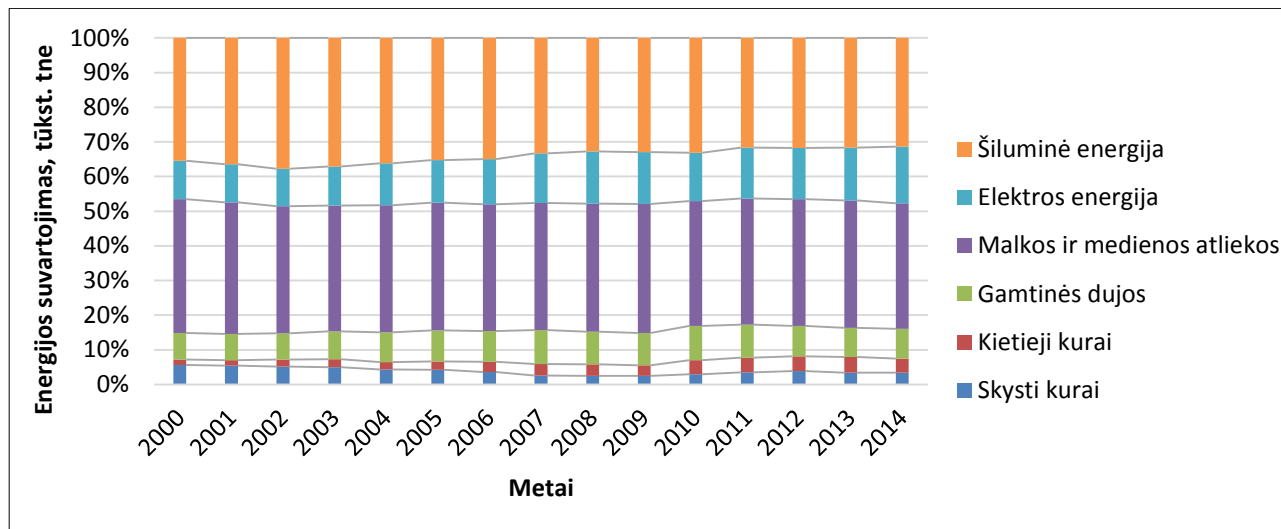
2.3. Galutinės energijos suvartojimo namų ūkiuose tendencijų analizė

Galutinę energiją sudaro: šiluminė energija, malkos ir medienos atliekos, elektros energija, suskystintos naftos dujos, durpės, anglis, gazoliai. Kaip matyti, iš surinktų duomenų (11 pav.) per tiriamą laikotarpį nežymiai pakito gamtinės dujos, kietieji bei skystieji kurai. Augant šalies ekonomikai, šiluminė ir elektros energija bei malkos ir atliekos nuo 2000 m. vis kilo iki 2007 m., atsigaunant ekonomikai po pasaulinės krizės, šie rodikliai kilo. Pradėjus naudoti taupančius elektros įrenginius bei taupant šilumos energiją renovuoti gyvenamus, šie rodikliai nuo 2012 m. pradėjo mažėti.



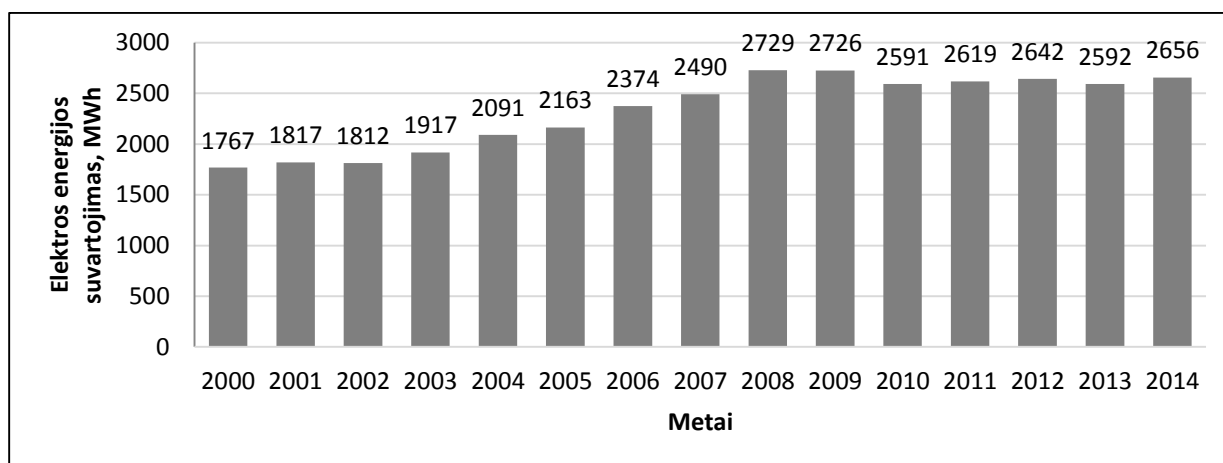
11 pav. Galutinės energijos suvartojimas Lietuvos namų ūkiuose tūkst. tne.

Kaip matyti, iš galutinės energijos suvartojimo procentinės struktūros grafiko (12 pav.) didžiausią dalį sudaro malkos ir medienos atliekos bei šiluminė energija, kurios sudaro mažiau nei 40% visos sunaudojamos energijos. Elektros energijos suvartojimo dalis galutinės energijos vartojimo struktūroje per tiriamą laikotarpį sudarė sudaro apie 12 %.



12 pav. Galutinės energijos suvartojimas Lietuvos namų ūkiuose procentais.

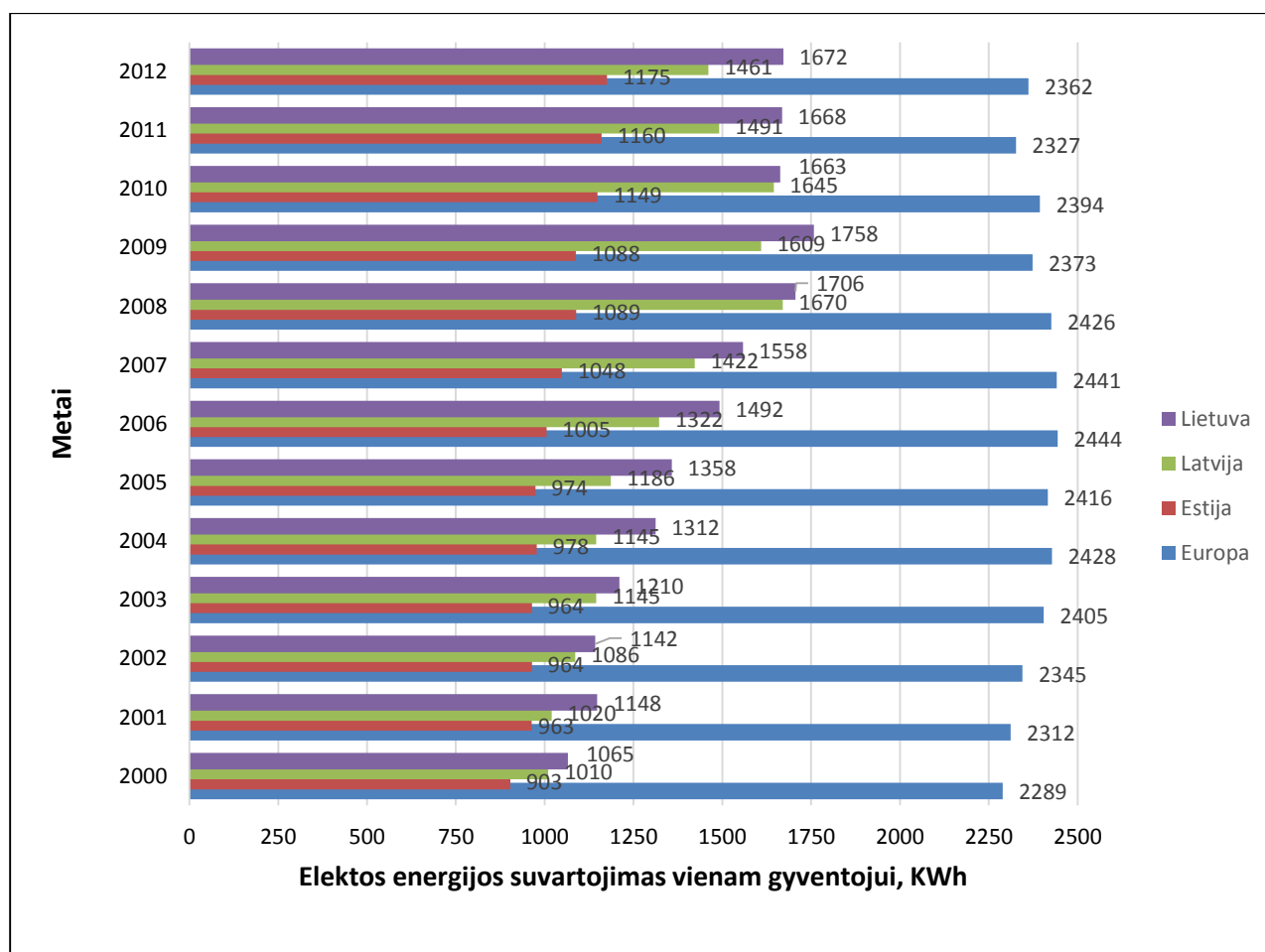
Lietuvos namų ūkyje elektros energijos vartojimas ženkliai didėjo 2000 – 2008 m. laikotarpyje, kuomet sparčiai augo šalies ekonomika. 2000 m. buvo 1767,45 MWh, o 2008 m. – 2729,09 MWh, tai suvartojimo vidutinis metinis didėjimo tempas siekė 5,6 %. Nuo 2008 m. elektros energijos poreikiai nežymiai mažėjo, nes 2014 m. siekė 2655,84, vidutinis metinis mažėjimo tempas buvo tik 0,45 %. Tai gi, nuo 2008 m. elektros energijos poreikiai labai mažai kinta [4].



13 pav. Elektros energijos suvartojimas Lietuvos namų ūkiuose.

2.4. Namų ūkio elektros energijos vartojimo lyginamoji analizė

14 paveiksle yra pateikta Lietuvos, Latvijos, Estijos, bei vidutinis Europos elektros energijos suvartojimo analizė vienam gyventojui. Pasaulinė ekonominė krizė mažiausiai paveikė Estijos valstybę, nes jos elektros energijos suvartojimas nepakito ir vis nežymiai auga, 2000 m siekė 903 kWh, o 2012 m. – 1175 kWh., padidėjo tik 272 kWh. Taip pat, Estijos yra didesnis pragyvenimo lygis, dėl to yra efektyviau naudojama elektros energija, nei Lietuvoje ar Latvijoje. Latvijos ir Lietuvos valstybes pasaulinė krizė paveikė vienodai, nes poreikis iki 2008 m. didėjo, o po to nežymiai mažėjo. Vidutinis Europos elektros energijos suvartojimas kinta labai nežymiai, 2000 m. buvo 2289 kWh, o 2012 m. – 2362 kWh [5].



14 pav. Elektros energijos suvartojimas vienam gyventojui Europoje.

3. Veiksnių sąlygojančių elektros energijos poreikius įtakos analizė

Įvertinant dviejų intervalinių kintamųjų tiesinę priklausomybę, tarpusavio ryšį yra naudojamas koreliacijos koeficientas, kuris apskaičiuojamas taip:

$$r_{xy} = \frac{\overline{X \cdot Y} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}; \quad (3.1.)$$

čia: x – nepriklausomas kintamasis nuo y reikšmės;

y – priklausomas kintamasis nuo x reikšmės;

\bar{X}, \bar{Y} – x ir y kintamųjų vidurkiai;

σ_x, σ_y – x ir y kintamųjų standartiniai nuokrypiai.

x ir y kintamųjų vidurkiai:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i; \quad \bar{Y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i; \quad (3.2.)$$

čia: n – x ar y visų kintamųjų skaičius.

$$\overline{X \cdot Y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i); \quad (3.3.)$$

x ir y kintamųjų dispersijos:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2; \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2; \quad (3.4.)$$

x ir y kintamųjų standartiniai nuokrypiai:

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2}; \quad \sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2}; \quad (3.5)$$

Tai gi, koreliacijos koeficientas parodo, ar matuojamų kintamųjų tiesinė priklausomybė stipri. Egzistuojanti tiesinė koreliacija gali būti:

- labai stipri, kai $r = |0,9 \div 1|$;
- stipri, kai $r = |0,7 \div 0,9|$;

- vidutinė, kai $r = |0,5 \div 0,7|$;
- silpna, kai $r = |0,3 \div 0,5|$;
- labai silpna, kai $r = |0 \div 0,3|$.

Kaip matyti, kuo koreliacijos koeficiento reikšmė absoliučioju didumu arčiau 1, tuo tiesinė kintamųjų priklausomybė stipresnė. Dar koreliacijos koeficiento reikšmė nepriklauso nuo X ir Y mato vienetų. Tačiau dažnai tik tokios informacijos apie kintamųjų priklausomybę būna per mažai [6].

Siekiant išanalizuoti namų ūkio elektros energijos poreikius, būtina identifikuoti juos sąlygojančius veiksnius, tad šiame darbe skaičiuojant koreliacijos koeficientus įvertintas ryšio stiprumas tarp svarbiausių rodiklių:

- Elektros energijos suvartojimo ir bendrojo vidaus produkto;
- Elektros energijos suvartojimo ir gyventojų skaičiaus;
- Elektros energijos suvartojimo ir disponuojamų pajamų.

Apskaičiuojamas koreliacijos koeficientas tarp Elektros energijos suvartojimo ir bendrojo vidaus produkto:

BVP vidurkis;

$$\bar{X} = \frac{18320,67 + 19515,99 + \dots + 31955,9 + 32924,95}{15};$$

$$\bar{X} = 27070,25 \text{ mln eurų.}$$

Elektros energijos poreikio vidurkis (vidutinis lygis);

$$\bar{Y} = \frac{1767,46 + 1817,46 + \dots + 2591,88 + 2655,84}{15};$$

$$\bar{Y} = 2332,34 \text{ MWh.}$$

$$\overline{X \cdot Y} = \frac{1}{15} \cdot (18320,67 \cdot 1767,46 + 19515,99 \cdot 1817,46 + \dots + 31955,9 \cdot 2591,88 + 32924,95 \cdot 2655,84);$$

$$\overline{X \cdot Y} = 64662200,58.$$

BVP dispersija bei standartinis nuokrypis:

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{15 - 1} \cdot ((18320,67 - 27070,25)^2 + (19515,99 - 27070,25)^2 + \dots + (31955,9 - 27070,25)^2 + (32924,95 - 27070,25)^2);$$

$$\sqrt{\sigma_x^2} = 4826,92$$

Elektros energijos poreikio dispersija standartinis nuokrypis:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{15-1} \cdot ((1767,46 - 2332,34)^2 + (1817,46 - 2332,34)^2 + \dots + (2591,88 - 2332,34)^2 + (2655,84 - 2332,34)^2);$$

$$\sqrt{\sigma_y^2} = 365,44.$$

Koreliacijos koeficientas:

$$r_{xy} = \frac{64662200,58 - 27070,25 \cdot 2332,34}{4826,92 \cdot 365,44} = 0,86$$

Taip pat, apskaičiuojami kiti koreliacijos koeficientai, kurie pateikiami 1 lentelėje:

1 lentelė. Koreliacijos koeficientai

Veiksniai sąlygojantys elektros energijos poreikius	Koreliacijos koeficientas
Elektros energijos suvartojimo ir bendrojo vidaus produkto	0,86
Elektros energijos suvartojimo ir gyventojų skaičiaus	0,83
Elektros energijos suvartojimo ir disponuojamų pajamų	0,79

Kaip matyti iš apskaičiuotų koreliacijos koeficientų, elektros energijos suvartojimą labiausiai įtakoja bendrasis vidaus produktas bei gyventojų skaičius, taip pat disponuojamosios pajamos. Visa tai parodo, kad elektros energijos poreikius namų ūkyje ženkliai sąlygoja šie veiksniai.

4. Namų ūkio perspektyvinių elektros energijos poreikių prognozavimo metodika

Elektros energijos poreikius reikia prognozuoti, nes pagaminamas elektros energijos kiekis turi sutapti su naudojamu kiekiu. Taip pat, energetikos objektai yra brangūs, į juos reikia daug investuoti lėšų ir jų statyba gali trukti ne vienerius metus, bet jų naudojimo trukmė gali siekti net pusę amžiaus. Dėl šių priežasčių energetikos plėtra neįmanoma be ilgalaikio planavimo bei prognozavimo, be suderintų sprendimų ne tik šalies viduje, bet ir su kitomis regiono šalimis. Ilgalaikis prognozavimas energetikoje padeda išryškinti energetikos ūkio vystymosi tendencijas.

Prognozavimo procesas yra veikla, susidedanti iš daugelio tyrinėjimų etapų, kurių tikslas – gauti informaciją apie nagrinėjamo proceso būsimą lygį. Prognozuojant galima išskirti šiuos darbo etapus: siekiamo tikslo nustatymas; pradinės informacijos surinkimas; nagrinėjamą procesą ribojančių sąlygų aptarimas; prognozavimo metodų parinkimas ir panaudojimas; gautų rezultatų įvertinimas ir jautrumo analizė.

Apibendrinant stebėjimo objekto charakteristiką, reikia nustatyti jų vystymosi dėsnumus ir tarpusavio ryšius, bei surinktus duomenis būtina susisteminti. Kadangi, šiame darbe statistinių duomenų grupavimas atliktas laiko aspektu, tai gautos eilutės vadinamos dinamikos eilutėmis, kiekviena iš jų turi du elementus: laiko charakteristika t (mėnesiai, metai); skaitinės rodiklio reikšmės (y_i). Šių eilučių analizavimas leidžia daryti įvairias išvadas, bei duoda tam tikrą pagrindą perspektyviniams planams sudarinėti, dar leidžia palyginti mūsų šalies įvairių ūkio šakų vystymosi tempus su kitų šalių vystymosi tempais.

Tai gi, sudarant dinamikos eilutes, būtinai turi būti tenkinama sąlyga: lygiai turi būti palyginami. Dėl šios priežasties reikia laikytis šių taisyklių: visi lygiai turi atitikti vienodo dydžio laikotarpius ir turi būti išreikšti vienodais matais, bei turi atitikti tą pačią teritoriją; vertiniai rodikliai išreiškiami to paties tipo kainomis, taip pat visi lygiai turi būti apskaičiuoti pagal vienodą metodiką. Kadangi, analizuojant ekonominių reiškinių pasikeitimą laiko atžvilgiu paprasto lygių sugretinimo nepakanka, tai reikia apskaičiuoti dinamikos eilutės vidutinį lygį, parodyti raidos greitį, intensyvumą ir t.t. Dėl to, šiame darbe yra skaičiuojami viso laikotarpio dinamikai apibūdinti vidurkiniai dinamikos eilučių kitimo rodikliai: vidutinis lygis (vidurkis); vidutinis absoliutus padidėjimas ar sumažėjimas, kuris parodo keliais vienetais pasikeičia reiškinio lygis vidutiniškai per laiko vienetą; vidutinis metinis mažėjimo ar didėjimo tempas.

Energijos poreikių prognozėms nustatyti yra naudojami įvairūs prognozavimo metodai, kurie yra kokybinio, ar kiekybinio pobūdžio, jie remiasi statistikos principais. Daugelis iš prognozavimo metodų yra bazinių metodų variacijos. Metodine prasme ekstrapoliacija yra pagrindinis kiekvienos prognozės instrumentas. Ekstrapoliacijos būna dviejų rūšių: formaliąją ir prognozinę. Formalioji ekstrapoliacija

remiasi prielaida, kad būsimas energijos suvartojimo augimas bent jau artimoje ar vidutinės trukmės perspektyvoje pratęs prieš tai buvusio ir dabartinio augimo įžvelgiamą kreivę.

Nėra abejonių, kad šis metodas yra labai patogus, kol veiksniai, lemiantys palyginti stabilų augimą, išlieka nepakitę. Prognozinė ekstrapoliacija susieja faktinį augimą su hipotezėmis apie nagrinėjamo proceso raidą, atsižvelgiant į jo loginę prasmę. Ekstrapoliacinis prognozavimas, remiantis laiko eilučių tendencijos nustatymu, gali būti laikomas pagrindiniu kiekybiniu metodu, kuris yra naudojamas prognozavimui.

Analizuojant laiko eilutes, pateiktas grafiniu pavidalu, galima nustatyti būdingus jų kitimo bruožus: pasikeitimus, lemiančius tam tikrą bendrą proceso raidos tendenciją (mažėjimą augimą, arba tam tikrą stabilumą); ciklinius svyravimus, kuriuos dažniausiai lemia ekonomikos ciklai (krizes, spartaus augimo laikotarpius ar pan.); sezoninius svyravimus, kurie pasikartoja kasmet tuo pačiu laiku (pvz.: elektros apkrovos grafikuose reikšmingi netgi paros svyravimai); nereguliarūs svyravimus, kuriuos sunku analizuoti (juos gali sukelti karai, stichinės nelaimės, daugybė atsitiktinių priežasčių ar pan.).

Prognozuoti procesų vystymąsi yra naudojama mokslo šaka – ekonometrika, tirianti kiekybinius ekonominių procesų dėsningumus bei kintamųjų tarpusavio priklausomybes. Modelio sudarymas yra pagrindinis ekonometrikos tikslas. Tai gi, nagrinėjant kokį nors procesą, svarbu atsiriboti nuo mažiau svarbių savybių bei išryškinti pagrindines tiriamojo proceso savybes. Šias savybes nustatyti padeda modelis, jis yra sudėtingos tikrovės bei abstrakčios mokslinės teorijos tarpinė grandis. Modelis yra realaus objekto dirbtinis ar realus atvaizdas, kuris leidžia nagrinėti tam tikras originalo savybes. Taip pat, svarbu išskirti keletą aspektų:

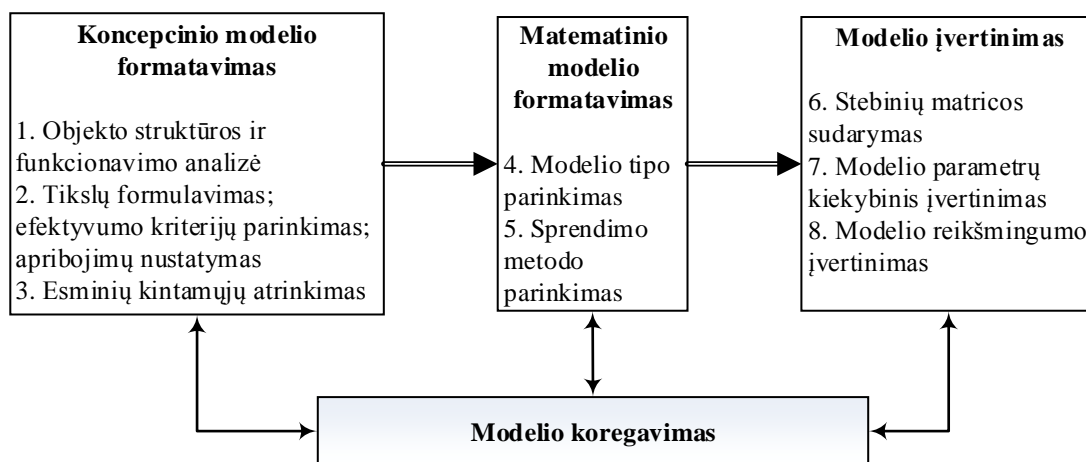
- modelis atitinka nagrinėjamą objektą, bet kai kuriomis savybėmis skiriasi nuo jo, šios savybės atliekamam tyrimui turi būti nesvarbios ;
- modelis gali būti bet kokios kilmės – realus ar dirbtinai sukurtas;
- modelis naudojamas įvairiuose pažinimo etapuose, dėl to priklausomai nuo tyrimo tikslų gali būti keli skirtingi to paties objekto modeliai.

Tai gi, modelis gali būti sudarytas, pasitelkus įvairios kilmės priemones, jie gali būti: žodiniai ar rašytiniai tekstai; grafiniai (schemos, grafai, brėžiniai); matematiniai, kūno kalbos; fiziniai ir kt. Dar modelius galima skirstyti pagal analizės trukmę: operatyviniai (trukmė nuo valandos iki kelių mėnesių); trumpo laikotarpio (nuo 1 iki 5 metų), vidutinio (nuo 3 iki 15 metų) ir ilgojo (trukmė didesnė nei 10 metų). Kadangi, šiame darbe bus naudojami matematiniai modeliai, tai trumpai aptarsime jų sudarymo principą.

Realius įvykius patogiau nagrinėti, tarus kad jis sudarytas iš dviejų dalių: aplinkos ir objekto. Aplinka visa tai kas nepriklauso tiriamajam objektui, bet jį veikia. Paprastai aplinka veikia objektą tam tikrais nepriklausomais kintamaisiais, kurie sudaro aibę. Beje, priklausomai nuo formuluojamo tyrimo

tikslo ši nepriklausomų kintamųjų aibė kinta. Kiekvienas šių kintamųjų gali įgyti tam tikrų reikšmių iš galimo kitimo diapazono, ir tai sudaro suderintą nepriklausomų kintamųjų aibę. Dar savo ruožtu kiekvienas šių kintamųjų tarpusavyje gali būti susietas su kitais kintamaisiais tam tikromis priklausomybėmis, būdingomis tiriamajam objektui.

Modelio sudarymas sudėtingas, daug darbo reikalaujantis trijų etapų procesas (18 pav.).



15 pav. Modelio sudarymo etapai

Kaip matyti iš 18 paveikslo modelį galima koreguoti bet kuriame jo sudarymo etape. Visų ekonominių matematinių modelių suklasifikuoti ir sudėti į vieną schemą neįmanoma, nes yra daug požymių į kuriuos reikia atsižvelgti parenkant klasifikavimo taisyklę [7].

Kadangi, šiame darbe bus naudojama trys modeliai: regresinės analizės, ekonometrinis ir galutinio vartojimo. Šie modeliai šiame darbe, bus plačiau aprašyti, bei išanalizuoti.

4.1. Regresinės analizės modelis

Regresijos modelis – statistinis modelis, kai vieno kintamojo reikšmės yra prognozuojamos pagal kito kintamojo reikšmes. Naudojami statistiniai metodai, kurie yra skirti regresijos modeliui sudaryti bei patikrinti, ar jis tinkamas, ar galima taikyti prognozėms, tai vadinama – regresinė analizė. Naudojant šį modelį visados yra sprendžiama problema, kaip vieno kintamojo skaitinės reikšmės priklauso nuo kito kintamojo skaitinių reikšmių. Taip pat, tiesinėje regresijoje susiduriama su atsitiktiniais dydžiais, todėl jokia prognozė nėra užtikrinta, dėl to prognozuojamos reikšmės yra gana tikėtinos. Tai gi, regresinėje analizėje tiriama vieno kintamojo priklausomybė nuo vieno arba daugiau kintamųjų, siekiant įvertinti bei prognozuoti vėlesnes populiacijos vidutines reikšmes, žinant (fiksavus) imties ankstesnes reikšmes. Šiam tikslui sudaromas regresijos modelis.

Trumpai aptarsime šio modelio sprendimą. Svarbiausias tiesinės regresinės analizės privalumas yra tai, kad parenkama kintamuosius siejanti funkcija. Visų pirma pasirenkamas regresijos modelio tipas,

nusprendžiama, kokia priklausomybė kintamuosius sieja. Pasirinkus modelį reikia įvertinti nežinomus modelio parametrus, po to patikrinti, ar parinktasis modelis suderinamas su duomenimis, bei šį modelį pritaikyti prognozėms. Surinktų duomenų, taškų išsidėstymo forma rodo ar egzistuoja priklausomybė tarp kintamųjų. Kintamasis, kurio reikšmes norima prognozuoti yra priklausomas kintamasis, o kintamasis, pagal kurio reikšmes norima prognozuoti priklausomojo kintamojo reikšmes yra nepriklausomas kintamasis. Regresijos modelio kintamuosius gali sieti vienpusė arba dvipusė priklausomybė. Vienpusė, kai yra akivaizdžiai priklausomi ir nepriklausomi kintamieji. Dvipusė priklausomybė, tuo atveju, kai lemia tiriamą problemą, kuri laikyti priklausomu kintamuoju, o kitą – nepriklausomu.

Bendriausias, paprasčiausias, tiesinis tikimybinis modelis, siejantis intervalinius kintamuosius Y ir X, išreiškiamas taip:

$$Y = a + bx + e \quad (4.1.1.)$$

čia: a, b – nežinomos konstantos;

e – atsitiktinė paklaida.

Regresijos modelyje pabrėžiama Y priklausomybė nuo x. Tačiau Y gali priklausyti ir nuo kitų neįvardintų kintamųjų, jų įtakoja atsitiktinė paklaida. Tai gi, šiame modelyje x yra neatsitiktinė fiksuota reikšmė, o paklaida – atsitiktinis dydis. Rinkdamiesi regresijos modelį, pasirenkame tik priklausomybės tipą su nežinomais koeficientais a ir b. Tikrindami, ar modelis tinka, randame ir šių koeficientų įverčius. Modelio lygtis parodo, kodėl esant tai pačiai reikšmei x galima gauti skirtingas Y reikšmes, galimos realizacijos priklauso nuo atsitiktinės paklaidos. Tarsime, kad duomenis sudaro intervalinių kintamųjų poriniai stebėjimai $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$. Šio modelio tikslas – parametrų a ir b įverčius parinkti taip, kad funkcijos reikšmės taškuose x kiek galima mažiau skirtųsi nuo y. Gautoji funkcija bus naudojama priklausomojo kintamojo reikšmėms prognozuoti. Kiekvieną x atitinka jo porinis stebėjimas y ir funkcijos reikšmė. Tai gi, geriausiai tinkanti funkcija yra tokia, kurios skirtumai yra mažiausi, atitinka realybę.

Įverčiai a ir b randami minimizuojant:

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min. \quad (4.1.2.)$$

Toks parametrų parinkimo metodas vadinamas mažiausiųjų kvadratų metodu. Nepaisant šio metodo apribojimų, ypatingų atvejų ir neesminių trūkumų, ir jo atmainos apima didžiąją dalį statistinės analizės

ir yra visų žinomas bei vertinamas. Taikydami mažiausiųjų kvadratų kriterijų, nustatomi parametrai: a ir b . Pirmasis jų yra ordinatė taško, kuriame tiesė kertą y ašį, o antrasis apibūdina tiesės polinkį [9].

Šios tiesės parametrai nustatoma išsprendus lygčių sistemą:

$$\sum y_i - na - b \sum t_i = 0 \quad (4.1.3.)$$

$$\sum y_i t_i - a \sum t_i - b \sum t_i^2 = 0$$

čia: n – iš viso turimų duomenų skaičius;

t – eilės numeris.

Išsprendus šią sistemą, gaunami koeficientai a ir b :

$$a = \frac{(\sum y_i - b \sum t_i)}{n} \quad (4.1.4.)$$

$$b = \frac{(n \sum y_i t_i - \sum y_i \cdot \sum t_i)}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \quad (4.1.5.)$$

4.2. Ekonometrinis modelis

Ekonometriniai modeliai pritaikyti beveik visoms ekonomikos sritims, pavyzdžiui: energetiką, namų ūkio ekonomiką, pramonės ekonomiką, vartojimo prekių rinką, finansus, darbo ekonomiką, transportą ir pan. Ekonometriniais metodais galima aprašyti priežasties ir pasekmės ryšius, taip pat atsižvelgiant į atsitiktinę dedamąją:

$$Y = F(X) + \varepsilon. \quad (4.2.1)$$

čia: Y - vadinamoji pasekmė (išėjimas);

X - vadinamoji priežastis (įėjimas);

ε - atsitiktinė dedamoji, įvertinanti ir X , ir Y atsitiktinį pobūdį.

Ekonometrinis modelis turi endogeninius (vidinius) bei ekzogeninius (išorinius) kintamuosius. Endogeninių kintamųjų vertės nustatomos modeliu, pagal priimtas koncepcijas, o ekzogeniniai – nepriklausomi nuo tiriamojo reiškinių struktūros ir jų vertės yra nustatomos nesinaudojant modeliu.

Taip pat, šiuo modeliu galima aprašyti ryšius tarp energijos suvartojimo ir veiksnių, turinčių reikšmingos įtakos šiam suvartojimui. Energijos poreikius įtakoja daugybė veiksnių, turinčių mažesnę arba didesnę įtaką. Vieni veiksniai atspindi ekonomines sąlygas (bendrasis vidaus produktas, gyventojų

skaičius, produkcijos kaina, ir pan.), kiti technologines (naujų technologijų diegimas, vienos kuro rūšies pakeitimas kita ir pan.). Taip pat, energijos poreikiai priklauso nuo gyventojų pajamų ir energijos kainos. Dar juos ženkliai gali pakeisti politinė ir ekonominė šalies būseną. Kiekvienas šių veiksnių gali turėti skirtingą įtaką energijos poreikiams. Taip pat, egzistuoja šių veiksnių tarpusavio ryšys.

Pereinamuoju į rinkos ekonomiką laikotarpiu energijos suvartojimo poreikiams prognozuoti pradėta taikyti ekonometrinius modelius, kurie leidžia išanalizuoti daugelio veiksnių įtaką energijos suvartojimo kitimui. Šiuo atveju svarbiais veiksniais reikia laikyti: produkcijos apimtį (bendriausiai šalies BVP); gyventojams teikiamų paslaugų apimtį; gyventojų skaičių; energijos intensyvumo kitimą; pajamų bei kainų elastingumo rodiklius.

Dažniausiai naudojamas ekonometrinis modelis aprašantis ryšius tarp energijos sąnaudų ir BVP, jis yra pats paprasčiausias:

$$E_i(t) = E_i(t - 1) \cdot \left[\frac{A_i(t)}{A_i(t - 1)} \right]^{\alpha_i}; \quad (4.2.2)$$

čia: $E_i(t)$ - i-ojo ūkio sektoriaus energijos poreikiai laiko momentu t ;

$E_i(t - 1)$ - i-ojo ūkio sektoriaus energijos poreikiai laiko momentu $(t-1)$;

$A_i(t)$ - i-ojo ūkio sektoriaus ekonominė veikla;

α_i - i-ojo ūkio sektoriaus pajamų elastingumas.

Taip pat, dar galima įvertinti ryšį ne tik tarp energijos sąnaudų ir BVP, bet ir kainos ryšius:

$$E_i(t) = E_i(t - 1) \cdot \left[\frac{A_i(t)}{A_i(t - 1)} \right]^{\alpha_i} \cdot \left[\frac{P_i(t)}{P_i(t - 1)} \right]^{\beta_i}. \quad (4.2.3.)$$

čia: P_i - i-ojo ūkio sektoriaus energijos kaina;

β_i - i-ojo ūkio sektoriaus kainų elastingumas.

Šiame modelyje prognozuojamas energijos poreikis laiko momentu t priklauso nuo prieš, tai buvusio energijos poreikio dydžio, ūkio sektoriaus ekonominės veiklos ir kainų pasikeitimo, bei nuo vartotojo reakcijos į kainų ir pajamų pokytį.

Taip pat, yra ir sudėtingesnių ekonometrinių modelių, kuriais galima aprašyti daugiau veiksnių turinčių įtakos energijos poreikiams: vienos energijos rūšies pakeitimo kita, naujų technologijų diegimo ir t.t.

$$E_i(t) = E_i(t - 1) \cdot \left[\frac{A_i(t)}{A_i(t - 1)} \right]^{\alpha_i} \cdot \left[\frac{P_i(t)}{P_i(t - 1)} \right]^{\beta_i} \cdot R_i \cdot T_i. \quad (4.2.4.)$$

čia R_i - energijos rūšies pakeitimo kita energijos rūšimi i-jame sektoriuje rodiklis;

T_i – papildomo energijos taupymo i -jame sektoriuje rodiklis.

Įvedus papildomus rodiklius, galima pagerinti ekonometrinio modelio tikslumą. Beje, jungtiniame ekonometriniame modelyje viena lygtimi galima atvaizduoti suminį energijos poreikį, o atskiromis lygtimis - energijos poreikį skirtinguose ūkio sektoriuose: pramonės, statybos, žemės ūkio, transporto, prekybos, aptarnavimo ir namų ūki, tuomet pagal sektorius, bendras energijos poreikis:

$$E(t) = \sum E_i(t) = E_P(t) + E_S(t) + E_Z(t) + E_T(t) + E_R(t) + E_A(t) + E_N(t). \quad (4.2.5.)$$

Ekonometriniame modelyje yra labai svarbu tiksliai aprašyti energijos sąnaudas baziniais metais, bei tarpusavio ryšį su poreikius sąlygojančiais veiksniais. Dar reikia aprašyti visų šių veiksnių kitimo tendencijas nagrinėjamu laikotarpiu. Tada toks modelis naudingas objektyviam įvairių variantų įvertinimui. Tai gi, ekonometrinis modelis aprašo tarpusavyje susietus veiksnius, kintančius laikui bėgant bei energijos poreikius, tai šiuo modeliu remiantis galima įvertinti atskirų veiksnių pokyčių įtaką ir nustatyti vartotojo reakciją į kainų ir pajamų pasikeitimą.

Pasaulio šalių istorinis vystymasis parodė, kad ekonomikos augimas artimai yra susijęs su energijos poreikiais. Ekonomikos augimo ir energijos poreikio ryšio stiprumas įvairiose pasaulio šalyse yra skirtingas bei priklauso nuo jos ekonominio išsivystymo lygio ir gyventojų pragyvenimo lygio. Yra preliminariai nustatyta, kad aukšto pramoninio lygio šalyse bendram vidaus produktui padidėjus 1 procentu, energijos poreikis padidėja apie 0,5 procento. Beje, besivystančiose šalyse energijos poreikis ir ekonomika yra dar labiau koreliuoti. Tai gi, ekonomikos plėtra yra pagrindinis pradinis rodiklis, prognozuojant ilgalaikius energijos poreikius. Dėl šios priežasties, prognozė turi susidėti iš dviejų pagrindinių etapų: ekonominės plėtros scenarijų bei energijos poreikių prognozės. Kainos įtaką elektros energijos poreikių prognozei galima analizuoti naudojant ekonometrinį modelį ir darant prielaidą, kad elektros energijos kaina keisis taip:

$$P = P_0 + kt. \quad (4.2.6.)$$

čia: P_0 – pradinė kaina;

k – kainos kintimo koeficientas;

t – metai.

Prognozuojant energijos poreikius ir taikant šį modelį, svarbią reikšmę turi pajamų ir kainų elastingumo rodikliai jie charakterizuoja vartotojų reakciją. Tai gi, didėjanti kaina sąlygoja paklausos mažėjimą ir pasiūlos didėjimą bei atvirkščiai. Tačiau, kiek kainos kitimas keičia paklausą ir pasiūlą, tai įvertinti naudojama elastingumo sąvoka. Elastingumas galima paaiškinti, kaip paklausos ar pasiūlos

kiekio kitimo procentas, kainoms pakitus vienu procentu, bet kai norima matematiškai apskaičiuoti, jis apibrėžiamas, kaip paklausos ar pasiūlos kiekio procentinio padidėjimo ir kainų procentinio padidėjimo santykis:

Paklausos:

$$E = \frac{\Delta D\%}{\Delta P\%};$$

čia: ΔD – paklausa;

ΔS – pasiūla.

Pasiūlos:

$$E = \frac{\Delta S\%}{\Delta P\%} \quad (4.2.7.)$$

Absolūtus elastingumas, kai be galo mažas kainų pasikeitimas sąlygoja didelį paklausos ir pasiūlos padidėjimo procentą, tada skaitmeninis elastingumas yra begalinis. Santykinis elastingumas, kai tam tikras kainų kitimas lemia didesnį paklausos ir pasiūlos kiekio pasikeitimą, tada skaitmeninis elastingumas didesnis už vienetą. Vieneto elastingumas, kai tam tikras kainų kitimas sukelia tokį pat paklausos ir pasiūlos kiekio pasikeitimą, tada skaitmeninis elastingumas lygus vienetui. Santykinis neelastingumas, kai kainų pasikeitimas sąlygoja mažesnį paklausos ir pasiūlos pasikeitimą, tada skaitmeninis elastingumas yra mažesnis už vienetą, bet didesnis už nulį. Absolūtus neelastingumas, kai kainų kitimas nepakeičia paklausos ir pasiūlos, tada skaitmeninis elastingumas lygus nuliui. Tai gi, energijos vartojimo pajamų elastingumas nustatomas, įvertinant kaip energijos sąnaudų pokytis susijęs su 1% bendro vidaus produkto pokyčiu. Remiantis kitų Rytų Europos šalių patirtimi, įvairiose šalyse, nustatyta, kad daugumoje šalių pajamų elastingumo koeficientai mažesni už 1, kas reiškia neelastingą vartotojų elgseną. Tai reiškia, kad energijos sąnaudos didėja mažesniu greičiu nei plečiama bet kuri ekonominė veikla ar didėja pajamos.

Kai priklausomybė tarp prekės ar paslaugos vartojimo apimties ir pajamų dydžio yra tiesinė, tada pajamų elastingumą galima įvertinti šia formule:

$$\alpha = \frac{E_{t_0+n} - E_{t_0}}{E_{t_0}}; \frac{A_{t_0+n} - A_{t_0}}{A_{t_0}}. \quad (4.2.8)$$

čia: E_{t_0} – bazinio laikotarpio (pvz. elektros energijos) vartojimo apimtis;

E_{t_0+n} – einamojo laikotarpio vartojimo apimtis;

A_{t_0} – bazinio laikotarpio pajamų lygis;

A_{t_0+n} – einamojo laikotarpio pajamų lygis.

Vartotojo reakcija į energijos kainų pasikeitimą priklauso nuo gyvenimo sąlygų, ekonominės situacijos, nuo naudojamų įrenginių ir kt. Tai gi, kainos elastingumas (4.2.9) visada turi neigiamą ženklą, kuris ir parodo, kad poreikis mažėja, kai kainos didėja bei atvirkščiai.

$$\beta = \frac{E_{t_0+n} - E_{t_0}}{E_{t_0}} : \frac{P_{t_0+n} - P_{t_0}}{P_{t_0}}. \quad (4.2.9)$$

čia: E_{t_0} – bazinio laikotarpio (pvz. elektros energijos) vartojimo apimtis;

E_{t_0+n} – einamojo laikotarpio vartojimo apimtis;

P_{t_0} – bazinio laikotarpio elektros energijos vartotojų kaina;

A_{t_0+n} – einamojo laikotarpio elektros energijos vartotojų kaina.

Didžiausias ekonometrinio modelio privalumas, tai kad nereikia daugybės statistinių duomenų, charakterizuojančių energetinių išteklių suvartojimo dinamiką ilgam periodui. Svarbiausia pakankamai turėti duomenų, kurie detalčiai aprašo energijos sąnaudas, bei jas sąlygojusius veiksniai prognozuojamo laikotarpio pradžioje. Tačiau pagrindinis trūkumas, kad būtina reikia įvertinti pajamų ir kainų elastingumą. Visa tam įvertinti reikia atlikti papildomus tyrimus, pvz.; Lietuvos sąlygomis nustatyti realius pajamų ir kainų elastingumo dydžius, charakterizuojančius vartotojų reakciją, praktiškai neįmanoma [9].

4.3. Galutinių vartotojų modelis

Elektros energijos suvartojimą namų ūkyje galima prognozuoti taikant atitinkamus modelius, kurie remiasi esama informacija apie buityje naudojamus elektros prietaisus. Elektros energijos sąnaudos modeliuojamos įvertinant elektros prietaisų kiekį, jų naudojimo intensyvumą, bei techninius parametrus (galią, efektyvumą ir pan.). Naudojantis šiais duomenimis, yra detalizuojamas elektros energijos suvartojimas pagal paskirtį bei įvertinamos poreikių kitimo tendencijos.

Taikant šį modelį, pagrindinis dėmesys yra sutelkiamas į šiuos etapus: atskirai analizuojami daug elektros energijos naudojančys prietaisai (šaldytuvai, šaldikliai, televizoriai, elektrinės viryklės, skalbimo mašinos ir pan.), kiti prietaisai priskiriami vienai ar keletui grupių; nustatomas elektros prietaisų kiekis kiekvienoje grupėje; remiantis vartotojų apklausos duomenimis ar kitu būdu nustatomas kiekvienos prietaisų grupės darbo laikas (arba panaudojimas kartais) per metus.; remiantis elektros prietaisų techniniais pasais, vartotojų apklausos duomenimis ir kita informacija nustatomas elektros energijos suvartojimas per metus.

Taikant šį modelį, elektros suvartojimas namų ūkių sektoriuje bet kuriuo nagrinėjamu laiko momentu t ($t= 2020, 2025, \dots, 2030$) modeliuojamas taip:

- 1) Nustatomas i -ojo elektros prietaiso (grupės) kiekis k_i :

$$k_i = n_b \cdot d_i; \quad (4.3.1.)$$

čia n_b – bendras būstų skaičius;

d_i c – būstų dalis, turintį i-ąjį prietaisą.

- 2) Nustatomos vidutinės vienkartinės i-ojo prietaiso (grupės) elektros energijos sąnaudos, taikant 10 metų slenkančio vidurkio principą, tuo būdu įvertinant senų prietaisų pakeitimą naujais efektyvesniais:

$$e_{vid_i} = \frac{\sum_t^{t-10} e_i}{10}; \quad (4.3.2.)$$

- 3) Nustatomos vidutinės metinės i-ojo prietaiso elektros energijos sąnaudos:

$$e_{m_i} = e_{vid_i} \cdot t_i; \quad (4.3.3.)$$

čia t_i – vidutinis prietaiso panaudojimas, kartais per metus.

- 4) Nustatomos bendrosios i-ojo prietaiso (grupės) elektros energijos sąnaudos:

$$E_{m_i} = e_{m_i} \cdot k_i; \quad (4.3.4.)$$

- 5) Nustatomos bendrosios visų namų ūkių sektoriaus prietaisų elektros energijos sąnaudos

$$E_{\Sigma} = \sum_i E_{m_i}; \quad (4.3.5.)$$

Šio metodo taikymas suteikia galimybę įvertinti įvairių elektros prietaisų skvarbą į namų ūkiuose ir jų efektyvumo didinimo įtaką bendrųjų elektros sąnaudų kitimui [9].

5. Veiksmų sąlygojančių elektros energijos poreikius prognozavimo prielaidos

Energijos poreikių prognozavimas, tai yra viso energetikos ūkio planavimo proceso pradžia, todėl prognozuojant reikia atsižvelgti į poreikius sąlygojančius veiksnius. Atlikta analizė parodė, kad elektros energijos suvartojimą daugiausia įtakoja bendras vidaus produktas, disponuojamosios pajamos, kurios priklauso nuo BVP ir gyventojų skaičius, tai energijos poreikių prognozė bus grindžiama atitinkamomis prielaidomis apie šių veiksnių tikėtiną plėtrą.

5.1. Lietuvos BVP augimo scenarijai

Lietuvos bankas nuolatos atlieka Lietuvos ekonomikos stebėseną, analizę bei numato galimas ekonomikos raidos perspektyvas. Makroekonominių prognozių rengimas leidžia sistemiskai įvertinti pagrindinių makroekonominių rodiklių kitimą trumpuoju, bei vidutiniu laikotarpiu ir dar numatyti galimą makroekonominės raidos riziką. Šios prognozės apima pagrindinių makroekonominių rodiklių – bendrojo vidaus produkto, infliacijos, nedarbo lygio, einamosios sąskaitos balanso bei kitų rodiklių – kitimą tiek trumpuoju, ir vidutiniu laikotarpiais.

2016 metų kovo 17 dienos surinktais duomenimis, galima teigti, kad Pasaulio ekonomikos plėtra yra sulėtėjusi, nes 2015 m. pasaulio ekonomika paaugo apie 3 proc. – mažiausiai nuo 2010 m., kai ūkio aktyvumas ėmė atsigauti po pasaulinės finansų krizės. Išorės aplinka stipriai veikia eksporto rodiklius mūsų šalyje. Rinkų praradimas rytiniame regione eksportuotojus paskatino aktyviau rinktis kitus regionus, visų pirma, šalis, kurių paklausa importuojamoms prekėms ir paslaugoms augo. Taip pat, 2015 m. ypač pagyvėjo prekių bei paslaugų eksportas į Europos sąjungos (ES) šalis. Prie eksporto augimo dar prisidėjo ūgtelėjęs eksportas į JAV, Jungtinius Arabų Emyratus, Saudo Arabiją, Indiją, Ukrainą ir kitas valstybes. Nepaisant pablogėjusios tarptautinės aplinkos, valstybės eksporto rezultatai pernai vis dėlto buvo nenuviliantys – per metus realusis prekių bei paslaugų eksportas net šiek tiek padidėjo.

2015 metų pradžioje vartotojų lūkesčiai buvo prastesni, bet vėliau pagerėjo, o dabar yra gerokai pakylėti. Taip pat, pramonės ir prekybos įmonių lūkesčiai nemažai svyravo, bet pernai vis dėlto nepablogėjo, bei paslaugų sektoriaus įmonių perspektyvų vertinimas tapo geresnis. Dėl šių priežasčių įmonės toliau gausino samdomųjų darbuotojų gretas, tai prisidėjo prie darbo užmokesčio kilimo. Dar, prie jo ūgtelėjimo prisidėjo minimalios mėnesinės algos padidinimas. Tai gi, nekylant kainoms, didesnės darbo pajamos sudarė galimybes namų ūkiams daug daugiau vartoti.

Prognozuojamu laikotarpiu (2016–2017 m.) vidaus paklausa toliau nemenkai kils. Taip pat, numatoma, kad daugiau nei pernai turėtų augti eksportas, nes tarptautinė aplinka turėtų pagerėti. Be to, aktyvesnis eksportuojantysis sektorius turėtų lemti geresnius viso ūkio rezultatus, dėl to numatoma, kad

2016 m. Lietuvos realusis BVP padidės daugiau nei pernai – 2,6 %. Prognozuojamas Lietuvos BVP 2015–2017 m. pateikiamas 2 lentelėje [10].

2 lentelė. Prognozuojamas Lietuvos BVP 2015–2017 m.

Metai	2016 m. kovo mėn. prognozė		
	2015	2016	2017
Bendrasis vidaus produktas	1,7	2,6	3,4

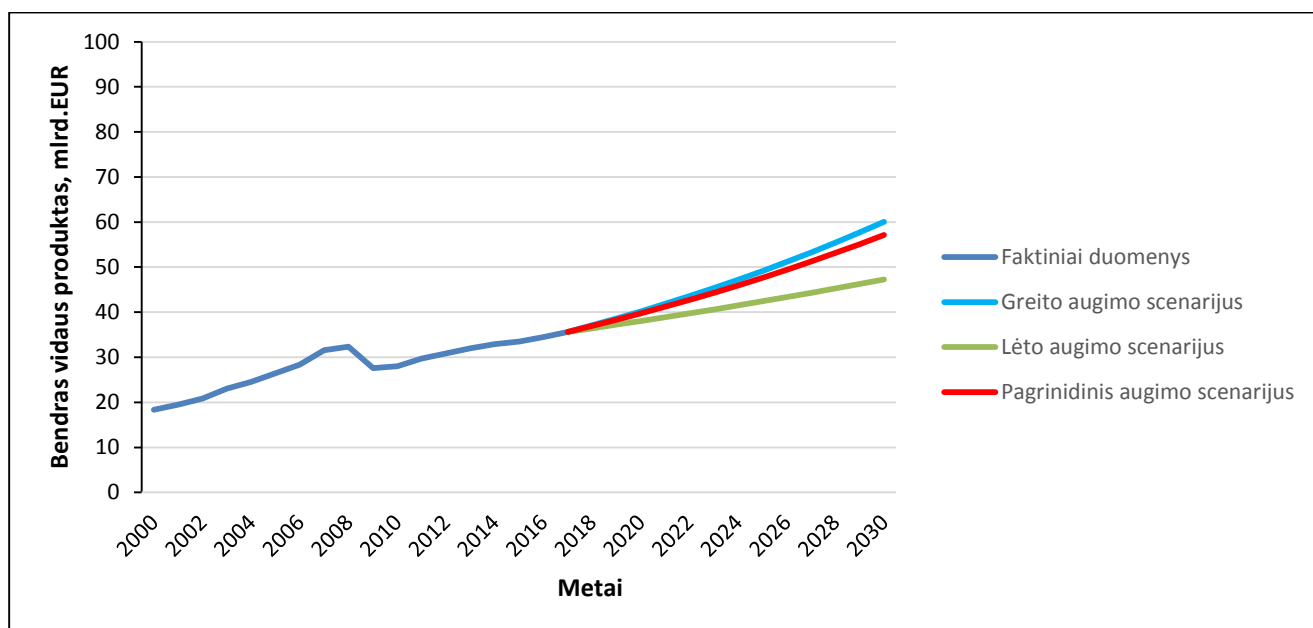
Po pasaulio ekonomikos krizės 2008 metais, prasidėjo Lietuvos ekonomikos nuosmukis, tačiau radikalus išlaidų mažinimas, išlaikytas tarptautinės kreditų rinkos pasitikėjimas, eksporto skatinimas, verslui palankios aplinkos kūrimas, bei kitos priemonės suteikė prielaidas ūkio šakoms palaipsniui atsigauti ir 2014 metais BVP viršijo prieš krizę pasiektą lygį. Prognozuojama, kad per du artimiausius dešimtmečius išsilaikys spartūs ekonomikos augimo tempai, tikėtina, kad jie bus didesni nei prognozuota ekonomikos nuosmukio laikotarpiu. Numatant šalies ūkio augimo perspektyvas, pasirinkta trys galimi raidos scenarijai: greito ekonomikos augimo scenarijus; pagrindinis (labiausiai tikėtinas) scenarijus; lėto ekonomikos augimo scenarijus.

Greito ekonomikos augimo scenarijaus metu per tiriamąjį laikotarpį numatomi spartūs ekonomikos augimo tempai – vidutiniškai 4,1 % per metus, tikintis, kad bus palanki aplinka didelėms investicijoms, skirtoms ūkiui modernizuoti ir naujoms technologijoms naudoti, bei finansinė pagalba iš ES bus efektyviai panaudojama. Įgyvendinus šias prielaidas mūsų šalyje BVP, tenkantis vienam gyventojui, bei vertinamas perkamosios galios standartais, 2020 metais pasiektų dabartinį ES šalių vidurkį.

Lėto augimo scenarijuje prognozuojama vidutiniškai 2,2 % metinis augimo tempas, tokį tempą galėtų lemti lėti tolesnio ūkio modernizavimo tempai, neracionaliai naudojamos investicijos, nenumatytos ekonominės bei politinės krizės taip pat, gyventojų senėjimas bei kiti nepalankūs veiksniai. Remiantis tokiomis prielaidomis, dabartinį ES šalių ekonomikos lygį būtų galima pasiekti iki 2025 metų.

Pagrindinis scenarijus paremtas labiausiai tikėtinomis ekonomikos plėtros tendencijomis, prognozuojant, kad iki 2030 metų BVP augimo tempai bus 3,7 %, o po 2030 metų – 2,6 %. Svarbiausia šio scenarijaus prielaida yra, kad mūsų šalies ūkis bus nuosekliai plėtojamas panaudojant ES ekonominę tvarką, bei bendrosios rinkos privalumus, racionaliai įgyvendinti investicijas, didinant nacionalinės ekonomikos konkurencingumą, taip pat veiksmingai panaudojant turimus išteklius, geografinę padėtį [11].

Tai gi, įvertinus BVP trumpalaikę ir ilgalaikę prognozę, lentelėse pateikiami prognozuojami BVP scenarijai, taip pat grafike – 2000 – 2030 metų laikotarpio analizė (16 pav.).

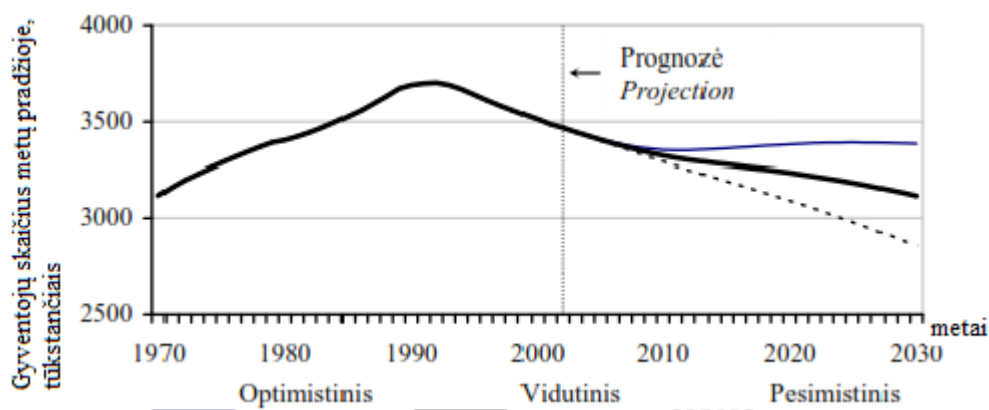


16 pav. Lietuvos bendrojo vidaus produkto augimo scenarijai 2000 – 2030 m.

5.2. Lietuvos gyventojų skaičiaus kitimo scenarijai

Gyventojų skaičiaus ir amžiaus struktūros kitimas daro didelę įtaką ne tik darbo rinkai, bet ir elektros energijos suvartojimui, bei kitoms visuomenės gyvenimo sritims, dėl to svarbu numatyti ateities kitimo tendencijas, visa tai prognozuoti yra sudėtinga. Gyventojų skaičiaus pokyčius įtakoja: gimstamumas, mirtingumas bei migracija.

Statistikos departamentas parengė leidinį „Lietuvos gyventojų skaičiaus prognozės 2005–2030 m.“. Šiame leidinyje pateikiami trys gyventojų skaičiaus kitimo prognozių variantai, kurie parengti remiantis numatytais, bei priimtomis tikėtinomis pagrindinių demografinių procesų prielaidomis. Išskiriami trys galimi variantai: vidutinis, pesimistinis ir optimistinis. Tai gi, numatoma, kad prognozuojamu laikotarpiu pagal šiuos tris variantus gyventojų skaičius mažės. Pagal vidutinį variantą 2030 m. šalyje gyvens mažiau 11 % nei 2001 m. Pagal pesimistines prielaidas gyventojų skaičius sparčiau mažės, tai 2030 m. bus mažiau 18 % nei 2001 m. Tai pat, pagal optimistines prielaidas gyventojų skaičius tik šiek tiek sumažės, tai tikėtinas skaičius 2030 m. bus 3 % mažiau negu 2001 m. Šie visi trys prognozuojami variantai pateikiami 17 pav.[12].



Duomenų šaltinis: <http://osp.stat.gov.lt/services-portlet/pub-edition-file?id=5665>

17 pav. Prognozuojamas gyventojų skaičiaus kitimas.

5.3. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo scenarijai

Efektyvus energijos vartojimas, tai racionalus energijos vartojimas, taupiai naudoti energiją padedančių technologijų taikymas, bei atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas. Dėl šių prižasčių pasiekama aukštesnė kokybė bei komforto lygis, sukuriama daugiau darbo vietų, padidinamas produktyvumas, taupomos lėšos, mažinama tarša aplinkai [13].

Taip pat, energijos vartojimo efektyvumui apibūdinti šalyje bei ūkio šakoje dažniausiai naudojamas energijos intensyvumo rodiklis. Energijos intensyvumas yra apibrėžiamas kaip pirminės energijos sąnaudų (energijos vienetais) santykis su veiklos rodikliu (nacionaline valiuta ar bendrąja valiuta), kuris apibūdinamas valstybėje sukurtu bendruoju vidaus produktu. 2000-2012 metais ženkliai padidėjo energijos vartojimo efektyvumas. Tai gi, šie esminiai pokyčiai elektros energetikos sektoriuje ir pirminės energijos balanse pagal energijos išteklių vartojimo kryptis lėmė labai ženklų pirminės energijos sąnaudų sumažėjimą. Taip pat, energijos vartojimo efektyvumą siekiama didinti energijos tiekimo bei transformavimo srityje, ir galutinio vartojimo srityje [11].

Kadangi, Europos sąjungos šalys yra patvirtinę tikslą iki 2020 m. metinį Sąjungoje suvartojamos energijos kiekį sumažinti 20 %. Dėl šių įsipareigojimų siūloma kasmet atnaujinti bent 3 % valstybinių institucijų pastatų viso ploto bei įsigyti aukštus efektyvaus energijos vartojimo reikalavimus atitinkančius pastatus, paslaugas bei produktus, viešajam sektoriui, taip parodant pavyzdį kitiems gyventojams. Taip pat, priimti ilgalaikes nacionalines investicijas į gyvenamosios, bei komercinės paskirties pastatų atnaujinimą arba siekti užtikrinti, kad galutiniai vartotojai 1,5 % energijos sutaupyti kasmet. Dar siekiama daugiau naudoti pažangų elektros energijos tinklą, bei pažangiuosius elektros skaitiklius, taip pateikti tikslią informaciją apie išlaidas elektros energijai, tokiu būdu didinti vartotojų galimybes bei skatinant efektyvesnę elektros energijos vartojimą [14].

Pagal šias prielaidas galima priimti 3 scenarijus: pagal bazinį scenarijų, kai elektros energijos taupymo potencialas yra 1% per metus, pesimistinį augimo scenarijų – 0,5% ir optimistinį augimo scenarijų – 1,5%.

6. Elektros energijos poreikių prognozavimas regresijos analizės modeliu

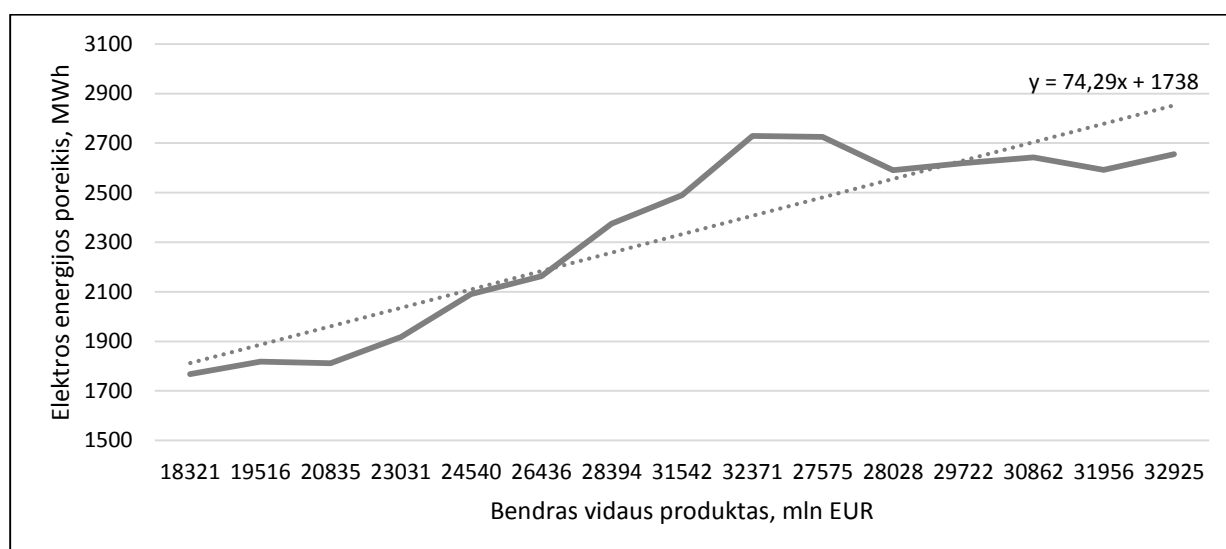
Elektros energijos poreikių prognozė 2015 – 2030 metais prognozuojama regresinės analizės modeliu. Prognozė bus atliekama pagal BVP kitimą, nes šių kintamųjų priklausomybė vienas nuo kito turi stipriausią ryšį – pagal koreliacijos koeficientą 0,86. Elektros energijos poreikis, kurio reikšmės bus prognozuojamos yra priklausomas kintamasis Y, o BVP kitimo scenarijus – nepriklausomas kintamasis X. Šiuos du kintamuosius siejantis tiesinis tikimybinis modelis išreiškiamas taip:

$$Y = a + bx \quad (7.1.)$$

Koeficientai b ir a apskaičiuojami pagal 4.1.4. ir 4.1.5 formules:

$$b = \frac{(16 \cdot 300683 - 34985 \cdot 120)}{15 \cdot 1240 - (120)^2} = 74,29$$

$$a = \frac{(34985 - b \cdot 120)}{15} = 1738,02$$

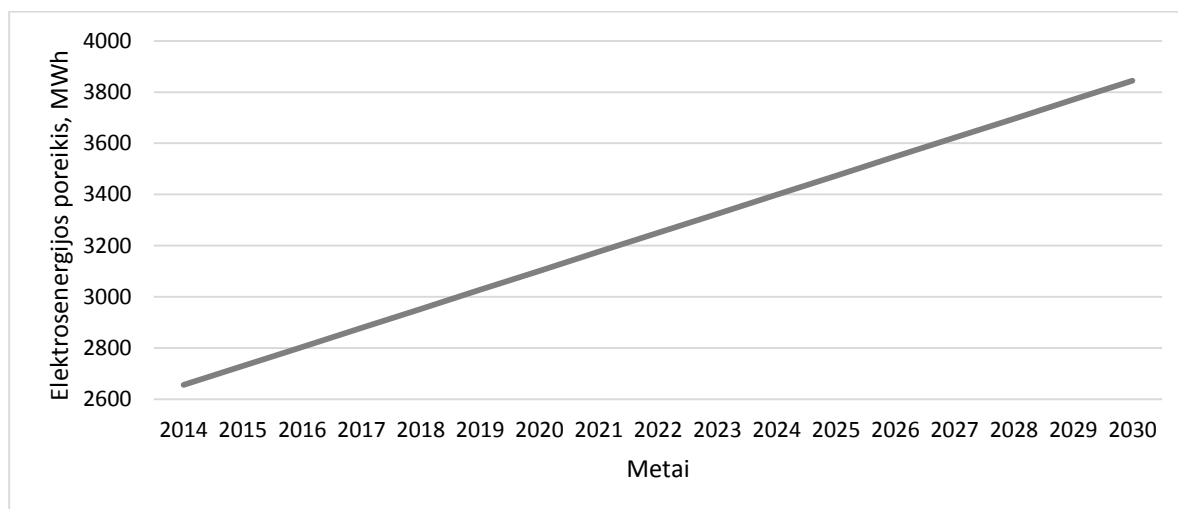


18 pav. Elektros energijos poreikio tiesinė priklausomybė nuo bendro vidaus produkto.

Elektros energijos suvartojimas 2015 – 2030 metais apskaičiuojamas pagal tiesinę priklausomybę:

3 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė pagal tiesinę priklausomybę.

Prognozuojamas elektros energijos poreikis, MWh	2015	2020	2025	2030
	2730	3102	3473	3845



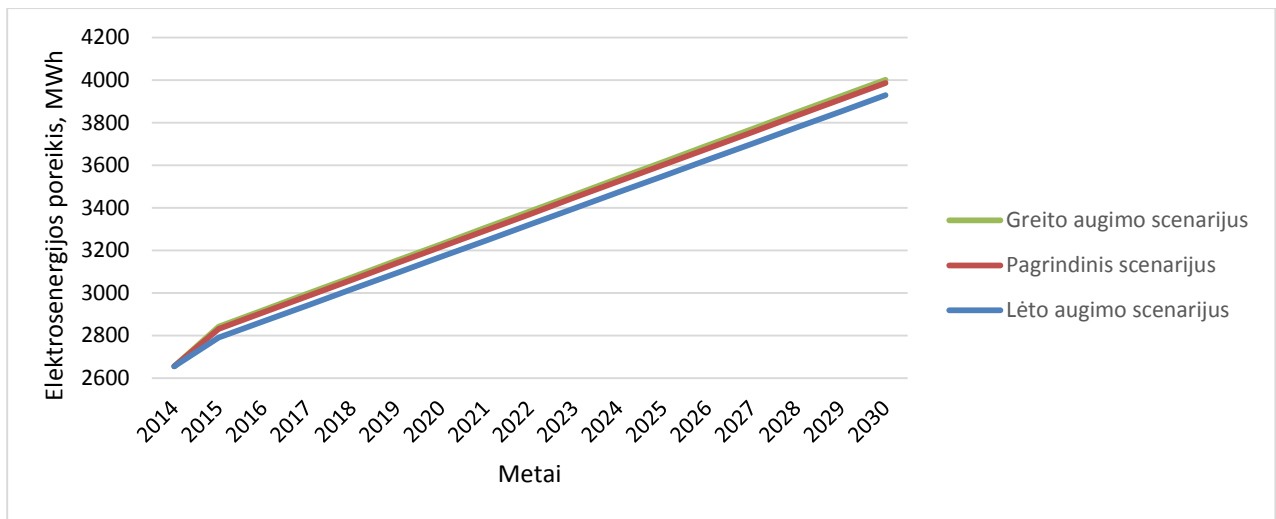
19 pav. Elektros energijos poreikių prognozė pagal regresinės analizės modelį.

Prognozuojamas elektros energijos poreikis (22 pav.) tiesiškai didėja iki 3845 MWh, o kas metus padidėja 74,29 MWh.

Prognozuojamas elektros energijos suvartojimo apskaičiavimas pagal tiesinę priklausomybę atsižvelgus BVP scenarijus:

4 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė pagal tiesinę priklausomybę įvertinus BVP scenarijus:

Analizuoti scenarijai	2015	2020	2025	2030
	<i>MWh</i>			
Greito augimo scenarijus	2645	3229	3616	4002
Lėto augimo scenarijus	2632	3170	3550	3929
Pagrindinis scenarijus	2619	3217	3602	3987



20 pav. Elektros energijos poreikių prognozė pagal regresinės analizės modelį.

Prognozuojami elektros energijos poreikiai (22 pav.) per tiriamąjį laikotarpį proporcingai tiesiškai padidėja. Per šį laikotarpį greito augimo scenarijaus metu, kas metus elektros energijos poreikis daugiausiai padidėja iki 4002 MWh, kas metus apie 77,34 MWh, o mažiausiai lėto augimo scenarijaus metu apie – 3929 MWh, kas metus 75,92 MWh. Pagrindinio scenarijaus metu poreikiai siekia iki 3987 MWh, šis suvartojimas yra artimas greito augimo scenarijui, nes šių BVP scenarijų augimo tempų skirtumas yra mažas, greito augimo – 4,1 %, pagrindinio – 3,7 %.

Vidutiniai metiniai augimo tempai apskaičiuojami pagal 2.1 formulę:

5 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai

Analizuoti scenarijai	Vidutiniai metiniai augimo tempai, %
Greito augimo scenarijus	2,6
Lėto augimo scenarijus	2,48
Pagrindinio scenarijus	2,57

Prognozuojamas elektros energijos suvartojimas pagal vidutinius metinius augimo tempus sparčiausiai augs, vidutiniškai per metus 2,6 % prie greito augimo scenarijaus, o lėčiausiai 2,48 % – lėto augimo scenarijaus metu. Pagrindinio ir greito augimo scenarijaus metiniai augimo tempai labai mažai skiriasi, nes prognozuojamų poreikių vertės yra labai panašios pagal šiuos scenarijus.

Atlikus elektros energijos poreikių prognozė tiriamuoju laikotarpiu regresinės analizės modeliu buvo surasta tiesinė priklausomybė tarp elektros energijos suvartojimo ir BVP, pagal kurią atlikta prognozė. Taip pat, prognozuojami poreikiai įvertinus BVP scenarijus. Numatomas didžiausias elektros

energijos suvartojimas 4002 MWh pagal greito scenarijaus duomenis, mažiausias 3929 MWh – pagal lėto augimo scenarijaus duomenis.

7. Elektros energijos poreikių prognozavimas ekonometriniais modeliais

Prognozuojamas elektros energijos poreikis nuo 2015 iki 2030 metų, naudojamas ekonometrinis modelis, įvertinant ekonomines sąlygas: BVP, gyventojų skaičių, pajamų bei kainos elastingumą. Tai gi, pagal aprašytas prognozavimo tendencijas praeitame skyriuje, prognozavimo scenarijus apskaičiuojamos gyventojų kitimo tendencijos:

6 lentelė. Prognozuojamas gyventojų skaičiaus kitimas.

Analizuoti scenarijai	2015	2020	2025	2030
	<i>Mln. gyv.</i>			
Pagrindinis scenarijus	2,954	3,004	3,054	3,103
Pesimistinis scenarijus	2,939	2,913	2,886	2,859
Optimistinis scenarijus	2,972	3,109	3,246	3,382

Kadangi, elektros energijos poreikiai yra prognozuojami namų ūkiui, dėl to BVP yra perskaičiuojamas pagal pagrindinio scenarijaus gyventojų skaičių.

7 lentelė. Prognozuojami BVP kitimo scenarijai.

Analizuoti scenarijai	2015	2020	2025	2030
	<i>Mln. EUR</i>			
Pagrindinis scenarijus	11334	13225	15602	18410
Lėto augimo scenarijus	11334	12660	13885	15233
Greito augimo scenarijus	11334	13379	16090	19355

Pajamų elastingumo koeficientas α apskaičiuojamas pagal 4.2.8 formulę:

$$\alpha = \frac{2656 - 2592}{2592} : \frac{344 - 326}{326} \approx 0.447$$

Elektros energijos poreikių prognozė apskaičiuojama pagal pagrindinį scenarijų atsižvelgus tik į BVP augimo scenarijus 2015 metais, pagal 4.2.2 formulę:

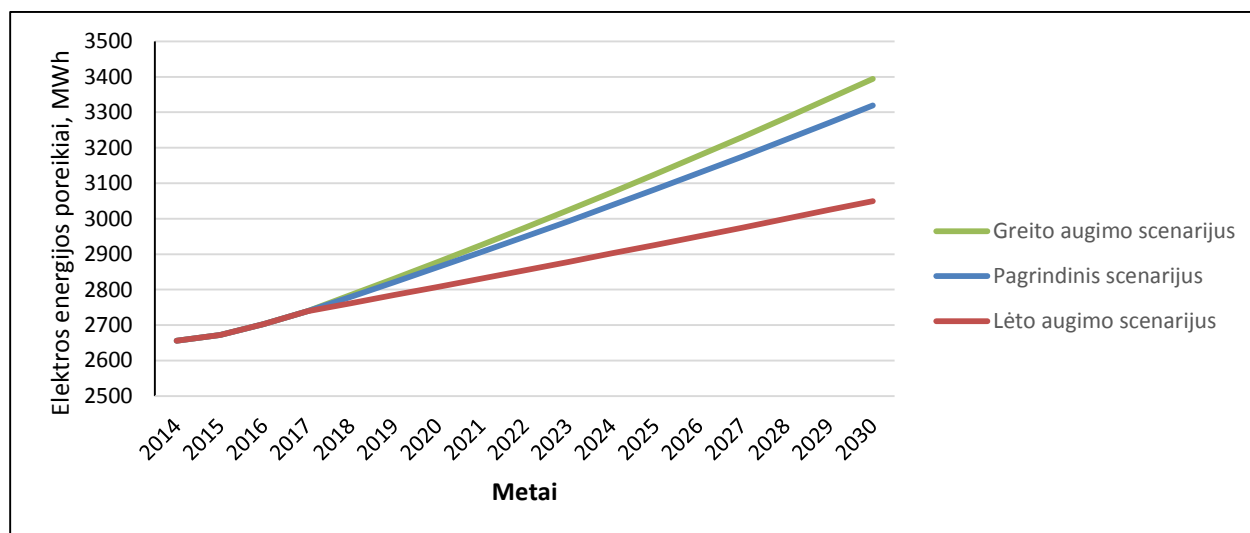
$$E_i(2015) = E_i(2015 - 1) \cdot \left[\frac{A_i(2015)}{A_i(2015 - 1)} \right]^{\alpha_i};$$

$$E_i(2015) = 2656 \cdot \left[\frac{11334}{11182} \right]^{0,447} = 2672 \text{ MWh}$$

Elektros energijos poreikių prognozė 2015 – 2030 metais pagal visus scenarijus apskaičiuojama analogiškai:

8 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė atsižvelgiant tik į BVP augimo scenarijus.

Analizuoti scenarijai	2015	2020	2025	2030
	MWh			
Pagrindinis scenarijus	2672	2863	3083	3319
Lėto augimo scenarijus	2672	2808	2926	3050
Greito augimo scenarijus	2672	2878	3125	3395



21 pav. Elektros energijos poreikių prognozė atsižvelgiant tik į BVP augimo scenarijus.

Iš elektros energijos poreikių prognozės (18 pav.), matyti, kad pagal visus scenarijus elektros energijos poreikiai proporcingai didėja. Greito augimo scenarijaus duomenimis 2030 metais prognozuojamas didžiausias elektros energijos suvartojimas 3395 MWh, o mažiausias 3319 MWh – pagal lėto augimo scenarijų.

Vidutiniai metiniai augimo tempai apskaičiuojami pagal 2.1 formulę:

9 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai

Analizuoti scenarijai	Vidutiniai metiniai augimo tempai, %
Pagrindinis scenarijus	1,40
Lėto augimo scenarijus	0,87
Greito augimo scenarijus	1,55

Vidutiniai metiniai augimo tempai, parodo, kad sparčiausiai elektros energijos poreikiai augs vidutiniškai per metus 1,40 % prie greito augimo scenarijaus, o lėčiausiai per metus 0,87 % – lėto augimo scenarijaus metu.

Kainos elastingumo koeficientas β apskaičiuojamas atsižvelgus į elektros energijos kainas 2013 ir 2014 metais pagal 4.2.9 formulę:

$$\beta = \frac{2656 - 2592}{2592} : \frac{0,137 - 0,145}{0,145} \approx -0,447$$

Įvertinus kainos įtaką prognozuojant elektros energijos poreikius, bei atsižvelgiant į kitų šalių patirtį β koeficientas priimamas -0,25. Apskaičiuojama elektros energijos poreikių prognozė pagal pagrindinį scenarijų, įvertinus BVP ir kainos kitimo scenarijus pagal 4.2.3 formulę:

$$E_i(2015) = E_i(2014) \cdot \left[\frac{A_i(2015)}{A_i(2014)} \right]^{\alpha_i} \cdot \left[\frac{P_i(2015)}{P_i(2014)} \right]^{\beta_i} ;$$

$$E_i(2015) = 2656 \cdot \left[\frac{11334}{11182} \right]^{0,447} \cdot \left[\frac{0,40}{0,40} \right]^{-0,25} = 2659 \text{ MWh.}$$

Skaičiavimuose naudojamos prognozuojamos elektros energijos kainos pagal scenarijus:

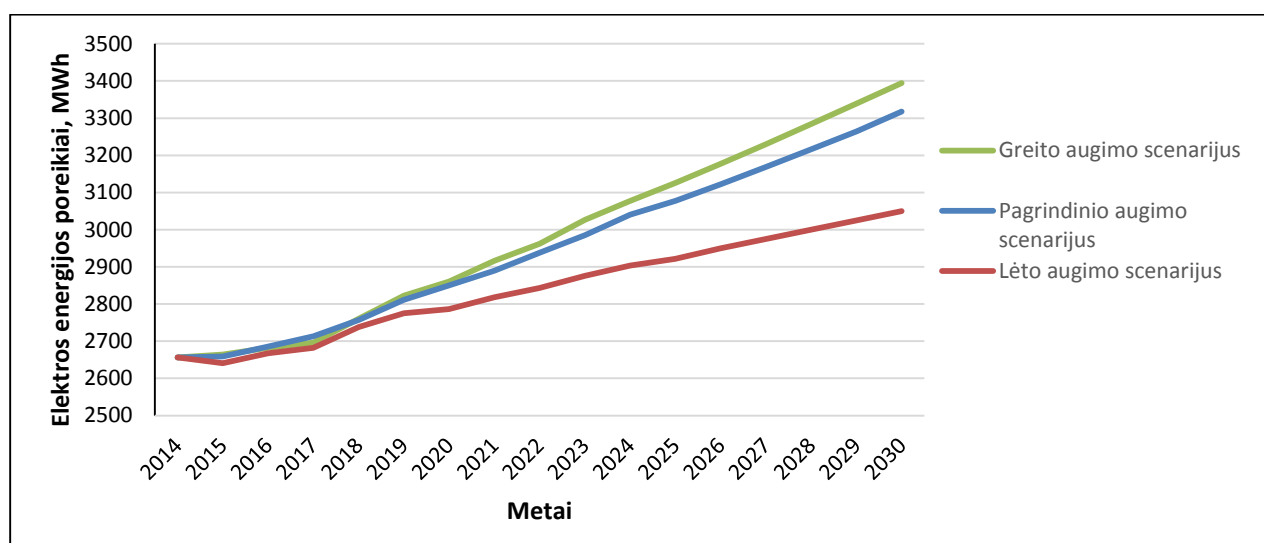
10 lentelė. Elektros energijos suvartojimo kainos.

Analizuoti scenarijai	2014	2015	2020	2025	2030
	EUR/MWh				
Aukštų kainų scenarijus	0,51	0,52	0,61	0,63	0,63
Bazinis kainų scenarijus	0,40	0,40	0,46	0,48	0,50
Žemų kainų scenarijus	0,29	0,30	0,38	0,39	0,39

Elektros energijos poreikių prognozė pagal BVP ir kainos kitimo scenarijus apskaičiuojama analogiškai:

11 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė atsižvelgiant į BVP augimo scenarijus ir kainą.

Analizuoti scenarijai	2015	2020	2025	2030
	<i>MWh</i>			
Pagrindinis scenarijus	2659	2850	3078	3318
Lėto augimo scenarijus	2641	2787	2921	3050
Greito augimo scenarijus	2664	2860	3125	3395



22 pav. Elektros energijos poreikių prognozė įvertinus BVP ir kainos kitimo scenarijus.

Vidutiniai metiniai augimo tempai apskaičiuojama pagal 2.1 formulę:

12 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai

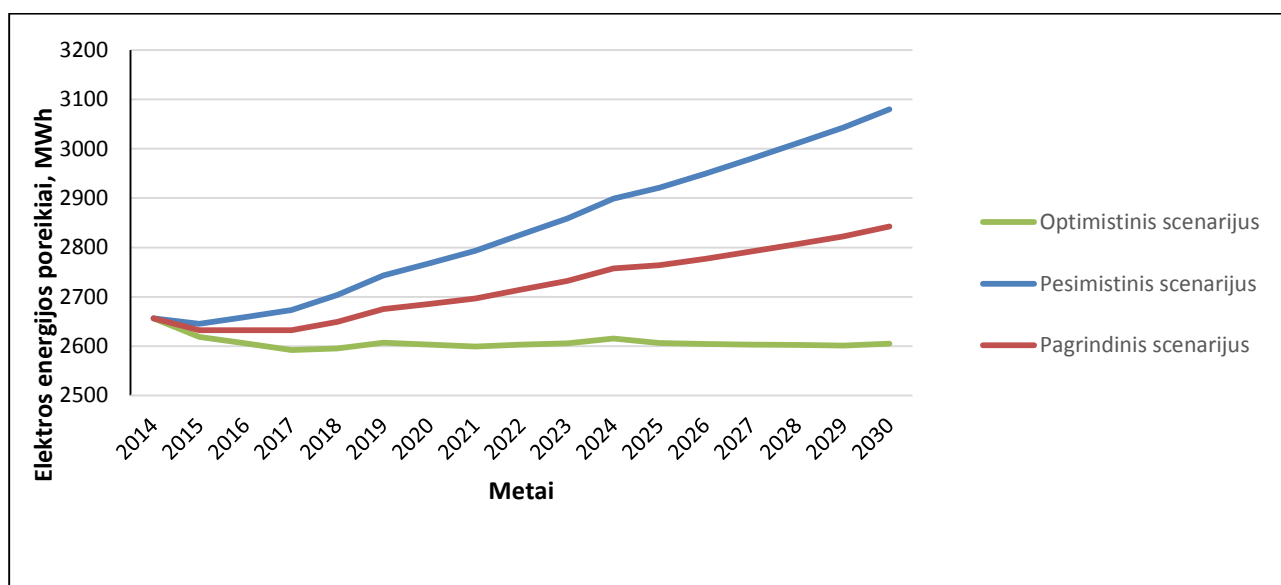
Analizuoti scenarijai	Vidutiniai metiniai augimo tempai, %
Pagrindinis scenarijus	1,40
Lėto augimo scenarijus	0,87
Greito augimo scenarijus	1,55

Prognozuojant elektros energijos suvartojimą atsižvelgus į BVP ir kainos kitimo scenarijus (19 pav.), matyti, kad 2015 – 2030 metais poreikiai sumažėja. Vidutiniai metiniai augimo tempai parodo, kad kitimo tendencijos išlieka tokios pačios, kad didžiausias elektros energijos suvartojimas bus pagal greito augimo scenarijų, o mažiausias – lėto augimo scenarijaus metu. Kadangi, pagal pagrindinius scenarijus atlikta prognozė yra realiausia, toliau šiai prognozei įvertinamas energijos vartojimo efektyvumas.

Elektros energijos poreikių prognozė apskaičiuojama pagal energijos vartojimo efektyvumo scenarijus.

13 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė įvertinus BVP, kainos kitimo bei energijos vartojimo efektyvumo scenarijus.

Analizuoti scenarijai	2015	2020	2025	2030
	MWh			
Pesimistinis scenarijus	2645	2768	2921	3080
Pagrindinis scenarijus	2632	2686	2764	2843
Optimistinis scenarijus	2619	2603	2607	2605



23 pav. Elektros energijos poreikių prognozė atsižvelgiant į BVP, kainos kitimo bei energijos vartojimo efektyvumo scenarijus.

Įvertinus energijos vartojimo efektyvumą prognozuojamas elektros energijos suvartojimas (20 pav.) proporcingai sumažėja. Elektros energijos poreikiai pagal pesimistinį scenarijų 2030 metais siekia 3080 MWh, o pagal optimistinį tik – 2605 MWh.

Vidutiniai metiniai augimo tempai apskaičiuojami pagal 2.1 formulę:

14 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai

Analizuoti scenarijai	Vidutiniai metiniai augimo tempai, %
Pesimistinis scenarijus	0,93
Pagrindinis scenarijus	0,43
Optimistinis scenarijus	-0,12

Apskaičiavus vidutinius metinius augimo tempus, matyti, kad didžiausias vidutinis metinis augimo tempas 0,93 % bus pagal energijos vartojimo efektyvumo pesimistinį scenarijų. Jei, būtų įgyvendintas energijos vartojimo efektyvumo optimistinis scenarijus, tai 2030 metais prognozuojamas elektros energijos suvartojimas būtų mažesnis nei 2014 metais, vidutinis mažėjimo tempas siektų 0,12 %.

Atlikus elektros energijos prognozę 2015 – 2030 metais ekonometriniu modeliu buvo atliktos trys prognozės: įvertinus BVP, kainos kitimo bei energijos vartojimo efektyvumo scenarijus. Visais atvejais prognozuojamas didžiausias elektros energijos suvartojimas pagal greito scenarijaus duomenis, mažiausias – pagal lėto augimo scenarijaus duomenis. Didžiausias prognozuojamas elektros energijos suvartojimas yra, kai įvertinama tik BVP scenarijai. Atsižvelgus į elektros energijos kainos scenarijus poreikiai atitinkamai proporcingai sumažėjo. Mažiausias prognozuojamas elektros energijos suvartojimas yra, kai įvertinama BVP, kainos kitimo ir energijos vartojimo efektyvumo scenarijai.

8. Elektros energijos poreikių prognozavimas galutinių vartotojų modeliu

Elektros energijos suvartojimas prognozuojamas taikant galutinių vartotojų modelį, kuris remiasi esama informacija apie buityje naudojamus elektros prietaisus. Elektros energijos poreikis modeliuojamas įvertinant elektros prietaisų kiekį, naudojimo intensyvumą bei techninius parametrus (galią, efektyvumą ir pan.). Naudojantis šiais duomenimis, yra detalizuojamas elektros energijos sąnaudos pagal paskirtį ir įvertinamos poreikių kitimo tendencijos. Taikant šį modelį atskirai analizuojami pagrindiniai, daug elektros energijos sunaudojantys prietaisai: skalbimo mašinos; džiovintuvai; elektrinės viryklės; šaldytuvai; šaldikliai; mikrobangų krosnelės; indaplovės; televizoriai; muzikiniai grotuvai; kompiuteriai; apšvietimas; elektriniai šildytuvai; kiti elektros prietaisai [4].

Skaičiuojant šį modelį nustatomas jau paminėtų prietaisų kiekis, darbo laikas (panaudojimas kartais per metus), bei elektros energijos suvartojimas per metus. Apskaičiuojama skalbimo mašinų kiekis 2015 metais pagal 4.3.1 formulę:

$$k_{sk} = 1486 \cdot 0,89 = 1322 \text{ vnt};$$

Nustatomas vidutinis vienkartinis skalbimo mašinos elektros energijos suvartojimas pagal 4.3.2 formulę, taip įvertinamas senų prietaisų pakeitimas naujais efektyvesniais:

$$e_{vid_{sk}} = \frac{9,48}{10} = 0,95 \text{ kWh};$$

Vidutinės metinės elektros energijos sąnaudos apskaičiuojamos pagal 4.3.3 formulę:

$$e_{m_{sk}} = 0,95 \cdot 251 = 238 \text{ kWh};$$

Nustatomos bendrosios skalbimo mašinos elektros energijos sąnaudos:

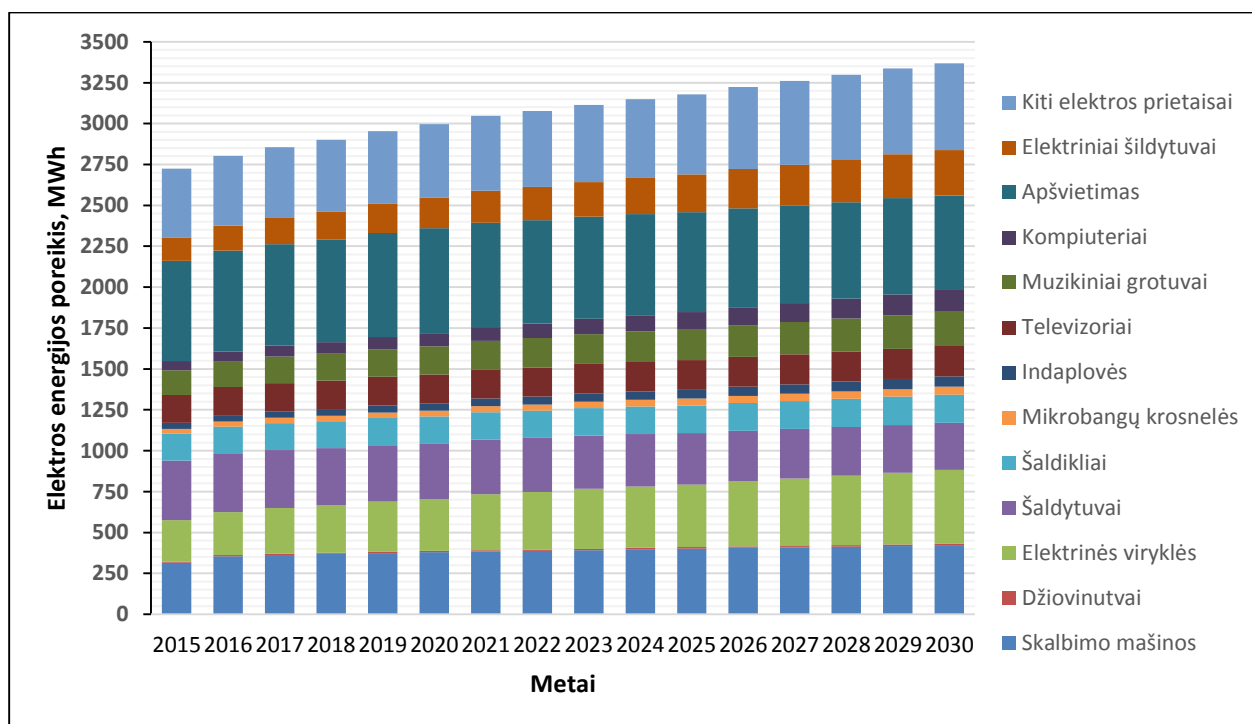
$$E_{m_{sk}} = 238 \cdot 1322 = 314636 \text{ kWh} \approx 315 \text{ MWh}.$$

Bendrosios Džiovintuvų; elektrinių viryklių; šaldytuvų, šaldiklių; mikrobangų krosnelių; indaplovių; televizorių, muzikinių grotuvų; kompiuterių; apšvietimo; elektrinių šildytuvų bei kitų elektros prietaisų elektros energijos sąnaudos apskaičiuojamos analogiškai:

15 lentelė. Pagrindinių elektros energijos prietaisų elektros energijos sąnaudos.

Elektros energijos prietaisai	2015	2020	2025	2030
	<i>MWh</i>			
Skalbimo mašinos	315	379	402	422
Džiovintuvai	7	8	8	9
Elektrinės viryklės	255	316	382	452
Šaldytuvai	364	341	315	287
Šaldikliai	164	165	169	174
Mikrobangų krosnelės	30	36	42	48
Indaplovės	36	45	54	62
Televizoriai	171	176	181	187
Muzikiniai grotuvai	150	172	190	209
Kompiuteriai	58	80	105	133
Apšvietimas	611	643	611	578

Elektriniai šildytuvai	144	185	230	279
Kiti elektros prietaisai	420	450	490	530
Visi namų ūkių sektoriaus prietaisai	2724	2997	3179	3369



24 pav. Elektros energijos poreikių prognozė pagal galutinių modelių.

Vidutiniai metiniai augimo tempai apskaičiuojami pagal 2.1 formulę:

16 lentelė. Vidutiniai metiniai elektros energijos poreikių augimo tempai

Analizuotas scenarijus	Vidutinis metinis augimo tempas, %
Pagrindinis scenarijus	1,50

Prognozuojant elektros energijos suvartojimą pagal elektros energijos prietaisus (23 pav.), matyti, kad 2015 – 2030 metais suvartojimas išauga. Daugiausia elektros energijos suvartoja apšvietimas, skalavimo mašinos, elektrinės viryklės, šaldytuvai, bei kiti elektros prietaisai, mažiausiai – džiovintuvai, mikrobangų krosnelės, kompiuteriai. Vidutinis metinis augimo tempas parodo, kad kitimo tendencija išlieka tokia pati kaip ir ankstesniuose modeliuose, kas metus elektros energijos poreikis kas metus padidėja apie 1,50 %.

Atlikus elektros energijos prognozė 2015 – 2030 metais galutiniu vartotojų modeliu buvo apskaičiuotos bendros elektros energijos prietaisų sąnaudos. Prognozuojamas elektros energijos poreikis

2030 metais išauga iki 3369 MWh. Didelę reikšmę elektros energijos suvartojimo augimui turi taupymo efektas, kurį realiai galima pasiekti visose ūkio šakose įdiegiant naujesnius elektros prietaisus bei modernias technologijas, bei pramonėje vykstant struktūriniais pokyčiams. Siekiant kuo tiksliau nustatyti faktines galutinės elektros energijos sąnaudas būstuose, reikia atlikti specializuotą bei išsamią apklausą.

9. Prognozavimo metodų efektyvumo ir tikslumo įvertinimo metodika

Labai svarbu įvertinti prognozavimo metodo tikslumą ar jis nėra klaidingas. Tai gi, reikia įvertinti modelių prognozavimo tikslumą, faktinių ir prognozuojamų verčių nuokrypius. Apie prognozavimo metodo tikslumą ir patikimumą sprendžiama, lyginant atitikimo rezultatus, tai kiek skaičiavimais gautos prognozuojamo rodiklio vertės sutampa su faktinėmis vertėmis. Tačiau energijos poreikių prognozavimo metodika nesuteikia galimybių formaliai įvertinti gautų rezultatų tikslumą bei patikimumą, nes gauti rezultatai labai priklauso nuo pradinės informacijos. Dėl šių priežasčių prognozės tikslumas ir patikimumas įvertinamas, naudojant retrospektyvinę analizę.

Energijos poreikių prognozavimo metodų tikslumą galima palyginti naudojant keletą statistinių kriterijų. Vienas iš jų yra vidutinė santykinė paklaida:

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|e_t - e_t^{(p)}|}{e_t} \cdot 100\%. \quad (9.1.)$$

čia: n – stebėjimų skaičius;

$e_t^{(p)}$ – apskaičiuotos prognozuojamo rodiklio vertės t momentu;

e_t – faktiškos vertės prognozuojamu laikotarpiu,

n – stebėjimų skaičius.

Pagal šią paklaidą sprendžiamas tikslumas: kai m yra mažiau už 10 procentų, tai prognozavimo tikslumas yra labai tikslus; kai m yra tarp 10 ir 20 procentų – tikslus; kai m yra tarp 20 ir 50 procentų – pakankamas; kai m yra mažiau už 50 procentų – nepakankamas tikslumas.

Vidutinis tiesinis nuokrypis:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n |e_t - e_t^{(p)}|}{\sqrt{n(n-1)}}; \quad (9.2.)$$

Energijos poreikių prognozavimo tikslumą dar galima įvertinti naudojant Teilo sutapimo koeficientą:

$$U = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_p - e_t)^2}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2}}. \quad (9.3.)$$

Tikslumas yra didesnis, kai Teilo koeficientas yra kuo arčiau nulio, taip pat galima apskaičiuoti tris dalinius prognozavimo tikslumo matus:

parodo ar prognozuojant nedaroma sisteminių paklaidų:

$$U_1^2 = \frac{(\bar{e}_t^{(p)} - \bar{e}_t)^2}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2}; \quad (9.4.)$$

$$\bar{e}_t^{(p)} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^{(p)}, \quad \bar{e}_t = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t; \quad (9.5.)$$

nustato, kaip tiksliai numatyti prognozuojamų rodiklių svyravimai:

$$U_2^2 = \frac{(S_p - S)^2}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2}; \quad (9.6.)$$

$$S_p^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t^{(p)} - \bar{e}_t^{(p)})^2, \quad S^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e}_t)^2; \quad (9.7.)$$

parodo sąlygojančių veiksnių raidos nustatymo tikslumą:

$$U_3^2 = \frac{2 \cdot (1 - r) \cdot S_p \cdot S}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2}; \quad (9.8.)$$

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t^{(p)} - \bar{e}_t^{(p)}) \cdot (e_t - \bar{e}_t)}{S_p \cdot S}; \quad (9.9.)$$

Dalinių tikslumo matų kvadratų suma yra lygi bendrojo Teilo sutapimo koeficiento kvadratui:

$$U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 = U^2. \quad (9.10.)$$

Įvairių energijos poreikių prognozavimo metodų efektyvumą galima palyginti naudojantis koeficientu Z:

$$Z = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (e_{tB}^{(p)} - e_t)^2}{\sum_{t=1}^n (e_t^{(p)} - e_t)^2}}. \quad (9.11.)$$

čia $(e_{tB}^{(p)})$ – prognozuojamo rodiklio vertė, gauta vienų iš bazinių metodų.

Jei Z yra mažiau už vienetą, tai baziniu metodu apskaičiuotos prognozuojamos vertės geriau sutampa su faktiškomis, nei apskaičiuotos naudojantis kitu analizuojamu metodu. Jei Z yra daugiau už vienetą, tai efektyvesnis analizuojamas metodas [9].

9.1. Prognozavimo modelių efektyvumo ir tikslumo įvertinimas

Prognozavimo modelių tikslumas bei efektyvumas, yra įvertinimas prognozuojant 2000 – 2014 metų elektros energijos poreikius ir juos lyginant su to laikotarpio faktiniais duomenimis. Prognozuojamas elektros energijos suvartojimas apskaičiuojamas pagal ekonometrinio, regresinės analizės, galutinio vartotojų modelių metodikas:

17 lentelė. Elektros energijos poreikių prognozė pagal prognozavimo modelius.

Elektros energijos poreikis	2000	2005	2010	2014
	MWh			
<i>Ekonometrinio modelio prognozė</i>				
Įvertinamas BVP	1767	2125	2246	2485
Įvertinamas BVP ir kainos elastingumas	1767	2060	2167	2551
<i>Regresinės analizės modelio prognozė</i>	1638	2010	2381	2678
<i>Galutinio vartotojo modelio prognozė</i>	1687	2116	2616	2604
<i>Faktiniai duomenys</i>	1767	2163	2591	2656

Ekonometrinio modelio, vidutinė santykinė paklaida, kai įvertinamas tik BVP apskaičiuojama pagal 9.1 formulę:

$$m = \frac{1}{15} \cdot \left(\frac{|1767 - 1767|}{1767} + \dots + \frac{|2656 - 2485|}{2656} \right) \cdot 100\% \approx 5,81 \%$$

Vidutinė santykinė paklaida pagal kitus prognozavimo modelius apskaičiuojamos analogiškai:

18 lentelė. Vidutinė santykinė paklaida pagal prognozavimo modelius.

Prognozavimo modelis	Vidutinė standartinė paklaida, %
<i>Ekonometrinis modelis</i>	
Įvertinamas BVP	5,81
Įvertinamas BVP ir kainos elastingumas	5,49
<i>Regresinės analizės modelis</i>	7,22
<i>Galutinio vartotojo modelis</i>	8,15

Prognozavimo modelių vidutinės standartinės paklaidos yra iki 10 %, tai galima teigti, kad prognozavimas yra labiau tikslus. Tiksliausias yra ekonometrinis modelis, kai yra įvertinama bendras vidaus produktas ir kainos elastingumas, jo santykinė paklaida apie 5,49 %. Galutinio vartotojo modelio paklaida apie 8,15 % yra iš visų analizuotų modelių didžiausia.

Ekonometrinio modelio, vidutinis tiesinis nuokrypis, kai įvertinamas tik BVP apskaičiuojamas pagal 9.2 formulę:

$$B = \frac{|1767 - 1767| + \dots + |2656 - 2485|}{\sqrt{15(15 - 1)}} \approx 0,06.$$

Vidutinis tiesinis nuokrypis pagal kitus prognozavimo modelius apskaičiuojami analogiškai:

19 lentelė. Vidutinis tiesinis nuokrypis pagal prognozavimo modelius.

Prognozavimo modelis	Vidutinis tiesinis nuokrypis
<i>Ekonometrinis modelis</i>	
Įvertinamas BVP	0,06
Įvertinamas BVP ir kainos elastingumas	0,05
<i>Regresinės analizės modelis</i>	0,07
<i>Galutinio vartotojo modelis</i>	0,08

Prognozavimo modelių vidutiniai tiesiniai nuokrypiai mažai skiriasi vienas nuo kito. Didžiausias vidutinis tiesinis nuokrypis apie 0,08 pagal galutinį vartotojo modelį, mažiausias – 0,05 pagal ekonometrinį modelį, kai įvertinamas BVP ir kainos elastingumas.

Ekonometrinio modelio Teilo sutapimo koeficientas, kai įvertinamas tik BVP apskaičiuojamas pagal 9.3 formulę:

$$U = \sqrt{\frac{\frac{1}{15} \cdot ((1767 - 1767)^2 + \dots + (2485 - 2656)^2)}{\frac{1}{15} \cdot ((1767)^2 + \dots + (2656)^2)}} \approx 0,096.$$

Teilo sutapimo koeficientas pagal kitus prognozavimo modelius apskaičiuojami analogiškai:

20 lentelė. Teilo sutapimo koeficientas pagal prognozavimo modelius.

Prognozavimo modelis	Teilo sutapimo koeficientas
<i>Ekonometrinis modelis</i>	
Įvertinamas BVP	0,096
Įvertinamas BVP ir kainos elastingumas	0,088
<i>Regresinės analizės modelis</i>	0,097
<i>Galutinio vartotojo modelis</i>	0,140

Teilo sutapimo koeficientas yra mažiausias apie 0,088 pagal ekonometrinį modelį, kai yra įvertinamas bendras vidaus produktas ir kainos elastingumas, tai galima teigti, kad šis modelis labiausiai sutampa su faktiniais elektros energijos suvartojimo duomenimis. Didžiausias Teilo koeficientas siekia 0,140 pagal

galutinio vartotojo modelį, tai šis modelis mažiausiai sutampa su faktiniais duomenimis iš visų analizuotų modelių.

Ekonometrinio modelio dalinius prognozavimo tikslumo matus, kurie parodo ar prognozuojant nedaroma sisteminių paklaidų; nustato, kaip tiksliai numatyti prognozuojamų rodiklių svyravimai; parodo sąlygojančių veiksnių raidos nustatymo tikslumą, atitinkamai apskaičiuojami pagal 9.4, 9.6 ir 9.8 formules:

$$U_1^2 = \frac{(2177 - 2332)^2}{\frac{1}{15} \cdot ((1767)^2 + \dots + (2656)^2)} \approx 0,004 ;$$

$$U_2^2 = \frac{(223 - 353)^2}{\frac{1}{15} \cdot ((1767)^2 + \dots + (2656)^2)} \approx 0,003 ;$$

$$U_3^2 = \frac{2 \cdot (1 - 0,938) \cdot 223 \cdot 353}{\frac{1}{15} \cdot ((1767)^2 + \dots + (2656)^2)} \approx 0,002 ;$$

Dalinių tikslumo matų kvadratų suma lygi bendrojo Teilo sutapimo koeficiento kvadratui:

$$U^2 = (0,096)^2 \approx 0,09;$$

$$U^2 = U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 = 0,004 + 0,003 + 0,002 = 0,009.$$

Daliniai prognozavimo tikslumo matai pagal kitus prognozavimo modelius apskaičiuojami analogiškai:

21 lentelė. Daliniai prognozavimo tikslumo matai pagal prognozavimo modelius.

Prognozavimo modelis	Daliniai prognozavimo tikslumo matai			
	U_1^2	U_2^2	U_3^2	U^2
<i>Ekonometrinis modelis</i>				
Įvertinamas BVP	0,004	0,003	0,002	0,009
Įvertinamas BVP ir kainos elastingumas	0,004	0,001	0,003	0,008
<i>Regresinės analizės modelis</i>	0,005	0,001	0,003	0,009
<i>Galutinio vartotojo modelis</i>	0,008	0,001	0,011	0,020

Analizuoti modeliai pagal dalinius prognozavimo tikslumo matus yra tikslūs, taip pat, galima teigti, kad prognozuojant nebuvo daroma sisteminių paklaidų, gan tiksliai numatyti prognozuojamų rodiklių

svyravimai, bei nustatytas sąlygojančių veiksnių raidos tikslumas. Galutinio vartotojo modelis pagal šiuos apskaičiuotus kriterijus yra iš analizuotų modelių ne tiksliausias.

Ekonometrinio modelio, kai įvertinamas bendras vidaus produktas (analizuojamas metodus), apskaičiuojamas efektyvumo palyginamas su ekonometrinium, kai dar yra įvertinamas kainos elastingumas (bazinis metodus). Šiam palyginimui naudojamas koeficientas Z , kuris apskaičiuojamas pagal 9.11 formulę:

$$Z = \sqrt{\frac{(1767 - 1767)^2 + \dots + (2551 - 2656)^2}{(1767 - 1767)^2 + \dots + (2485 - 2656)^2}} \approx 0,92.$$

Kadangi, koeficientas Z yra mažiau už vienetą, tai baziniu metodu apskaičiuoti elektros energijos suvartojimo vertės geriau sutampa su faktiškėmis, nei apskaičiuotos naudojantis kitu analizuojamu metodu.

Ekonometrinio modelio, kai įvertinamas BVP ir kainos elastingumas (bazinis metodus), efektyvumo palyginamas su kitais analizuotais modeliais apskaičiuojamas analogiškai:

22 lentelė. Ekonometrinio modelio, kai įvertinamas BVP ir kainos elastingumas, efektyvumo palyginamas su kitais analizuotais modeliais.

Efektyvumo palyginimas	Koeficientas Z
<i>Ekonometrinis modelis</i>	
Įvertinamas BVP ir kainos elastingumas	0,92
<i>Regresinės analizės modelis</i>	0,91
<i>Galutinio vartotojo modelis</i>	0,63

Koeficientas Z visais atvejais yra mažesnis už vienetą, todėl galima teigti, kad ekonometrinis modelis, kai yra įvertinamas BVP ir kaina yra efektyviausias iš visų analizuotų modelių. Kadangi, galutinio vartotojo modelio koeficientas Z yra mažiausias, tai parodo, kad šis modelis mažiausiai sutampa su faktiškėmis vertėmis nei kiti analizuoti metodai.

Elektros energijos poreikių prognozės tiksliausių ir efektyviausių metodą reikia nustatyti įvertinus visus tikslumo kriterijus:

23 lentelė. Prognozavimo modelių tikslumo ir efektyvumo kriterijai.

Kriterijai	Ekonometrinis modelis		Regresinės analizės modelis	Galutinio vartotojo modelis
	Įvertinamas BVP	Įvertinamas BVP ir kainos elastingumas		
$m, \%$	5,81	5,49	7,22	8,15
B	0,06	0,05	0,07	0,08
U	0,096	0,088	0,097	0,140
U_1^2	0,004	0,004	0,005	0,008
U_2^2	0,003	0,001	0,001	0,001
U_3^2	0,002	0,003	0,003	0,011

Prognozavimo modelių tikslumo ir efektyvumo kriterijai, parodo, kad ekonometrinis modelis, kai įvertinamas bendras vidaus produktas ir kaina yra tiksliausias ir efektyviausias iš visų analizuotų modelių, nes kriterijų vertės yra mažiausios, išskyrus dalinius prognozavimo tikslumo matus, bet jų bendra suma yra vis tiek mažiausia.

Kadangi pagal visus prognozavimo modelių tikslumo ir efektyvumo kriterijus yra tiksliausias ir efektyviausias ekonometrinis modelis, kai įvertinamas bendras vidaus produktas ir kaina, tai galima teigti, kad atlikta elektros energijos poreikio prognozė 2015 – 2030 metais šiuo modeliu yra tiksliausia bei realiausia.

10. Išvados

1. Išanalizavus namų ūkio rodiklius, galima teigti, kad bendras gyventojų skaičius Lietuvoje mažėja, vidutinis metinis mažėjimo tempas yra 1,3 %, bendras vidaus produktas nuo 2000 m. kilo vidutiniškai per metus 7,4 %, po to dėl pasaulinės ekonominės krizės ženkliai sumažėjo, tačiau atsigaunant šalies ekonomikai didėjo vidutiniškai 3,6 % kas metus. Dar išanalizuoti kiti rodikliai: butų skaičius, gyvenamasis fondas; naudingasis plotas tenkantis vienam gyventojui; vidutinis buto dydis; gyvenamųjų patalpų patogumai; vidutinės disponuojamosios pajamos bei išlaidos per mėnesį, galutinės energijos suvartojimas.
2. Iš namų ūkio elektros energijos poreikio lyginamosios analizės, galima teigti, kad Lietuvos elektros energijos vartojimas gali augti, bei turi resursą lyginant su vidutiniu Europos vartojimu.
3. Išanalizavus veiksnius sąlygojančius elektros energijos poreikius, skaičiuojant koreliacijos koeficientus nustatytas jų tarpusavio ryšys. Tarp elektros energijos suvartojimo ir bendrojo vidaus produkto koreliacijos koeficientas yra 0,86; tarp elektros energijos suvartojimo ir gyventojų skaičiaus – 0,83; tarp elektros energijos suvartojimo ir disponuojamų pajamų – 0,79. Iš šių koeficientų galima spręsti, kad šie veiksniai ženkliai įtakoja, elektros energijos poreikius.
4. Elektros energijos poreikių prognozė nuo 2015 iki 2030 metų atlikta trimis prognozavimo modeliais: regresinės analizės, ekonometrinis ir galutinio vartotojų.
 - 4.1. Regresinės analizės metodu įvertinta elektros energijos poreikio tiesinė priklausomybė nuo bendro vidaus produkto. Pagal nustatytą priklausomybę prognozuojama, kad 2030 m. elektros energijos poreikis pagal pagrindinį ekonomikos augimo scenarijų išaugs iki 3845 MWh.
 - 4.2. Atlikta elektros energijos poreikių prognozė taikant įvairias ekonometrinio modelio variacijas ir remiantis apibrėžtomis prielaidomis. Visais atvejais prognozuojamas didžiausias elektros energijos poreikis pagal greito ekonomikos augimo scenarijaus prielaidas. Apibendrinus atliktų skaičiavimų rezultatus nustatyta, kad elektros energijos poreikių vidutiniai metiniai augimo tempai pagal pagrindinį scenarijų: 1,40 % taikant ekonometrinį modelį, poreikį susiejant su BVP; 1,40 % susiejant su BVP ir kaina; 0,43 % susiejant su BVP, kaina ir energijos vartojimo efektyvumu.
 - 4.3. Galutiniu vartotojų modeliu apskaičiuotas vidutinis metinis elektros energijos sąnaudų augimo tempas 1,5 %, atsižvelgiant į namų ūkio apsirūpinimą buitinais elektros prietaisais.
5. Įvertinus tikslumo bei efektyvumo kriterijus, galima teigti, kad iš visų analizuotų metodų tiksliausias ir efektyviausias yra ekonometrinis modelis, kai įvertinamas bendras vidaus produktas ir kaina, nes tikslumo kriterijai yra mažiausi: vidutinė santykinė paklaida – 5,49 %; tiesinis nuokrypis – 0,05; Teilo sutapimo – 0,088.

11. Literatūros sąrašas

1. BECCALI, M., CELLURA, M., LO BRANO, V., MARVUGLIA A. Short-term prediction of household electricity consumption: Assessing weather sensitivity in a Mediterranean area. *Renewable and Sustainable Energy*, 2007-04-16.
2. SWAN, Lukas G., ISMET UGURSAL, V. Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy*, 2009.
3. AL-GHANDOOR, A., JABER, J.O., AL-HINTI, I., MANSOUR, I.M.. Residential past and future energy consumption: Potential savings and environmental impact, 2009.
4. Namų ūkio specifikos duomenys [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m. Lapkričio 10] Prieiga per: < <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize1> >.
5. Elektros energijos suvartojimas vienam gyventojui Europoje [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m. Lapkričio 20] Prieiga per: < <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html> >.
6. MARTIŠIUS Stanislovas Algimantas ir Vytautas Kėdaitis. *Statistika statistinės analizės teorija ir metodai*. Vilnius, 2013.
7. BOGUSLAUSKAS Vytautas. *Ekonometrika*. Kaunas, 2007.
8. MARTIŠIUS Stanislovas Algimantas. *Statistikos metodai socialiniuose ekonominiuose tyrimuose*. Vilnius, 2014.
9. MIŠKINIS, V., KONSTANTINAVIČIŪTĖ I., NORVAIŠA E., DEKSNYS R. Energijos poreikių namų ūkių sektoriuje prognozės. *Energetika*. ISSN 0235-7208, 2004.
10. Lietuvos banko bendro vidaus produkto prognozės [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m. Kovo 20]. Prieiga per: < https://www.lb.lt/makroekonomines_prognozes >.
11. GALINIS, A. Lietuvos energetikos sektoriaus perspektyvinės plėtros analizė atsižvelgiant į ES strategines iniciatyvas energetikos srityje, 2014.
12. ADLYS, P. ir kt. Lietuvos gyventojų skaičiaus prognozė. Vilnius 2004. ISBN 9955-588-75-6.
13. MILUTIENĖ, E. *Efektyvaus energijos vartojimo pastatuose vadovas*. Kaunas, 2008 ISBN 978-9955-751-20-5
14. Energijos vartojimo efektyvumas direktyva [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m. Kovo 29]. Prieiga per: < http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/lt/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.3.html >.