



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos gaminančiam vartotojui analizė

Baigiamasis magistro projektas

Dominykas Bagdonas

Projekto autorius

Doc. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos gaminančiam vartotojui analizė

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

Dominykas Bagdonas

Projekto autorius

Doc. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė

Lekt. Eimantas Neniškis

Recenzentas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Dominykas Bagdonas

Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos gaminančiam vartotojui analizė

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Dominykas Bagdonas

Patvirtinta elektroniniu būdu

Bagdonas, Dominykas. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos gaminančiam vartotojui analizė. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: gaminantis vartotojas, ekonominis efektyvumas, efektyvus vartojimas, išlaidų ir naudos analizė;

Kaunas, 2021. 66 p.

Santrauka

Magistro baigiamajame projekte yra analizuojama energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtaka gaminančiam vartotojui. Darbe nagrinėjama mokslinė literatūra susijusi su energijos vartojimo efektyvumo didinimo ir tapimo gaminančiu vartotoju nauda. Darbe analizuojama išlaidų ir naudų metodika, kuomet yra investuojama į energijos vartojimo efektyvumą didinančią technologinę priemonę. Remiantis realių vartotojų elektros energijos suvartojimo duomenimis, sudaromi gaminančių vartotojų profiliai, jiems parenkamos tinkamos energijos vartojimo efektyvumą didinančios technologinės priemonės, atliekama išlaidų ir naudos analizė bei jautrumo analizė.

Bagdonas, Dominykas. Analysis of Energy Efficiency Improvement Impact for Prosumer. Master`s Final Degree Project / supervisor Assoc. Prof. Dr. Inga Konstantinavičiūtė; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: prosumer, economic efficiency, efficient electricity consumption

Kaunas, 2020. 66 p.

Summary

The final thesis aim is to analyse the impact of improving energy efficiency for the prosumer. In this paper, scientific literature related to the benefits of increasing energy efficiency and becoming a prosumer is analysed. The main focus is on describing cost-benefit methodology when investing in a technological measure that increases energy efficiency. Based on the actual data of electricity consumption of real consumers, profiles of prosumers are created and appropriate technical solutions to increase energy efficiency are selected. Cost-benefit analysis and sensitivity analysis are performed for each of the solutions.

Turinys

Lentelių sąrašas.....	7
Paveikslų sąrašas	8
Santrumpų ir terminų sąrašas.....	9
Įvadas.....	10
1. Klimato kaitos mažinimo būdų teorinė analizė	12
1.1. Klimato kaitos problemos ir sprendimo būdai	12
1.2. Efektyvaus energijos vartojimo rodikliai ir jų gerinimo būdai	13
1.3. Atsinaujinantys energijos ištekliai ir gaminantys vartotojai.....	17
1.4. Atsinaujinančių energijos išteklių plėtra Lietuvoje	19
1.5. Efektyvaus energijos vartojimo skatinimo priemonės.....	22
2. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos teoriniai aspektai.....	26
2.1. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo naudų klasifikavimas.....	26
2.1.1. Individualus segmentas	28
2.1.2. Pramoninis segmentas	29
2.1.3. Nacionalinis segmentas	30
2.1.4. Globalinis segmentas.....	31
2.2. Grįžtamasis poveikis	32
3. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos gaminančiam vartotojui vertinimo metodai	33
3.1.1. Diskonto norma	34
3.1.2. Grynoji dabartinė vertė.....	34
3.1.3. Vidinė gražos norma.....	35
3.1.4. Naudų ir sąnaudų santykis.....	35
3.1.5. Paprastasis atsipirkimo laikotarpis	35
3.1.6. Diskontuotas atsipirkimo laikotarpis.....	36
3.1.7. Svertinės elektros energijos gamybos išlaidos	36
3.1.8. Disponuojamų pajamų kiekio pokytis	36
3.1.9. CO2 emisijų sumažėjimas	37
3.2. Jautrumo analizė.....	37
4. Gaminančio vartotojo energijos efektyvumo didinimo išlaidų ir naudos analizė	40
4.1. Vartotojų profilių sudarymas.....	40
4.2. Saulės elektrinės parinkimas vartotojui.....	41
4.3. Gaminančio vartotojo ekonominė analizė	45
4.3.1. Projektų pagrindinių kriterijų analizė	45
4.3.2. Projektų jautrumo analizė.....	49
4.4. Gaminančio vartotojo atsiskaitymo sistemos tobulinimas	54
Išvados	57
Literatūros sąrašas	58
1 Priedas GV 1 Projektų piniginiai balansai po jautrumo analizės	64
2 Priedas GV 2 Projektų piniginiai balansai po jautrumo analizės	65
3 Priedas GV 3 Projektų piniginiai balansai po jautrumo analizės	66

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė Lietuvos nacionalinės strategijos tikslai susiję su AEI plėtra 2020, 2030 ir 2050 metais [22].....	20
1.2 lentelė Pasinaudojimo skirstomaisiais tinklais įkainiai Lietuvoje 2020 m. [29]	22
1.3 lentelė. Grįžtamojo ryšio apie elektros energijos suvartojimą tipai [34,35].....	23
2.1 lentelė Naudų klasifikavimas [47]	27
3.1 lentelė Ekonominiai rodikliai skirti įvertinti investicijų į AEI naudą [61, 63].....	33
3.2 lentelė Jautrumo analizės kintamieji.....	37
4.1 lentelė Vartotojų mėnesiniai elektros energijos suvartojimai ir išlaidų elektros energijai vertinimas	41
4.2 lentelė Modeliavimo programos „PVSyst“ modeliavimo algoritmas	43
4.3 lentelė Saulės elektrinių pradiniai duomenys	43
4.4 lentelė Gaminančių vartotojų saulės elektrinių metinė generacija	44
4.5 lentelė Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir sąlygos	46
4.6 lentelė Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas	46
4.7 lentelė Išlaidų energetiniams poreikiams patenkinti rezultatai.....	48
4.8 lentelė Elektros energijos tarifas 2016 – 2021 m. laikotarpiu [67]	49
4.9 lentelė Atsiskaitymas už atgautą energijos kiekį 2018 – 2021 m. laikotarpiu [29].....	49
4.10 lentelė Projektų jautrumo analizės vertinimo kriterijai ir sąlygos	50
4.11 lentelė GV 1 Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas po jautrumo analizės	51
4.12 lentelė GV 2 Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas po jautrumo analizės	52
4.13 lentelė GV 3 Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas po jautrumo analizės	53
4.14 lentelė Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir sąlygos su kompensacija	54
4.15 lentelė Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas su kompensacija	55

Paveikslų sąrašas

1.1 Pav. Energijos intensyvumo gerėjimo rodikliai 2000-2018 metų laikotarpyje [7]	14
1.2 Pav. Instaliuota AEI dalis bendrame energijos gamybos kontekste [16,17]	17
1.3 Pav. Atsinaujinančių energijos išteklių procentinis pasiskirstymas 2018 metais [16]	19
1.4 Pav. Atsinaujinančių energijos išteklių pasiskirstymas pagal energijos šaltinio rūšį [16]	19
1.5 Pav. Prognozuojamas gaminančių vartotojų skaičius 2020, 2030 ir 2050m. [22]	21
3.1 Pav. Efektyvaus energijos vartojimo didinimo įtakos gaminančiam vartotojui vertinimo algoritmas	39
4.1 Pav. Vartotojų metinis elektros energijos suvartojimas	40
4.2 Pav. Vartotojų valandinis elektros energijos suvartojimas.....	42
4.3 Pav. GV 1 Elektros energijos generacija ir suvartojimas	44
4.4 Pav. GV 2 Elektros energijos generacija ir suvartojimas	45
4.5 Pav. GV 3 Elektros energijos generacija ir suvartojimas	45
4.6 Pav. GV 1 Projekto balansas	47
4.7 Pav. GV 2 Projekto balansas	47
4.8 Pav. GV 3 Projekto balansas	48
4.9 Pav. GV 1 Projekto balansas su kompensacija ir be kompensacijos.....	55
4.10 Pav. GV 2 Projekto balansas su kompensacija ir be kompensacijos.....	56
4.11 Pav. GV 3 Projekto balansas su kompensacija ir be kompensacijos.....	56

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

AEI – Atsinaujinantys energijos ištekliai
B/C – Naudų ir išlaidų santykis (*angl. Benefits/Costs*)
BVP – bendras vidaus produktas
CF – piniginiai srautai (*angl. Cash flow*)
CO_{2e} – CO₂ ekvivalentas, naudojamas įvertinti kitas šiltnamio efektą sukeliančias dujas
DPB – diskontuotas atsipirkimo laikotarpis (*angl. Discounted payback period*)
GV – gaminantis vartotojas
IEA – Tarptautinė energetikos agentūra (*angl. International Energy Agency*)
IRR – vidinė gražos norma (*angl. Internal Return of Investment*)
kWh – kilovatvalandė elektros energijos
LCOE – svertinė elektros energijos kaina
MMA – minimalus mėnesinis atlygis
NPV – grynoji dabartinė vertė (*angl. Net present value*)
PB – paprastas atsipirkimo laikotarpis (*angl. Simple payback period*)
ST – skirstomasis tinklas
ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos
V – vartotojas
VDU – vidutinis darbo užmokestis
WACC – vidutinės svertinės kapitalo išlaidos (*angl. Weighted average capital costs*)

Terminai:

Aplinkos apsauga – natūralios ir žmogaus paveiktos ar sukurtos aplinkos saugojimas nuo fizinio, biologinio, cheminio ar kitokio neigiamo poveikio;

Disponuojamos pajamos – namų ūkio ar įmonės pajamų kiekis, likęs po atsiskaitymo už įvairias paslaugas;

Energetinis skurdas – namų ūkio ar įmonės finansinė būklė, kai didžioji dalis pajamų išleidžiama energetiniams poreikiams patenkinti;

Energijos gamyba – elektros energijos gamyba naudojant įvairios rūšies išteklius – iškastinį kurą, biokurą, atsinaujinančius išteklius ir kt.;

Monetizavimas – veiklos ar poveikio įvardinimas piniginiu vienetu ar piniginės vertės suteikimas;

PVSyst – Šveicarijos mokslininkų sukurta modeliavimo programa, skirta saulės elektrinių generacijai skaičiuoti ir vertinti.

Įvadas

Efektyvus energijos vartojimas – vis dažniau eskaluojama frazė, siejama su globalinio atšilimo tematika. Energetikos sistema ateityje didžiąja dalimi bus paremta gaminančių vartotojų įsitraukimu į energetikos rinką, kai paprasti vartotojai taps gaminančiais vartotojais, teikiančiais įvairias naudas tinklui: energijos poreikio mažinimui iš tinklo pusės, reagavimas į pasikeitusią energijos paklausą laiko atžvilgiu, energijos akumuliacijai ar mažinantys tinklo apkrovą, sudarydami atskirą paskirstytosios generacijos tinklą. Įvardintos naudos vertinamos kaip efektyvus elektros energijos vartojimas, leidžiantis sumažinti apkrovas elektrinėse, įskaitant mažesnę sunaudojamą kuro kiekį, išmetamų CO₂ emisijų kiekį ir kuriantis dekarbonizuotą bei tvarią energijos vartojimo politiką ir socialinę aplinką.

Šiame amžiuje išleistuose komunikatuose – Europos žaliasis kursas, „Pirmiausia – energijos efektyvumas“, akcentuojamos opios aplinkosaugos problemos susijusios su šiltnamio efektu, keliamas išteklių ribotumo ir jų neefektyvus panaudojimo klausimas. Kritiniu laikomas vidutinės pasaulio temperatūros padidėjimas, o jo ištakomis laikomas neatsakingas resursų naudojimas, be kurių neįsivaizduojama kasdienė veikla. Problemoms spręsti valstybės narės numatė ambicingus tikslus, tačiau jų įgyvendinimui reikia didesnio įsitraukimo ne tik iš organizacijų, bet ir iš paprastų, energiją naudojančių vartotojų.

Vartotojų įsitraukimui į globalių problemų sprendimą pradėtos taikyti įvairios skatinimo priemonės, dėl kurių didėja gaminančių vartotojų skaičius ir palaipsniui artėjama prie užsibrėžtų, šiltnamio efektą skatinančių dujų mažinimo tikslų. Be aplinkosaugos problemų sprendimo, tapimas gaminančiu vartotoju gali atnešti naudą ir pačiam vartotojui, įskaitant ir pajamų padidėjimą. Kiekvienam iš vartotojų yra svarbus socioekonominis aspektas – ar investavimas į tapimą gaminančiu vartotoju ir efektyvių, elektros energiją vartojančių, įrenginių diegimas atneša naudą ne tik aplinkai, bet ir pačiam gaminančiam vartotojui.

Siekiant įvertinti tapimo gaminančiu vartotoju naudą, svarbu tinkamai įvertinti būsimas išlaidas, projekto rentabilumą tinkamai pritaikius technologinius sprendimus, kurių dėka galimas tikslus piniginių srautų įvertinimas.

Darbo tikslas – išanalizuoti efektyvus energijos vartojimo didinimo įtaką gaminančio vartotojo ekonominiam efektyvumui.

Darbo uždaviniai:

1. išanalizuoti efektyvus vartojimo skatinimo aspektus ir efektyvumo didinimo rodiklius;
2. klasifikuoti efektyvus energijos vartojimo teikiamas naudas ir parengti metodiką, skirtą įvertinti energijos vartojimo efektyvumo įtaką gaminančiam vartotojui;
3. sudaryti gaminančio vartotojo profilius atsižvelgiant į energijos vartojimo elgseną;
4. atlikti gaminančių vartotojų, investuojančių į energijos vartojimo efektyvumą didinančias priemones išlaidų ir naudos analizę;
5. atlikti gaminančių vartotojų, investuojančių į energijos vartojimo efektyvumą didinančias priemones jautrumo analizę.

Tyrimo objektas. Skirtingus energijos vartojimo įpročius turintys gaminantys vartotojai.

Tyrimo metodai. Mokslinės literatūros analizė, PVSyst modeliavimas, išlaidų ir naudos analizė, jautrumo analizė.

Darbo struktūra. Darbo apimtis – 66 puslapiai, darbe pateikiama 20 lentelių, 17 paveikslų ir 67 literatūros šaltiniai

1. Klimato kaitos mažinimo būdų teorinė analizė

1.1. Klimato kaitos problemos ir sprendimo būdai

Sąryšis tarp efektyvaus energijos vartojimo ir globalinio atšilimo egzistuoja ne vieną dešimtmetį. Prieš beveik pusę amžiaus, kova prieš klimato kaitą buvo įvardijama kaip pagrindinė ateities problema, kuriai bus skiriamas didžiulis dėmesys. Ši problema niekur nedingo ir vis dar yra eskaluojama, kaip pagrindinis žmogaus nusikaltimas, dėl kurio mūsų pasaulis keičiasi ir yra jaučiami padariniai. Energija visada buvo ir ateityje toliau bus ekonomikos augimo varomoji jėga. Energija naudojama visose srityse: socialiniam ir ekonominiam augimui energija reikalinga norint pagerinti gyvenimo sąlygas, padidinti produktyvumą gamybos ir transporto sektoriuje ir kitaip prisidedant prie plataus ekonominės gamybos ir vartojimo veiklos spektro. Jau daugiau kaip tris dešimtmečius žmonija yra priklausoma nuo iškastinio kuro teikiamų naudų siekiant greitesnio vystymosi ir urbanizacijos [1]. Vis dėlto, socialinis ir ekonominis progresas pasauliniu mastu turi savo kainą – energijos išgavimo ir vartojimo grandyje matomas nesaikingas baigtinių gamtos išteklių vartojimas. Iškastinio kuro, tokio kaip anglis, nafta ar gamtinės dujos kiekis yra nepaneigiamai ribotas, o prognozės dėl išteklių pakankamumo labiau pesimistinės, negu optimistinės.

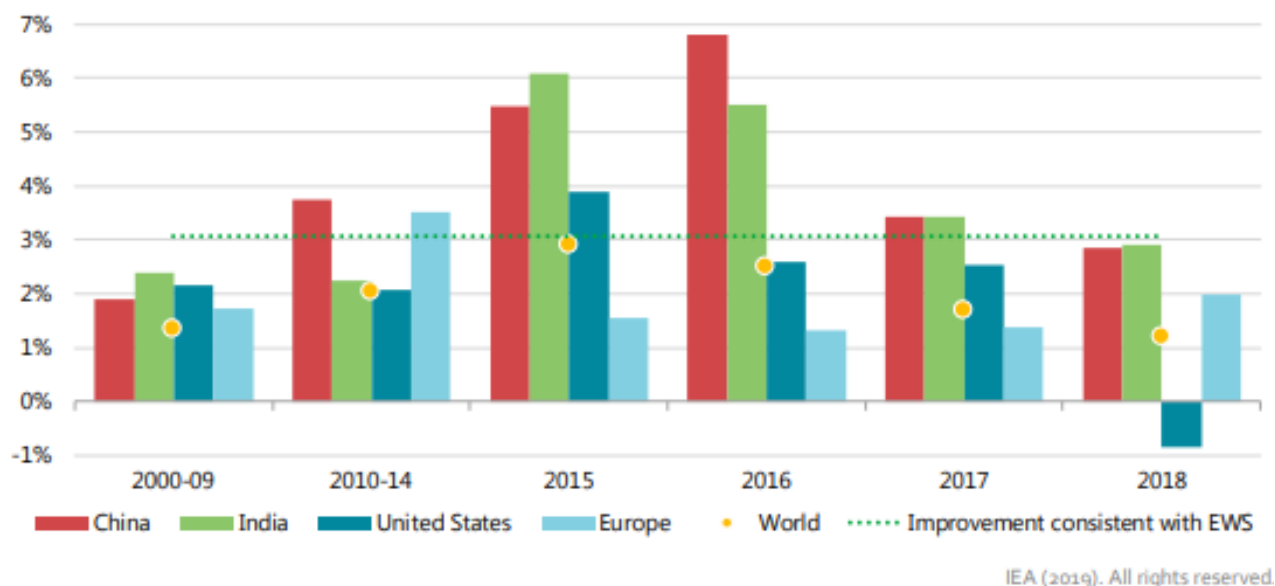
Klimato kaitos ištakos siejamos su pramonės revoliucija Didžiojoje Britanijoje XVIII amžiaus viduryje. Daugiau nei prieš 200 metų, metalurgijai plėtoti buvo naudojamas koksas – iš akmens anglies išgaunamas kursas. Dėl mažesnių išlaidų, lyginant su anglimi, išgaunamą iš medžių, koksas tapo visapusiškai geresniu pasirinkimu metalo lydymo srityje. Pramonės ir populiacijos augimas sukėlė grandininę reakciją, kuri paskatino pramonės revoliuciją. Dėl gerėjančių gyvenimo sąlygų ir optimizuojamų procesų, demografiniai procesai intensyvėjo, o to rezultatas buvo dar didesnis gamtos išteklių naudojimas. Naudojant vis daugiau iškastinio kuro, buvo visiškai neatsižvelgiama į potencialią gamtos katastrofą [2]. Pramonės revoliucija XIX amžiaus pabaigoje pasklido ir kitose šalyse – Jungtinės valstijos tapo pirmaujančia šalimi pasaulyje pagal išsivystymo lygį. Svarbu paminėti, jog tais laikais, rankų darbas ir gamtos išteklių deginimas, verčiantis pradinę energijos formą į mechaninę, buvo pagrindiniai energijos ištekliai. Didelis anglies suvartojimas, o vėliau ir gamtinių dujų, ne tik kad padidino žmonijos produktyvumo lygį, bet ir sąlygojo demografinius procesus – nuo 1709 m. iki šiandien, gyventojų skaičius padidėjo apytikriai 10 kartų – nuo 700 milijonų iki 7,6 milijardo. Šiandien tokios valstybės kaip Kinija, Indija, Brazilija ir kitos, didelę populiaciją turinčios valstybės, tampa industrijos lyderėmis, sukurdamos begalę produktų, tiekiamų pasaulio rinkoms. Dėl nuolat augančių elektros energijos poreikių, reikalingas sprendimas, padėsiantis išlaikyti balansą tarp paklausos ir pasiūlos ir sumažinantis sunkiai atstatomą žalą gamtai ir pačiam žmogui.

Žalos aplinkai ir žmogui sąsają su efektyviu energijos vartojimu išvelgia Kinijos mokslininkai. Būtent Kinija, sparčiausiai tobulėjusi ir beveik septintadalį pasaulio populiacijos turinti šalis, kenčia nuo padidėjusios oro taršos, kurią sukelia ekonominis augimas ir didelis gamtos išteklių naudojimas [3]. Kinijos ekonomikos augimas prasidėjo prieš pat XXI amžiaus pradžią, prasidėjus masinei automobilių ir elektronikos įrenginių gamybai. Plečiantis miestams, didėjo energijos suvartojimas. 2018 metais, Kinija sunaudojo 4,6 milijardo tonų anglies – tai 3,5 karto daugiau nei prieš prasidedant Kinijos ekonominiam augimui. Iškastinis kuras (anglis, nafta) išskiria didelį kiekį teršalų, tokių kaip sieros oksidai, azoto oksidai, anglies dioksidas, kietųjų dalelių ir kt. Minėtieji teršalai, ypač kietosios dalelės, prasiskverbę į žmogaus organizmą per kvėpavimo takus, silpnina imunitetą ir padidina riziką susirgti lėtinėmis ligomis [4]. Per pastarąjį dešimtmetį, buvo atlikta nemažai studijų, analizuojančių energijos

neefektyvų panaudojimą, oro ir aplinkos taršą ir žmogaus sveikatos sąryšį. Analizėms naudojamas įvesties ir išvesties metodas (angl. „data envelopment analysis – DEA“), įvertinantis energijos produkcijos efektyvumą ir daromą žalą aplinkai. Viena iš esminių studijų, pagrindžiančių analizuojamą temą – Ji Wu, Lin Lv ir kt. atlikta analizė, siejanti efektyvų energijos vartojimą ir tokios veiklos įtaką aplinkai. Kinijos valdžia priėmė sprendimą mažinti suvartojamą energijos kiekį tenkantį vienam bendrojo vidaus produkto vienetui 20-čia procentų. Toks sprendimas leistų sumažinti energijos suvartojimą ir toliau kryptingai skatinti ekonominę plėtrą, kas šiuo metu yra pagrindinis prioritetas šioje šalyje. Analizėje pateikti rezultatai rodo, jog analizuojama šalis turi didelį potencialą sumažinti aplinkos taršą, didinant energijos suvartojimo efektyvumą. Dauguma sprendimų yra susiję su neefektyviai ir nuostolingai veikiančiomis pramonės įmonėmis, kurios suvartoja didelį kiekį energijos, tuo pačiu teršdamos aplinką ir neturinčios didelės įtakos šalies ekonomikai. Antra vertus, siūloma pagerinti efektyviai veikiančių ir ekonomikos rodiklius keliančių įmonių ir gamyklų steigimą, kurios galėtų efektyviai išnaudojant pirminius resursus, kurti aukštos kokybės produktus ir prisidėti prie darnaus vystymosi [5]. Taip pat svarbus aspektas – duomenų kaupimas ir analizė, padėsiantis nustatyti ir reguliuoti sunaudojamos energijos kiekį – numatyti, kada emisijų kiekis padidėja dėl neįgyvendinamo energijos taupymo ar tirti, kaip yra išnaudojami energijos resursai siekiant užsibrėžtų tikslų.

1.2. Efektyvaus energijos vartojimo rodikliai ir jų gerinimo būdai

Efektyvus energijos vartojimas ir taupymas – svarbiausias aspektas, siekiant užtikrinti, jog energijos ištekliai nebūtų visiškai išnaudoti, rezultate sukeldami energetinę krizę, o taip pat ir saugant aplinką, kurioje gyvename. Siekiant šio tikslo, mokslininkai ir valdantieji susiduria su iššūkiais – nuolat besikeičiančiomis energijos išteklių kainomis, padidėjusia energijos paklausa, geopolitiniais interesais, susijusiais su naftos gavyba ir globaliniu atšilimu [6]. Efektyvus energijos panaudojimas – rodiklis, nurodantis kaip efektyviai yra panaudojama pradinė energija, išgaunant kitos rūšies energiją konversijos būdu arba kitaip – ekonomikos neefektyvumo rodiklis. Šio rodiklio matavimo vienetas – energijos kiekis, reikalingas sugeneruoti vienam BVP vienetui. Kuo šis rodiklis mažesnis, tuo efektyviau yra išnaudojama energija – BVP vienetui sugeneruoti yra reikalingas mažesnis kiekis energijos. Vertinant šį rodiklį, yra atsižvelgiama į daugelį faktorių – išsivystymo lygį, klimatą, kuro ekonomiką, geografinę ir demografinę padėtį ir pan. Kaip pavyzdys – šalys, kurių ekonominis produktyvumas didelis, klimatas nėra nei per daug atšiaurus, nei per daug karščiu alinantis, o keliavimui pasirenkamos alternatyvos – viešasis transportas, bemotorės priemonės – turi žemesnį ekonominio neefektyvumo rodiklį energijos atžvilgiu. Tačiau galimos išimtys, kai mažą ekonominio neefektyvumo rodiklį turi prasčiau išsivysčiusios, trečiojo pasaulio šalys. Tai rodo, jog tokiose šalyse vis dar vyrauja prastai apmokama darbo jėga, neautomatizavimas, bet santykinis efektyvumas energijos išnaudojimo yra didelis, dėl svyruojančio mažo BVP valstybėje. 1.1 paveiksle pateikiamas energijos intensyvumo gerėjimo grafikas. Efektyvus pirminės energijos panaudojimas iki 2015 metų buvo didžiausias, nuo to laiko, kai buvo apie tai pradėta kalbėti. Tačiau 2018 metais, efektyvumo gerėjimo rodiklis krito, pasiekdamas tik 1,2 % pagerėjimą. Energijos intensyvumo rodikliai skirtingai kito kiekvienoje šalyje – Indijoje ir Kinijoje efektyvus energijos suvartojimas 2018 metais siekė vos 3%, lyginant su 2015 metais, kai energijos intensyvumo rodiklio gerėjimas siekė rekordinius 6-7 %. Europa nuo 2015 metų žymių pokyčių efektyvumo didinimo srityje nerodė – efektyvumas didėjo kiek daugiau nei 1 %. Tai kelia nerimą, jog užsibrėžti tikslai 2020 metams, sumažinti suvartojamos energijos kiekį ir padidinti elektros gamybą iš atsinaujinančių energijos šaltinių, nebus pasiekti [7].



1.1 Pav. Energijos intensyvumo gerėjimo rodikliai 2000-2018 metų laikotarpyje [7]

Tarptautinės energetikos agentūros (angl. „International Energy Agency – IEA“) atlikta analizėje įvardijamos ilgalaikės ir trumpalaikės priežastys, dėl sulėtėjusio efektyvaus energijos panaudojimo. Paklausos atžvilgiu, stipriausiose pagal ekonomiką šalyse (Jungtinėse Valstijose ir Kinijoje), energijos suvartojimas buvo didžiausias, dėl nuolatos vystomos pramonės ir ekonomikos. Oro sąlygos turėjo nemažą įtaką energijos paklausai – 2018 metais dėl gana šaltos žiemos ir šiltesnės, nei įprastai vasaros [8], paskatino didesnę energijos suvartojimą šildymo reikmėms žiemą ir šaldymui vasarą. Nuo 2015 metų išteklių pasiūlos pokytis nesikeitė, tačiau nagrinėjama 2018 metais, energijos kiekis, išgaunamas iš anglies padidėjo 3 %, kad būtų patenkinti padidėję elektros energijos poreikiai. Efektyvaus energijos panaudojimo rodiklis taip pat mažėjo dėl energijos konversijos nuostolių, kai pradinis energijos šaltinis yra verčiamas į galutinę energijos formą.

Vertinant ilgalaikę perspektyvą, didelis dėmesys yra skiriamas technologijų tobulinimui ir struktūriniam efektyvumo gerinimui. Nors technologijos sparčiai tobulėja ir gerina procesų technologinius rodiklius, esami struktūriniai veiksniai mažina energijos efektyvumo rodiklius. Dėl neefektyvių pastatų, nevystomo transporto sektoriaus, didėja energijos vartojimo lygis, o tai sulėtina efektyvumo rodiklių gerinimą visomis prasmėmis. Pramonės srityje nuo 2013 metų neįvyko jokių žymių pokyčių, siekiant sumažinti elektros energijos vartojimą, atvirkščiai, intensyvus pramonės augimas, paskatino didesnę energijos suvartojimą. Transporto srityje, neskaitant technologijų tobulėjimo ir ekonomiškėsių automobilių gamybos, energijos išleidžiamos bendrojo vidaus produkto gamybai didėja, dėl sumažėjusių naujų automobilių pardavimo. Vartotojai renkasi didesnius ir praktiškesnius iš vartotojo pusės automobilius, kurių kuro sunaudojimas yra didesnis. Patogumo sumetimais, žmonės vis dar renkasi naudoti nuosavą transporto priemonę vietoje viešojo transporto ar bemotorių transporto priemonių [7].

Energijos efektyvumo svarbą galima ne tik išvelgti atliekant mokslines analizes, tačiau ir leidžiant reglamentus ir rekomendacijas, kurių laikytis yra skatinamos šalys, siekiant sumažinti klimato kaitos padarinius ir neefektyvumo pasekmes visai ekonomikai. Europos sąjunga – bendrija, nuolatos leidžianti daugybę rekomendacijų. 2006 metais išleistas Europos Sąjungos komisija išleido komunikatą

„Efektyvus energijos vartojimo veiksmų planas: išnaudok potencialą, [9]. Šio veiksmų plano tikslas – sutelkti visuomenę, politikus ir rinkos dalyvius, keičiant vidaus energijos rinką taip, jog Europos Sąjungos piliečiai turėtų vartojimo požiūriu efektyviausią pasaulyje infrastruktūrą: pastatus, gaminius, transporto priemones ir energetikos sistemas. Energijos vartojimo poreikio kontroliavimas ir mažinimas, bei tikslingų veiksmų ėmimasis, leistų sumažinti pirminės energijos vartojimą 20%, lyginant su energijos vartojimo prognozėmis. Komunikate pateikiami rezultatai ir prognozės – mažiausiai 20% išseiktos energijos, daugiau kaip 100 milijardų eurų tiesioginių išlaidų buvo iššvaistyta iki 2020 metų. Užtikrinant tvarų energijos realizavimą ir palaipsniui besikeičiantis požiūris į švaistomą energiją, veiksmingai prisidėtų prie tikslų įgyvendinimo. Europos Sąjungos komisija pateikia svarbias energijos efektyvumo didinimo priemones tiksliniams sektoriams [9]:

- Dinamiško energijos vartojimo reikalavimai pramonės sektoriui ir namų ūkio subjektams;
- Gaminų energijos vartojimo efektyvumo didinimas;
- Perdavimo ir skirstymo nuostolių mažinimas energijos transformavimo sektoriuje;
- Taikyti tobulesnes finansavimo ir ekonominio skatinimo priemones visuose tiksliniuose sektoriuose, mažinant energijos intensyvumo rodiklį;
- Vartotojų informavimas ir elgsenos, padėsiančios suformuoti tikslingus vartojimo įpročius, keitimas;
- Technologijų ir inovacijų tobulinimas, rėmimas ir skatinimas, atsižvelgiant kad tai yra pamatas, siekiant efektyviai išnaudoti išgaunamą pirminę energiją.

2019 m. išleistas vienas iš svarbiausių komunikatų šiame amžiuje – Europos žaliasis kursas (angl. „European Green Deal“). Tai rinkinys gairių ir iniciatyvų, kurių pagrindinis tikslas – 2050 m. padaryti Europos kontinentą neutralų aplinkai. Komunikate įvardijami ekonomikos sektoriai, kuriuose vis dar vyrauja nemažai potencialių problemų, kurioms yra reikalingi sprendimai.

- Energetika – apie 75 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) susidaro gaminant ir vartojant energiją;
- Infrastruktūra – 40 % suvartojamos energijos tenka pastatams;
- Pramonės sektorius – 88 % medžiagų nėra perdirbamos ir panaudojamos dar kartą;
- Transportas – 25 % visų teršalų išmeta transporto priemonės.

Komunikato esmė – pertvarkyti Europos Sąjungą taip, jog visuomenė klestėtų, būtų gerinamos dabartinės ir būsimos gyvenimo sąlygos bei būtų suformuota moderni ir konkurencinga ekonomika, kurioje yra efektyviai naudojami ištekliai. 2050 m., grynasis išmetamas ŠESD kiekis būtų lygus nuliui. Svarbus faktorius, kodėl ŠESD kiekis turi būti mažinamas, yra didėjanti vidutinė temperatūra pasaulyje. Komunikatas remiasi įvairių institucijų duomenimis, vienas jų – Tarpvyriausybines klimato kaitos komisijos patvirtinimas, jog didėjant vidutinei pasaulio temperatūrai, sparčiai didėja ir klimato kaitos poveikis. Vidutinei temperatūrai pakilus daugiau nei 2 °, poveikis būtų didžiulis. Norint to išvengti apie 2050 m. visame pasaulyje turi būti užtikrintas nulinis CO₂ išmetamas kiekis, o vėliau – eliminuotos ir kitos, šiltnamio efektą sukeliančios dujos. Europa norėdama būtų pavyzdžiu likusiam pasauliui, ketina iki 2050 m. ne tik užtikrinti visišką CO₂ emisijų neutralizavimą, bet ir iki tų pačių metų iki 0 sumažinti visų ŠESD kieki visuose ekonomikos sektoriuose [10]. Visi dabar ir ateityje siūlomi sprendimo būdai negali kirstis arba kitaip prieštarauti jau užsibrėžtiems tikslams, o politika ir teisės aktai turi būti nukreipti šio tikslo įgyvendinimui. Norint užtikrinti, jog tikslas būtų

pasieltas, svarbu sutelkti dėmesį į aukščiau išvardintus sektorius ir taikyti visas įmanomas teigiamas priemones šių sektorių optimizavimui.

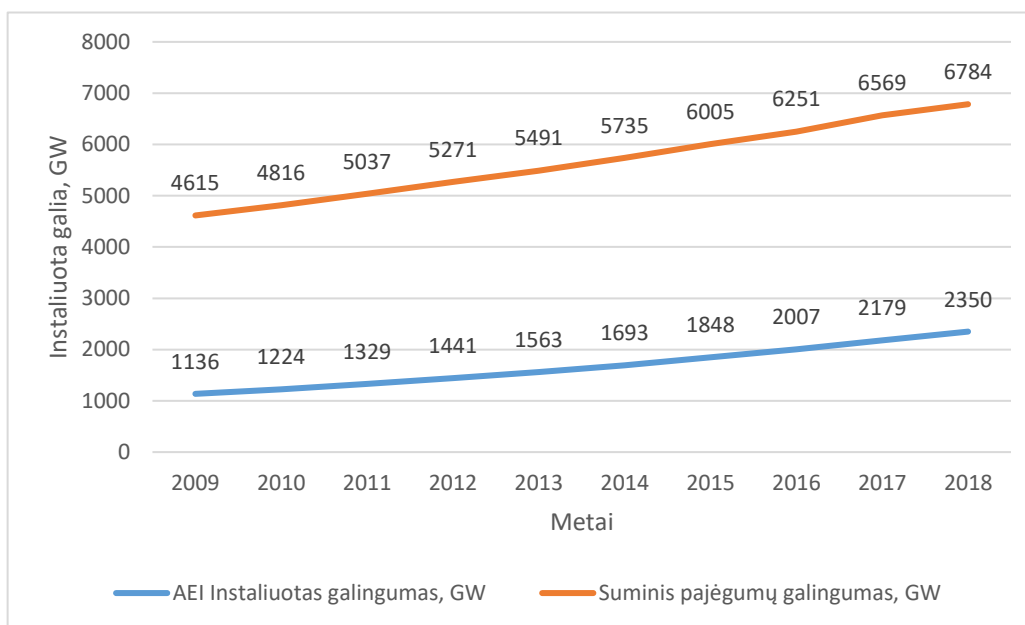
2021 – 2030 m. laikotarpiu, prioritetas bus teikiamas energijos efektyvumo skatinimui. „Pirmiausia – energijos efektyvumas“ (angl. „Energy efficiency first“) principas pradėtas analizuoti Europos Komisijai išleidus direktyvą 2018/2002, kuria yra persvarstomi 2012/27/ES direktyvoje užsibrėžti tikslai dėl energijos vartojimo efektyvumo. Energijos vartojimo efektyvumas turėtų būti pripažintas itin svarbiu elementu ir prioritetiniu klausimu būsimuose sprendimuose, o sprendimų įgyvendinimui turi būti sudaromos palankesnės sąlygos investicijoms į efektyvaus energijos vartojimo priemones. Kadangi energijos poreikio mažinimas yra vienas iš penkių pagrindinių energetikos sąjungos aspektų, didesnis energijos vartojimo efektyvumas visoje energijos grandinėje (gamyboje, perdavime, skirstyme, ir galutiniame vartojime), bus naudingas aplinkai – pagerės oro kokybė, sumažės sveikatos sutrikimų dėl oro taršos, bus sumažinamas ŠESD kiekis, o šalys taps energetiškai saugesnės, importuodamas mažiau energijos iš Sąjungai nepriklausančių šalių, sudarys sąlygas šalims užtikrinti konkurenciją ir apskritai bus sumažintos išlaidos susijusios su perkama energija. Šiam tikslui pasiekti Sąjunga užsibrėžia didinti energijos vartojimo efektyvumą pirminės ir galutinės energijos atžvilgiu – iki 2030m. 32,5 % sumažinti pirminės ir galutinės energijos suvartojimą arba kitaip tariant – suvartoti nedaugiau kaip 1 273 milijonų tonų naftos ekvivalento pirminės energijos ir (arba) nedaugiau kaip 956 milijonų tonų naftos ekvivalento galutinės energijos [11]. Valstybės narės įsipareigoja per 2021 – 2030 m. laikotarpį pasiekti tokį suminį galutinės sutaupytos energijos kiekį, kuris sudarytų bent 0,8 % naujo kasmetinio sutaupytos energijos kiekio nuo galutinės energijos suvartojimo dydį. Atsižvelgiant į gaminių energijos vartojimo efektyvumą, ES lygmeniu buvo pristatytos priemonės, kurios įpareigoja ženklinti prietaisus, nurodant jų energetinę klasę (A-G, kur A – efektyviausia, G – mažiausiai efektyvi), o įrenginiams keliami minimalūs energetinio naudingumo standartai. Tai padės vartotojams labiau įvertinti naudojamų prietaisų ir įrangos ekonomines naudas. 2017 metais, buvo pasiektas laikinas parlamento ir tarybos susitarimas dėl reglamento, kuriame nustatomi terminai bei ženklinimo sistema. Didelę dalį elektros energijos suvartojimo namų ūkiuose sudaro apšvietimas. Europos Komisija suskirstė naujos kartos apšvietimo lemputes į pagerintas kaitrines lemputes, kompaktines dienos šviesos lemputes (liuminescencinės) bei šviesos diodų LED lemputes. Nors pirminės kaitrines lempos yra uždraustos prekiauti, o joms pakeisti, gamintojai į prekybą pradėjo tiekti patobulintas kaitrines lemputes, yra rekomenduojama vartotojams susitelkti ir naudoti taupančiąsias arba LED technologijos lemputes, dėl mažo suvartojamo elektros energijos kiekio ir gebos skleisti ekvivalentų šviesos kiekį, lyginant su kaitinamąja lempute [12].

Perdavimo ir skirstymo nuostolius galima mažinti tobulinant elektros tinkle nuolat vykstančius procesus. Kokybiškos elektros energijos tiekimas ne tik kad, užtikrina sklandų elektros energiją vartojančių prietaisų veikimą, bet ir leidžia sumažinti elektros energijos poreikį. Projektuojant elektros perdavimo tinklą svarbu įvertinti atstumus tarp pastočių ir vartotojų, įvertinti lokacijoje esančias apkrovas ir tinkamai parinkti įrangą. Tinkamai parinkta įranga gali eliminuoti įtampos kritimą prijungimo taškuose, taip apsaugant naudojamus įrenginius nuo per žemos įtampos. Galimas apkrovų maitinimas iš skirtingų transformatorių. Tokiu atveju yra mažinama bendra varža ir stabilizuojama tiekiamos įtampos vertė. Kokybiškų transformatorių naudojimas mažina įtampos nuokrypius, dėl apvijų savitarpio magnetinio ryšio. Trijų apvijų transformatoriai pasižymintis tokia savybe mažina įtampos šuolius nuo vardinės vertės, o dėl sumažėjusių svyravimų, mažėja ir harmonikų sukeltas sinusoidžių iškreipimas. Svarbu tinkamai įvertinti prietaisų galingumus, naudojamus buityje ar pramonėje.

Imtuvus reikia apkrauti jų vardine galia, kad įrenginys dirbtu efektyviai ir nekiltų rizika jam būti pažeistam. Tai glaudžiai susiję su efektyviu energijos vartojimu ir įrengimų darbo grafikų sudarymu [13,14]. Įrenginių darbo grafiko sudarymas nacionaliniu mastu, leidžia sumažinti apkrovą tinkle piko metu, o tai leidžia išnaudoti elektros energiją gaminančias elektrines efektyviau.

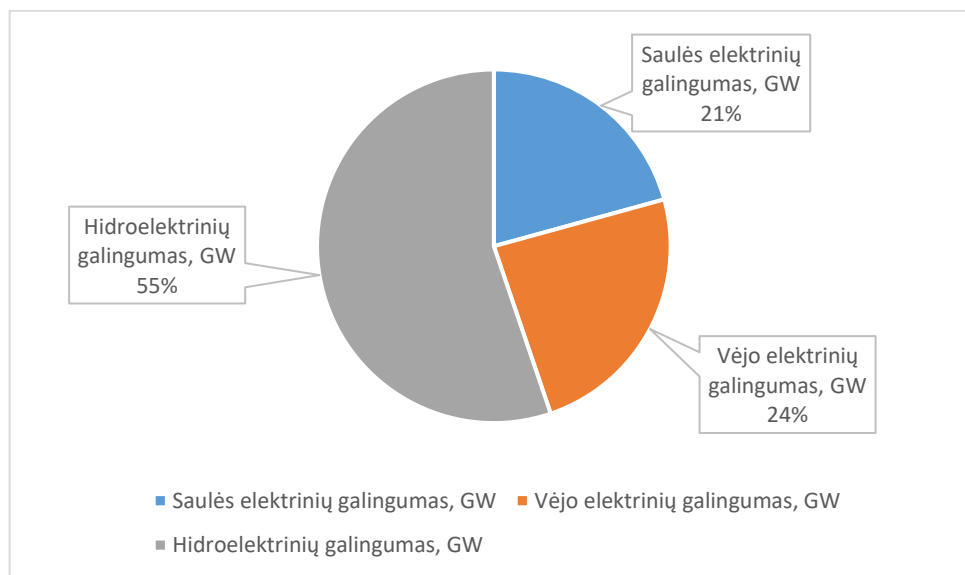
1.3. Atsinaujinantys energijos ištekliai ir gaminantys vartotojai

Siekiant sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, svarbu atsižvelgti į kiekvieno vartotojo ir gamintojo indėlį į užsibrėžto tikslo pasiekimą. Žvelgiant iš gamintojo perspektyvos, finansiškai ir teisiškai nėra lengva aprūpinti vartotojus reikiamu energijos kiekiu, investuojant į naujų, energiją gaminančių infrastruktūrų plėtimą. Naujų agregatų statyba užima daug laiko, o jų finansinis atsipirkimas skaičiuojamas dešimtimis metų. Atsinaujinančių energijos išteklių teikiamos naudos pastebėtos ir įvertintos įvairių mokslinių analizių metu, o kartu ir reglamentuotos direktyvų, nurodančių, kad siekiant energetinės nepriklausomybės, atsinaujinanti energetika bus svarbiausias įrankis siekiant šio tikslo. 2018 metais Europos Komisijos išleista direktyva nurodo, jog atsinaujinančių energijos išteklių formų plėtojimas ir skatinimas yra viena iš Europos Sąjungos energetikos politikos kryptių [15]. Iki 2030 metų yra įsipareigojama, jog 32 % visos suvartojamos elektros energijos būtų pagaminta iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Šis įpareigojimas galėtų būti dar kartą peržvelgtas metų eigoje, atsižvelgiant į labai sumažėjusias atsinaujinančių energijos išteklių energijos gamybos sąnaudas. Tai patrauklus šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo sprendimo būdas, prie kurio prisidėti gali ir paprasti vartotojai, investavę į tokių įrenginių įsidieгимą. Atsinaujinančių energijos išteklių raida prasidėjo dar XIX amžiaus pabaigoje, kai buvo pastatyta pirmoji hidroelektrinė Anglijoje. Remiantis tarptautinės atsinaujinančių šaltinių agentūros (angl. „The International Renewable Energy Agency – IRENA“) 2019 metų duomenimis, 2018 metais atsinaujinančių energijos išteklių instaliuota galia siekė daugiau kaip 2 350 gigavatų (1.2 pav). Tai sudarė kiek daugiau nei 30 % visos instaliuotos galios pasauliniame kontekste [16,17].

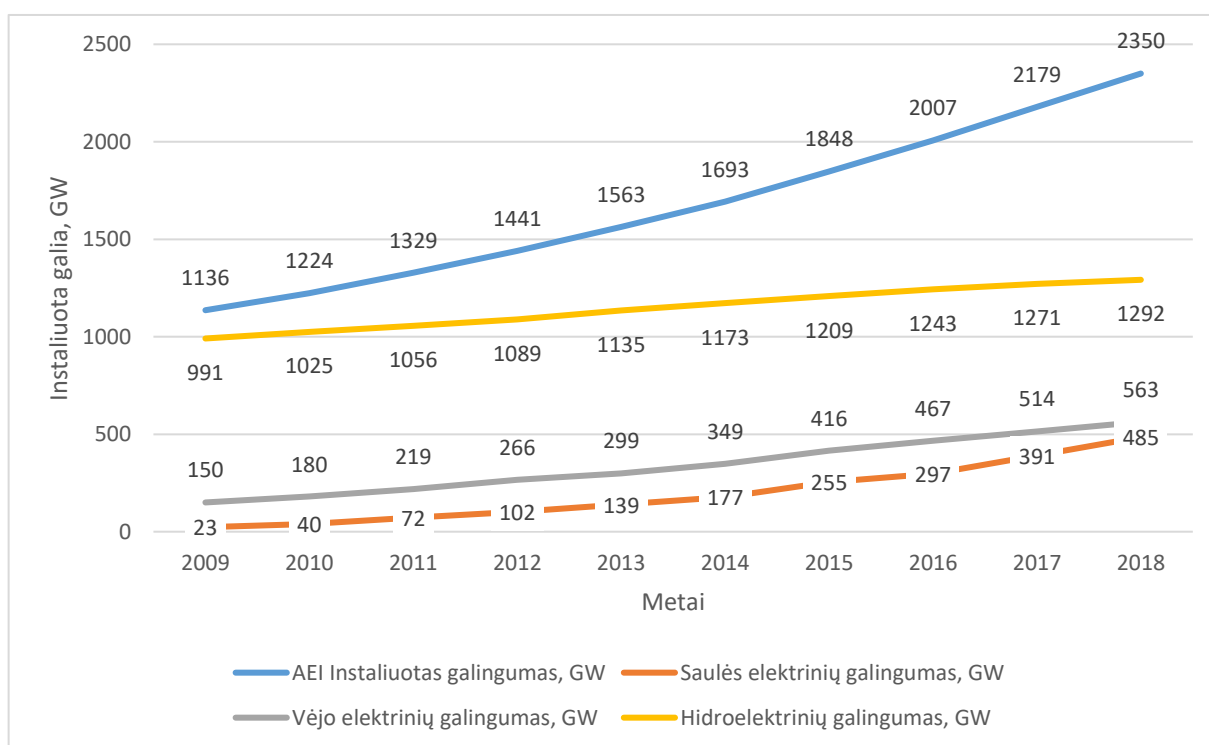


1.2 Pav. Instaliuota AEI dalis bendrame energijos gamybos kontekste [16,17]

Atsinaujinantys energijos ištekliai skirstomi į tris pagrindine grupes: hidroenergetiką, vėjo elektrines ir saulės elektrines. Tai trys labiausiai paplitusios išteklių rūšys, kurių ištekliai yra nesibaigiantys ir procesai susiję su jais vyksta nuolatos. Atsinaujinančių energijos išteklių potencialas dar nėra pilnai išnaudojimas, ypač saulės energetikos srityje. Hidroelektrinės užtikrina greitą atsistatymą po visiško elektros energijos atjungimo, užtikrina stabilų elektros energijos tiekimą esant padidėjusiam elektros energijos poreikiui dėka didelio agregatų galingumo, tačiau jų plėtra yra lėta, deformuojanti kraštovaizdį, dažnai kenkianti aplinkai (ypač didelės galios HE) [18], todėl jų instaliuota galia bėgant metams didėjo pamažu (Pav. 1.3). Kitaip nei hidroelektrinės, vėjo energetika yra mažiau kenkianti gamtai, elektrinių statyba užtrunka žymiai mažiau. Vėjo turbinos laikomos efektyviausia priemone iš visų atsinaujinančių energijos išteklių, kovojant su klimato kaita, dėl galimybės greitai įdiegti didelės galios elektrines. Viena, 6 MW instaliuotos galios elektrinė gali aprūpinti elektros energija daugiau kaip 15 tūkstančių žmonių [19]. Tačiau net ir ši technologija, pasižyminti dideliu efektyvumu turi savų minusų – dėl nepastovios vėjo krypties ir nuolat besikeičiančio vėjo greičio, vėjo elektrinės negali užtikrinti pastovaus elektros energijos tiekimo, sukeldama energijos disbalansą tinkle. Be kita ko, didelių vėjo elektrinių, kaip ir hidroelektrinių, paprastas vartotojas įsirengti negali, kadangi joms reikalingas atviras plotas. Vienintelis daugumai prieinamas sprendimas, norint prisidėti prie šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo – saulės elektrinės, kai saulės šviesos energija yra panaudojama elektros energijos generavimui. Dėl mažėjančios fotovoltinių saulės modulių kainos, Chetan Singh Solanki numato šios rinkos augimą, kas leistų šiai technologijai tapti ekonomiškai efektyvia ir patrauklia alternatyva, prieinama kiekvienam [20]. Tai įrodo ir statistiniai duomenys, kuriuose atsispindi susidomėjimas saulės energetiką, kai saulės elektrinių instaliuota galia per mažiau nei 10 metų išaugo daugiau nei 20-čia kartų (1.3, 1,4 pav.) [16]. Saulės elektrinių sistema yra žymiai paprastesnė, nei vėjo ar vandens elektrinių, sistemai nėra reikalingi papildomi kaupimo įrenginiai, nes perteklinę energiją, sugeneruotą dienos metu, galima patiekti tiesiai į tinklą, taip padedant išlaikyti balansą tinkle esant padidėjusiam elektros energijos poreikiui [21]. Atsiradus tokiems gamintojams, kurie tiekia perteklinę energiją į elektros tinklą, susidarė energetikos sektorius – paskirstytoji generacija, o patys vartotojai vadinami gaminančiais vartotojais. Gaminantys vartotojai dažnai būna įsirengę mažo arba vidutinio dydžio nuosavas saulės elektrines, vėjo elektrines ar mikro-turbinas, išnaudodami visiems prieinamą žaliąją energiją savo elektros energijos poreikiams patenkinti, o neišnaudotą elektros energiją tiekdami į bendrąjį elektros tinklą. Įsidiegus šiuos energijos generavimo šaltinius sumažėja sąskaitos už elektros energiją, palaikomas tinklo balansas, mažinami elektros perdavimo ir skirstymo išlaidos, o svarbiausia – efektyviai išnaudojamas energijos šaltinis, gaminantis šviesią elektros energiją.



1.3 Pav. Atsinaujinančių energijos išteklių procentinis pasiskirstymas 2018 metais [16]



1.4 Pav. Atsinaujinančių energijos išteklių pasiskirstymas pagal energijos šaltinio rūšį [16]

1.4. Atsinaujinančių energijos išteklių plėtra Lietuvoje

Siekiant įgyvendinti Europos Komisijos pateiktus reikalavimus dėl energetinės nepriklausomybės ir efektyvaus energijos vartojimo, šalis narė užsibrėžė nacionalinius tikslus. Lietuva 2018 m. išleido nutarimą „Dėl nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos patvirtinimo“, kuriame apžvelgiamos polinės kryptis energetikos sektoriuje, vizija ir strategijos įgyvendinimą užtikrinantys būdai. Vienas iš tikslų – įtakos klimato kaitai ir aplinkos taršos mažinimas, paremtas energijos taupymu ir žaliaja energetika. Energijos vartojimo efektyvumas gerina valstybės gyventojų finansinę būklę,

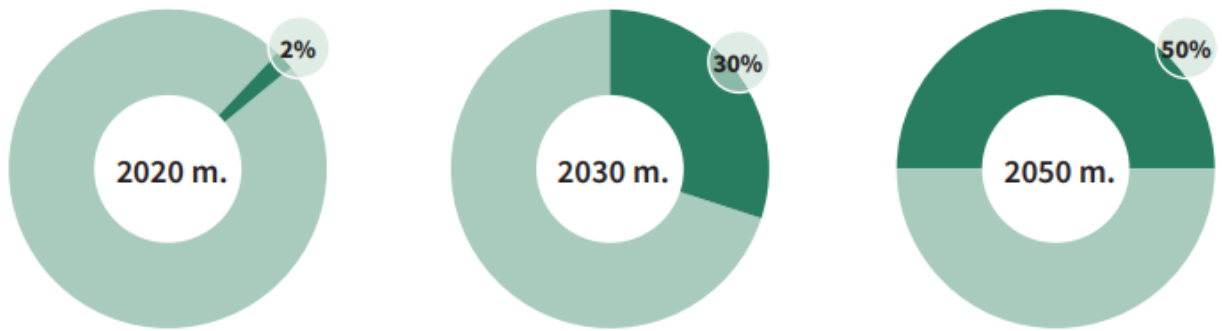
didina verslo konkurencingumą, mažina ŠESD ir teršalų kiekį. Strategijoje minima, jog energijos vartojimo efektyvumo didinimas ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas taptų kasdienybe kiekvienam buitiniam, verslo ar pramonės ūkio subjektui, todėl bus skiriamas papildomas dėmesys šiai sričiai, skatinant finansinėmis ir nefinansinėmis priemonėmis [22]. Pagrindiniai tikslai susiję su atsinaujinančių energijos išteklių plėtra:

1.1 lentelė Lietuvos nacionalinės strategijos tikslai susiję su AEI plėtra 2020, 2030 ir 2050 metais [22]

2020m. Tikslai	2030m. Tikslai	2050m. Tikslai
<ul style="list-style-type: none"> Atsinaujinančių energijos šaltinių dalis galutiniame energijos suvartojime – 30 %; Atsinaujinančių energijos išteklių ir vietinių išteklių dalis centralizuoto šildymo sektoriuje – 70 %. 	<ul style="list-style-type: none"> Atsinaujinančių energijos išteklių dalis galutiniame energijos suvartojime – 45 %; Atsinaujinančių energijos išteklių ir vietinių išteklių dalis centralizuoto šildymo sektoriuje – 90 %. 	<ul style="list-style-type: none"> Atsinaujinančių energijos išteklių dalis galutiniame energijos suvartojime – 80%; Atsinaujinančių energijos išteklių ir vietinių išteklių dalis centralizuoto šildymo sektoriuje – 100 %.
2020m. Tikslai	2030m. Tikslai	2050m. Tikslai
<ul style="list-style-type: none"> Atsinaujinančių energijos išteklių dalis transporto sektoriuje – 10 %; Atsinaujinančių energijos išteklių dalis elektros suvartojime – 30 %. 	<ul style="list-style-type: none"> Atsinaujinančių energijos išteklių dalis transporto sektoriuje – 15 %; Atsinaujinančių energijos išteklių dalis elektros suvartojime – 45 %. 	<ul style="list-style-type: none"> Atsinaujinančių energijos išteklių dalis transporto sektoriuje – 50 %; Atsinaujinančių energijos išteklių dalis elektros suvartojime – 100 %.

Atsižvelgiant į tai, jog atsinaujinančių energijos išteklių technologijos nuolat tobulėja, įrangos kaina mažėja, iš atsinaujinančių išteklių pagaminta energija negali konkuruoti rinkoje, todėl energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių turi būti skatinama, kuriant ir įgyvendinant ekonomiškai ir technologiškai pažangius sprendimus – integruojant atsinaujinančių energijos išteklių energiją naudojančius vartotojus į rinką, užtikrinant mažiausią finansinę naštą energijos vartotojams, kuriant decentralizuotą elektros energijos gamybą, kai vartotojui yra suteikiama teisė naudoti atsinaujinančių išteklių energiją savo reikmėms, o už perteklinę energiją, patiektą į tinklą gauti rinkos sąlygas atitinkantį atlygį ir keičiant vartotojų elgseną energijos paklausos ir pasiūlos atžvilgiu.

Tapimas gaminančiu vartotoju – svarbus žingsnis siekiant energetinės nepriklausomybės ir efektyvesnio energijos resursų panaudojimo. Tačiau vis dar egzistuoja neuztikrintumas, ar tai yra ekonomiškai naudinga pačiam vartotojui – kada tai atsipirks, ar tai yra saugu ir efektyvu. Tokie klausimai yra pagrįsti, o tai atsispindi statistikoje – 2019 metais gaminančių vartotojų būtent Lietuvoje buvo tik 1168 [23]. Nors Lietuvos Respublikos seimas užsibrėžė tikslą, jog iki 2020-ųjų metų gaminančių vartotojų skaičius šalyje padidės iki 34 000, 2020 metų pradžioje šis skaičius išaugo tik iki 4406 (pav. 1.5) [22,23,24]. Visgi, yra numatoma, jog ilguoju laikotarpiu elektros energijos vartotojai taps aktyvūs rinkos dalyviai, o už patiektą į tinklą energiją turės galimybę gauti rinkos sąlygas atitinkantį atlyginimą. Numatoma, jog iki 2050m. gaminančių vartotojų skaičius sieks 50 %, lyginant su visų vartotojų skaičiumi.



1.5 Pav. Prognozuojamas gaminančių vartotojų skaičius 2020, 2030 ir 2050m. [22]

Siekiant užtikrinti, jog gaminančių vartotojų skaičius didėtų palaipsniui, nuo 2020 metų, gaminantys vartotojai savo elektros energijos poreikiams patenkinti galės įsirengti elektrines iki 30 kW. Taip pat, vartotojai turintys saulės elektrinę, jos perteklinę, į tinklą paduotą elektros energiją galės panaudoti bet kuriame, vartotojui priklausančiame pastate, mokant tik už pasinaudojimą tinklais [25]. Ši naujovė paskatino įsikurti platformai „Saulės Parkai“, kuri leidžia nepriklausomam vystytojui statyti saulės elektrinę ir parduoti saulės elektrinės generuojamą elektros energiją privatiems klientams [26] Kadangi saulės elektrinių sugeneruota elektros energija yra švari ir pagaminta šalies viduje, jos kaina turėtų būti žymiai mažesnė, negu importuotos elektros energijos. Negana to, vartotojas, įsigijęs nuotolinę saulės elektrinę, turi galimybę gauti valstybės subsidiją, padengiančią iki 30% išleistos pinigų sumos, remiantis Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2013 m. liepos 3 d. įsakymu Nr. D1-493 „Dėl Tinkamų projektų išlaidų kategorijų pagal Klimato kaitos programos finansavimo kryptis patvirtinimo“. [27]

Dvipusė apskaita (angl. „Net-metering“) – priemonė skirta apskaičiuoti patiektos į tinklą ir panaudotos iš tinklo energijos kiekio skirtumą. Dvipusis energijos skaitiklis sukasi pirmyn ir atgal, atitinkamai nuo to ar elektros energija yra naudojama iš tinklo, ar tiekiamą į jį. Šis prietaisas naudojamas daugumoje Europos šalių ir, pagal kiekvienos šalies vidinius įstatymus ir teisės aktus, elektros energiją galima parduoti fiksuota kaina, rinkos kaina arba gauti kitokią kompensaciją už patiektą elektros energiją [28]. Lietuvoje populiariausias gaminančio vartotojo atsiskaitymas su elektros skirstymo operatoriumi yra – pasaugojimo mokestis. Gaminantis vartotojas patiekęs perteklinę elektros energiją į tinklą, ją susigražindamas, kai jam to reikia, moka fiksuota tarifą už kilovatvalandę, kurią nustato valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija. Šis tarifas geriau žinomas kaip pasinaudojimo tinklais mokestis [29]. Tačiau yra ir daugiau būdų atsiskaityti su energijos skirstymo operatoriumi: vienanarė paslaugų kaina, kai yra mokama už įrengtą gaminančio vartotojo elektrinės galią (Eur/kW), dvinarė paslaugų kainą, kai yra mokama tiek už įrengtą gaminančio vartotojo elektrinės galią, tiek ir už pasaugotą kilovatvalandę bei procentinis dydis, kai gaminantis vartotojas dalį elektros energijos atiduodą į tinklą be jokio atlygio, o kitą dalį naudoja savo reikmėms ir už ją nemoka [29].

1.2 lentelė Pasinaudojimo skirstomaisiais tinklais įkainiai Lietuvoje 2020 m. [29]

Paslauga	Mokestis (su PVM)
Vienanarė paslaugų kaina, mokama už 1 kWh atgautą iš skirstomojo tinklo (ST), jei gaminantis vartotojas prieš tai buvo pagaminęs ir patiekęs 1 kWh į ST	0,04 €
Vienanarė paslaugų kaina, mokama už 1 kW įrengtosios galios	26,14 €/metams (2,18 €/mėn)
Dvinarė paslaugų kaina, mokama už atgautą 1 kWh energijos bei už 1 kW įrengtosios galios	0,022 €/kWh ir 13,07 €/metams (1,09 €/mėn)
Procentinis dydis, kai gaminantis vartotojas atsiskaito už paslaugas patiekta į elektros tinklą energija	36 %

Įvairių analizių autoriai įžvelgia, jog tapimas gaminančiu vartotoju, svarbus žingsnis užtikrinant paties gaminančio vartotojo efektyvų energijos vartojimą, kuris naudingas elektros tiekimo operatoriui ir pačiam gaminančiam vartotojui. Yael Parag, remdamasi Tarptautinės Energetikos Agentūros duomenis, teigia, jog sutaupyta elektros vienetas yra ne tik pigesnis, tačiau ir švaresnis, lyginant su pagamintu [30]. Teigiama, jog naujų elektrinių statyba, kartu su senų agregatų atnaujinimu, yra ekonomiškai neefektyvi, lyginant su skatinimu gaminančių vartotojų efektyviai naudoti elektros energiją ir taip prisidėti prie „nepagaminto megavato“ (angl. – „Negawatt“) krypties [31,32]. Dauguma priemonių, galinčių mažinti ŠESD ne tik, kad yra ekonomiškai efektyvios, tačiau nereikalaujančios daug pastangų ir pilnai priklauso nuo pačio vartotojo požiūrio (efektyvesnių prietaisų naudojimas, rūšiavimas ir perdirbimas, hibridinių automobilių naudojimas ir pan.). Minėtieji sprendimai yra vieni iš efektyviausių būdų, reikalaujantys minimalių investicijų ar net duodantys grąžą pačiam vartotojui, mažinant CO₂ emisijų kiekį [33].

1.5. Efektyvaus energijos vartojimo skatinimo priemonės

Energiją, ypač elektros, naudojantis vartotojas neretai nesusimąsto apie daromą žalą aplinkai ir galimybės taupiai tą daryti. Potencialiam energijos taupymui, pasitelkiamos įvairios priemonės, kurios formuoja vartotojo požiūrį į elektros energijos taupymą. Galimos priemonės [34]:

- Tiesioginis atsiliepinimas apie vartotojo suvartojamą elektros energijos kiekį (angl. „Direct feedback“);
- Netiesioginis atsiliepinimas apie vartotojo suvartojamą elektros energijos kiekį. (angl. „Indirect feedback“);
- Energijos suvartojimo auditavimas (angl. „Energy audits“);
- Efektyviai elektros energiją vartojančių bendruomenių kūrimas;
- Kombinuotas, aukščiau paminėtų priemonių įgyvendinimas.

1.3 lentelė. Grįžtamojo ryšio apie elektros energijos suvartojimą tipai [34,35]

Grįžtamojo ryšio tipas	
Tiesioginis atsiliepimas	<ul style="list-style-type: none"> • Valdymo skydeliai su parodomaisiais suvartojimo duomenimis • Interaktyvi vartotojo sąsaja per programinę įrangą (statistika, vizualizacija rodoma išmaniajame įrenginyje) • Išmanieji skaitikliai • Vartojamos energijos limitavimas • Įrenginiai su gyvų parametrų rodymu • Įrenginiai su gyvų parametrų rodymų, skaičiuojančių būsimas išlaidas už suvartotą energiją
Netiesioginis atsiliepimas	<ul style="list-style-type: none"> • Dažnesnis elektros sąskaitų pateikimas, priklausomai pagal suvartojamą elektros energijos kiekį • Dažnesnis elektros sąskaitų pateikimas su palyginamaisiais rodikliais už praėjusius atsiskaitymo laikotarpius • Dažnesnis elektros sąskaitų pateikimas, su pasiūlymais įsigyti efektyvesnius įrenginius • Dažnesnis elektros sąskaitų pateikimas, su metine ir/ar metų pusmečio ir/ar ketvirčio energijos suvartojimo ataskaita
Atsitiktinis grįžtamasis ryšys	<ul style="list-style-type: none"> • Energijos prietaisų keitimas efektyvesniais elektros energiją vartojančiais prietaisais • Atsinaujinančių energijos išteklių įsidiegimas • Bendruomeniškai skatinami elektros energijos taupymo būdai

Šiuo metu, ataskaitų pateikimas apie vartotojo suvartojamą elektros energijos kiekį yra paprasčiausias ir mažiausiai išteklių reikalaujantis sprendimo būdas. Ataskaita apie suvartojamą elektros energijos kiekį gali būti siunčiama kartu su trumpalaike arba ilgalaike analize, palyginimo rezultatais ar paskatinamais taupyti elektros energiją Grįžtamojo ryšio naudą aprašęs autorius Allcott`as įvertino gautą naudą, pateikiant vartotojui vartojimo ataskaitą, kurioje palyginimas vartotojo, ir šalia esančio kaimyno suvartojimo duomenys. Gautas rezultatas parodė vidutiniškai 2 % energijos suvartojimo sumažėjimą. Daroma išvada, jog mažai pastangų ir investicijų reikalaujantis ir elektros energijos operatoriui prieinamos informacijos pasidalijimas su energiją vartojančiu vartotoju gali padėti keisti vartotojo įpročius, taip pasiekiant net 10 % mažesnę elektros energijos suvartojimą [36].

Lyginant su periodiniais ataskaitų pateikimais, elektros energijos suvartojimą rodantys skydeliai, pateikia informaciją vartotojui dažniau ir tiksliau, įvertinant tai, jog elektros suvartojimas rodomas realiu laiku. Tam tikrai atvejais, monitoringo skydeliai, sujungti su išmaniuoju skaitikliu, gali teikti informaciją apie realiu laiku išleidžiamą pinigų kiekį, ypač, jeigu vartotojui taikomas dviejų ar trijų

skirtingų tarifų mokestis. Informuotas vartotojas gali pats kontroliuoti, kaip efektyviai yra naudojama elektros energija ir priimti racionalius sprendimus kada ir kiek elektros energijos jam iš tikrųjų reikia. Tai leistų sumažinti sąskaitas už suvartotą elektros energiją ir taip sutaupyti pinigų. Teigiama, jog toks sprendimo būdas leistų sumažinti energijos sąnaudas nuo 3 iki 5 % namų ūkio subjektuose [37]. Naudojantis išmaniaisiais skaitikliais, elektros energijos tinkle gali būti identifikuojamos problemos, kadangi išmanusis skaitiklis siunčia operatoriui duomenis realiu laiku apie elektros energijos kokybės parametrus – įtampą ir dažnį. Tai padėtų užtikrinti kokybišką paslaugų tiekimą vartotojui, numatyti galimus tinklo gedimus [38].

Nemaža dalis elektros energijos yra suvartojama įrenginių, kuriuos galima paversti „išmaniaisiais“ įrenginiais. Išmanusis buityje naudojamas įrenginys gali būti naudojamas nebūtinai tuo laiku, kai yra reikalingas atlikti procesas. Į minėtų įrenginių kategoriją patenka vandens šildytuvai, indaplovės, šildytuvai ir pan. Iš vartotojo perspektyvos, kol įrenginys nėra reikalingas, kad atliktų savo paskirtį iškart, o gali būti panaudotas vėliau (pavyzdžiui ne elektros energijos paklausos piko metu) ir tai nemažina vartotojo gerovės, padidėja bendras elektros energijos panaudojimas. Naudojant išmaniuosius skaitiklius, atsiranda galimybė, jog įrenginiai būtų automatiškai įjungiami darbui, priklausomai nuo to, ar yra perteklinės elektros energijos, pagamintos iš decentralizuotų generacijos įrenginių arba nuo tinklo balanso realiu laiku (padidėjusi arba sumažėjusi paklausa) [39].

Mokslininkų tarpe plačiai aptarinėjama galimybė kurti elektros energijos rinkas, kurių dalyviai – nepriklausomi gaminantys vartotojai. Nepriklausomai elektros energijos rinkai galėtų būti taikomos tokios pačios politinės ekonominės priemonės, kokios yra taikomos tiekimo operatoriams ir elektros gamintojams, tačiau supaprastintos ir pritaikomos paprastiems vartotojams. Nepriklausomos elektros energijos rinkos atsiradimui, kurios tikslas skatinti „negavato“ politiką, pritaria ir pirmasis tokios rinkos konceptą aprašęs autorius Lovins`as, teigdamas, jog siekiant užtikrinti paklausos reguliavimą ir efektyvų elektros energijos vartojimą, sutaupyta elektros energija turėtų būti traktuojama kaip nuosavybė, kurią būtų galima perleisti ar parduoti, gaunant už ją atlygį [32]. Svarbu paminėti, jog dabartinės priemonės, susijusios su efektyviu elektros energijos vartojimu, leidžia vartotojui sutaupyti ir/ar gauti paskatinimą tai daryti toliau iš tiekimo operatoriaus, tačiau vartotojas negauna jokių pajamų ar pelno už savo teikiamas paslaugas elektros tinklo operatoriui. Ši problema nepaskatina, o atvirksčiai – sukuria socioekonominį barjerą, dėl kurio ženkliai nedidėja efektyviai energiją vartojančių vartotojų skaičius. Autorius Eyre teigia, jog dabartinės efektyvumo skatinimo priemonės naudingos elektros energijos tiekėjui, o ne vartotojui, leisdamos sutaupyti elektros operatoriui dėl sumažėjusios apkrovos tinkle ir su tuo susijusiais procesais (perdavimo nuostoliai, brangių elektrinių paleidimas apkrovos piko metu ir kt.) [41]. Europos Komisijos išleistame komunikate „Švari energija visiems europiečiams“ apibrėžiamos nuostatos, kaip vartotojai turėtų būti įtraukiami į rinką ir sėkmingai galėtų gaminti energiją patys, ją laikyti kaupikliuose ir/ar parduoti [42]. Numatoma, jog vartotojai turėtų būti centrinė figūra, galinti gaminti elektros energiją iš atsinaujinančių energijos išteklių ir gauti už tai užmokestį. Egzistuojančios skatinimo priemonės:

- Pasaugojimo tinkluose mokestis – gaminantis vartotojas susigražina savo, į tinklą patiektą perteklinę energiją, sumokėdamas tinklui už „pasaugojimą“.
- Kompensacija – kai yra išmokama kompensacija arba suteikiamas kreditas, atsiskaitomuoju laikotarpiu už patiektą į tinklą elektros energiją, kurios dydis yra didesnis už rinkos kainą

- Mokesčių lengvatos – mokesčių dalies sumažinimas (pridėtinės vertės mokesčio, akcizo, viešuosius interesus atitinkančių paslaugų ir kt.)
- Subsidijos – programos, skatinančios investuoti į atsinaujinančių energijos išteklių ar kitų, efektyviai arba efektyvumą didinančių prietaisų įsidiegimą, suteikiant lengvatas ar dotuojant konkrečiai veiklai.
- Fiksuotas tarifas – gaminantis vartotojas sudaro sutartį su nepriklausomu elektros energijos gamintoju, kuriam perduoda savo perteklinę elektros energiją, tačiau už suvartotą elektros energiją iš tinklo vartotojas moka pagal standartinius įkainius.

Lietuvoje naudojamas atsiskaitymas už patiektą elektros energiją į tinklą, kai gaminantis vartotojas susigražinęs elektros energiją moka pasaugojimo mokesį. Tokios praktikos ekonominis efektyvumas matuojamas atsipirkimo laikotarpiu, kai vertinamos gaminančios vartotojo investicijos į technologiją ir jos finansinis atsiperkamumas. Namų ūkio subjekte, elektrinės skirtos padengti suvartojimą, atsipirka per kiek daugiau, nei 8 metus, tačiau šis laikotarpis kinta, priklausomai nuo pačio gaminančio vartotojo elektros suvartojimo įpročių. Kaip analizuota anksčiau, norint sumažinti globalinio atšilimo įtaką ir mažiau teršti gamtą, efektyvus energijos vartojimas ir efektyvių prietaisų naudojimas yra gana paprastas, bet labai efektyvus būdas tikslui pasiekti. Dėl egzistuojančio neužtikrintumo iš vartotojo pusės dėl potencialios naudos, tapus gaminančiu arba efektyviai energiją vartojančiu vartotoju, yra reikalinga atlikti tolimesnė analizė, vertinant investicijas ir kitokį indėlį į energetinį efektyvumą ir iš to gaunamą socialinę, aplinkosauginę ir/ar ekonominę naudą ir kaip tai pastūmėtų vartotojus tapti socialiai atsakingais – prisidedant prie tvaraus energijos panaudojimo ir aplinkos taršos mažinimo.

2. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos teoriniai aspektai

Šiame amžiuje buvo išleista nemažai svarbių komunikatų ir direktyvų, kurių pagrindinis tikslas – sutelkti žmoniją atsakingai žiūrėti į globalias problemas – padidėjusį užterštumą, išteklių baigtumą ir kitas esmines problemas, kurios ateityje gali sukelti žalą. Šios paminėtos problemos apibendrinamos kaip galimi scenarijai, jeigu ir toliau laikysimės tos pačios krypties ir elgsimės neatsakingai – švaistysime gamtos išteklius, neefektyviai naudosime elektros energiją ar teršime aplinką. Vis labiau išryškėja poreikis prisidėti prie tvaraus vartojimo, ypač, kai prie to gali prisidėti kiekvienas, o gaunamas rezultatas ne tik užtikrintų komunikatų ir direktyvų užsibrėžtų tikslų pasiekimą, bet ir suteiktų naudą pačiam vartotojui.

„Institute for European Environmental Policy (IEEP)“ įvardina energijos efektyvumą ir su juo susijusius reiškinius kaip [44]:

- **Energijos efektyvumas** – santykis tarp panaudotos energijos ir gaunamos naudos iš tos energijos (produktai, paslaugos ir kt.)
- **Energijos efektyvumo didinimas** – energijos efektyvumo pokytis (didėjimas) dėl pokyčių technologijų srityje, elgsenoje ar ekonomikoje.
- **Energijos taupymas** – sutaupyta arba planuojamas sutaupyti energijos kiekis, lyginant etapus prieš pritaikant energijos efektyvumą gerinantį veiksnių ir etapų po pritaikymo.
- **Energetinės paslaugos** – fizinė nauda, gaunama integravus energijos efektyvumą didinančią technologiją arba pritaikius elgesio pokytį, kurios metu įvertinamas efektyvumo padidėjimas arba pirminės energijos taupymas.

2.1. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo naudų klasifikavimas

Efektyvus energijos vartojimas laikomas vienu iš pagrindinių įrankių, siekiant užsibrėžtų klimato kaitos mažinimo tikslų. Remiantis Europos Komisijos teiginiais, energijos efektyvumas yra vienas iš penkių pagrindinių aspektų, apibūdinančių energetinę sąjungą [45]. Autoriai Matthias Reuter'is, Martin Patel ir kt., teigia, jog šiuo metu energijos efektyvumą didinantys sprendimai nėra rentabilūs, jeigu jų gaunama nauda yra matuojama tik sutaupyta energija [46]. Sutaupytos energijos kiekis turi būti siejamas su gaunamomis bendromis naudomis – sumažėjusiu ŠESD kiekiu, didesne konkurencija, pagerėjusia sveikata ar gyvenimo sąlygomis, didėjančiais ekonominiais rodikliais ir kitomis naudomis. Lisa Ryan ir Nina Campbell iškelia problemą, jog vertinant tik energijos sutaupymą, nėra atskleidžiamas visas energijos efektyvumo didinimo potencialas, o papildomos socialinės ir aplinkosaugos įtakojančios naudos nėra įvertinamos monetizavimo aspektu įvairiuose sektoriuose [47]. Toliau autoriai išskiria pagrindines kategorijas, kurios apibendrina visas galimas naudas, kurios susidaro efektyviai naudojant energiją [46].

- **Aplinkosauginis aspektas:** įvertina tiesioginį energijos vartojimo efektyvumo poveikį, atsižvelgiant į pirminės ir antrinės energijos suvartojimą, mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį ir kitų, lokaliai išmetamų, teršalų kiekį. Dėl sumažėjusio galutinės energijos suvartojimo, potencialiai mažėja pirminės ir antrinės energijos panaudojamas kiekis. Emisijų mažinimui turi įtakos ir atsinaujinančių energijos išteklių diegimas, dėl kurių sumažėja galutinės energijos panaudojimas.
- **Socialinė įtaka:** vertinamas tiesioginis poveikis „energetinio skurdo (angl. „energy poverty“) mažinimui, sveikatos ir gyvenimo sąlygų gerinimui.

- **Ekonominis aspektas:** įvertinami ekonominiai aspektai, susiję su šalies ekonomikos augimu (BVP didėjimas), energijos intensyvumo mažinimu, sukurtų darbo vietų skaičiumi, sumažėjusiomis išlaidomis ir kt.

Aukščiau minėtos kategorijos gali būti pritaikomos atskiriems segmentams:

- **Individualus:** individualios naudos vertinamos asmens, namų ūkio arba įmonės lygiu. Naudos, tokios kaip – sveikata ir gerovė, „energetinio skurdo“ mažinimas, disponuojamų pajamų kiekio didėjimas. Sveikata daro ne tik tiesioginę įtaką pačiam žmogui, tačiau ir prisideda prie ekonomikos gerinimo – mažesnės išlaidos susirgimams gydyti ilgojoje perspektyvoje prisideda prie šalies BVP augimo. Energijos skurdo mažinimas, kaip ir sveikata, ilguoju laikotarpiu gali gerinti šalies ekonominius rodiklius, taip pat prisidėti prie užsibrėžtų nacionalinių energetinių tikslų.
- **Pramoninis:** naudos priskiriamos įvairiems sektoriams, kurie neapima individualiojo sektoriaus, tačiau turi įtaką specifiniams sektoriams. Tokiems sektoriams priskiriamos kelios naudos: industrijos efektyvumo didėjimas, infrastruktūros gerinimas, padidėjusi turto vertė. Minėtos naudos vienaip ar kitaip gali būti susietos su platesnėmis naudomis, kurios gerintų ekonomiką nacionaliniu lygiu.
- **Nacionalinis:** šiam segmentui daroma įtaka dažnu atveju tėra įtaka iš žemesnių segmentų – industrinio lygmens ir individualaus. Šiam segmentui priskiriamos naudos – sukuriamos darbo vietos, energetinė nepriklausomybė, makroekonomikos rodiklių gerinimas, viešųjų išlaidų mažinimas.
- **Globalinis:** globaliniam segmentui daroma įtaka vertinama ne šalyje, kurioje energijos efektyvumo politika yra taikoma, o kitose šalyse. Globaliniam segmentui priskiriamos naudos: ŠESD mažinimas, kainų reguliavimas kontinento atžvilgiu, pirminių energijos išteklių naudojimo mažinimas, globalinių tikslų pasiekimas.

2.1 lentelėje pateikiamos klasifikuotos naudos pagal kategorijas ir segmentus. Toliau bus nagrinėjamos naudos atskirai.

2.1 lentelė Naudų klasifikavimas [47]

Aplinkosauginiai		
Kategorija	Vertinimas	Segmentas
Energijos taupymas	Metinis energijos sutaupymas	Individualus/pramoninis/nacionalinis/globalinis
Iškastinio kuro suvartojimo mažėjimas	Sumažėjęs iškastinio kuro su-naudojimas	Globalinis
AEI tikslų pasiekimas	Energijos suvartojimo iš AEI didėjimas galutiniame suvar-tojime	Nacionalinis/globalinis
ŠESD kiekio sumažėjimas	CO ₂ emisijų kiekio sumažėji-mas, siejamas su energijos e-fektyvumo didinimu	Globalinis
Lokali taršos sumažėji-mas	Kietųjų dalelių ir NO _x emi-sijų kiekio sumažėjimas	Nacionalinis

Socialiniai		
Kategorija	Vertinimas	Segmentas
Sveikata	Išorinių veiksnių poveikis sveikatai	Individualus
Pragyvenimo lygio didėjimas	Išlaidų energijai ir namų ūkio pajamų santykio sumažėjimas	Individualus
„Energetinio skurdo“ mažėjimas	Žemesnių pajamų namų ūkių priklausomybė nuo išlaidų už energiją mažėjimas	Individualus
Ekonominiai		
Kategorija	Vertinimas	Segmentas
Įtaka BVP	Energijos intensyvumo mažėjimas, BVP didėjimas	Nacionalinis
Darbo vietų kūrimas	Darbo vietų skaičiaus didėjimas	Nacionalinis
Įtaka energijos kainoms	Kainų elastingumas	Nacionalinis/globalinis
Turto vertės didėjimas	Pastatų vertės augimas pritaikius energiją taupančias priemones	Pramoninis
Energetinė nepriklausomybė	Sumažėjęs energijos importas ir padidėjęs energijos tiekėjų skaičius	Nacionalinis
Įtaka AEI diegimui	Energijos paklausos ir pasiūlos (angl. – „demand response“) pokytis realiu laiku	Nacionalinis
Industrijos efektyvumo didėjimas	Sumažėjęs energijos naudojimas ir padidėjęs įmonių efektyvumas	Pramoninis
Pragyvenimo lygio didėjimas	Disponuojamų pajamų, tenkančių namų ūkiui ar gyventojui, padidėjimas	Individualus

2.1.1. Individualus segmentas

Sveikata ir gerovė gali būti pasiekiami sprendžiant dvi pagrindines problemas – pastatų energetinį neefektyvumą ir vietinę taršą. Pastatų energetinis neefektyvumas lemia tokius sveikatai kenksmingus faktorius kaip žema vidaus temperatūra, drėgnumas ir iš to kylantis pelėsis. Būvimas drėgnoje aplinkoje lemia gana dažnus susirgimus, susijusius su kvėpavimo takais – alergiją, astmą [48]. Pagerinus pastatų energetinį efektyvumą, galima sumažinti kvėpavimo takų susirgimų skaičių, kas įtakotų geresnę savijautą įvairioms žmonių grupėms – nuosavų namų gyventojams ir ofiso darbuotojams.

Vietinė tarša, kylanti iš transporto ir iškastinį ar kietąjį kurą deginančių įrenginių taip pat daro įtaką žmogaus sveikatai. Įvairūs teršalai, atsirandantys dėl žmogaus atliekamos veiklos daro įtaką žmogaus kvėpavimo takams, kraujagyslėms, širdies darbui, yra sukėlėjai iki šiol sunkiai pagydomų ligų – plaučių vėžio, astmos, alergijos ir kt. Šalia tiesioginio poveikio žmogui, kiti teršalai kaip sieros oksidas (SO₂), azoto oksidai (NO_x) ir kiti, daro įtaką dirvožemiui ir vandeniui – jį užteršia. Tokiu būdu daroma

žala ne tik gamtai, bet ir pačiam žmogui [49]. Siekiant užtikrinti naudą sveikatai ir gerovei, šalys leidžia reglamentus, kontroliuoja transporto kainodarą ir subsidijuoja technologijas, kurių dėka mažėtų išnaudojamos energijos kiekis, būtų renkamas alternatyvus transportas – bemotoris ir/ar viešasis transportas. Mažinant energijos poreikį taip pat mažėja emisijų kiekis, susidarantis iš iškastinį kurą deginančių jėgainių.

Energetinis skurdas arba kitaip energijos prieinamumas (angl. „energy poverty“) yra gana aktuali šių dienų problema tiek Europoje, tiek visame pasaulyje. Išsivysčiusios ir besivystančios šalys susiduria su šia problema – dėl prastų gyvenimo sąlygų, mažo disponuojamų pajamų kiekio, namų ūkiai išleidžia didelę dalį savo pajamų atsiskaitydami už energiją, taip paliekant mažiau pinigų kitoms reikmėms. Brenda Boardman dar 1991m. įvardino, jog namų ūkis, išleidžiantis daugiau nei 10% nuo metinių pajamų yra priklausomas nuo energijos [50]. Autoriai Campbell'as, Bird ir Lawton teigia, jog nuo energetinio skurdo kenčia daugiau nei 100 milijonų žmonių – beveik kas penktas žmogus [51]. Pagrindiniai faktoriai, lemiantys energetinį skurdą yra susiję vienas su kitu – mažos pajamos, didelės energijos kainos, mažas pastato energetinis efektyvumas ir neatsakingas požiūris į suvartojamą energijos kiekį. Visgi autoriai pagrindine energijos priklausomybės priežastimi laiko senus ir neefektyvius pastatus, turinčius didelį šilumos pralaidumą ir prastas izoliacines savybes. Tokiuose pastatuose gyvenantys asmenys negali tinkamai šildyti ir vėdinti patalpų, turi problemų atsiskaitydami už sunaudotą energiją. Tai kartu lemia ir prastesnes gyvenimo sąlygas bei mažesnę šiluminį komfortą, kas įtakoja didesnę mirčių kiekį, sveikatos pablogėjimus ar finansiškai prastesnes gyvenimo sąlygas. Siekiant mažinti energetinį skurdą namų ūkiuose, įvairios subsidijos ir lengvatos gali būti taikomos paveiktiems namų ūkiams, tačiau tokios išlaidos sudaro nemažą dalį bendrų valstybės išlaidų. Tokiu atveju praktika rodo, jog pastatų energetinio efektyvumo didinimas – senų vamzdžių keitimas šilumai nepralaidžiais, elektros įrenginių keitimas taupesniais, atsinaujinančių išteklių diegimas – yra efektyvesnis būdas kovojant su energetiniu skurdu.

Efektyviau naudojant energiją galima padidinti **disponuojamų pajamų kiekį** namų ūkiuose ar įmonėse. Disponuojamų pajamų kiekio prieaugis gali varijuoti pagal tai, kaip konservatyviai energija yra naudojama. Padidėjusios pajamos namų ūkyje ar įmonėje gali turėti didelę įtaką tolimesniam energijos efektyvumo didinimui, priklausomai nuo to, kaip sutaupyta pinigų kiekį namų ūkis ar įmonė panaudos toliau. Lisa Ryan ir Nina Campbell teigia, jog galimi trys tolimesni pajamų panaudojimo būdai: 1) pinigų taupymas, 2) pinigų išleidimas į veiklą, nesusijusią su energija arba į veiklą, nedidinančią energijos intensyvumo rodiklių, ir 3) pinigų išleidimas veikloms, didinančioms energijos intensyvumo rodiklius. Pastarasis pajamų išleidimo būdas gali būti skirstomas į dvi rūšis: pajamų išleidimą, kai yra tiesiogiai didinamas energijos intensyvumas (pvz. įsigyjamos elektros energiją taupančios lemputės, tačiau naudojama daugiau elektros energijos, manant jog vis dar yra taupoma) ir kai yra netiesiogiai didinamas energijos intensyvumas (daugiau keliaujant transporto priemonėmis, kurios naudoja suskystintą kurą, papildomų darbuotojų samdymas ir pan.) [47]. Nagrinėjant namų ūkio vartotojo pasirinkimą taupyti energiją svarbu atsižvelgti į faktorius, lemiančius tokį pasirinkimą – pajamas, namų ūkio demografinį aspektą, įsitikinimus, išsilavinimą ir kt. Įmonės lygmeniu, svarbu įvertinti finansinę situaciją, energijos efektyvumo potencialą, požiūrį į aplinkosaugą ir kt.

2.1.2. Pramoninis segmentas

Nemaža dalis energijos yra suvartojama pramonės sektoriuje, tiekiant specifines prekes ar paslaugas. Energijos efektyvumo didinimas gali pasitarnauti siekiant padidinti gamybos apimtis ar sumažinant

bendras išlaidas – padidinti bendrą **produktyvumą**. Nacionalinė energetikos agentūra prognozuoja, jog iki 2040m. pramonė sumažins energijos intensyvumą beveik dvigubai – iš to pačio energijos vienetu gaus dvigubai didesnę pridėtinę vertę [52]. Ersnt Worrel`as teigia, jog energijos efektyvumo didinimas pramonėje daro įtaką penkiems pagrindiniams produktyvumo rodikliams – mažina atliekų kiekį, taršą, gerina eksploatacijos ir techninės priežiūros išlaidų santykį su pagamintu produkcijos kiekiu ir gerina produkcijos ir pačio produkto kokybę. Poreikis suprasti ir pritaikyti šias naudas analizuojant išlaidas yra didžiulis dėl galimybės tiksliau įvertinti projekto nešamą naudą arba pasirinkti finansiškai patrauklesnį variantą. Autorius taip pat teigia, jog dauguma studijų neįvertina gamybos produktyvumo naudų pasiekiamų iš energijos efektyvumo didinimo, o tai lemia nepakankamą pramonės ekonominio efektyvumo įvertinimą [53].

Mažesnę energijos suvartojimą lemiantys technologiniai sprendimai pastatuose daro įtaką įmonių **bendrai turto vertei**. Teigiama, jog energijos sąnaudos sudaro didžiausią dalį veiklos išlaidose, o jų mažėjimas ateities perspektyvoje (vertinant dabartinę grynąją vertę) turi įtakos skaičiuojant turto pardavimą ateityje. Autoriai Popescu, Bienert ir kiti iškelia problemą, jog pastatų energetinio efektyvumo tyrimas vertina tik sutaupytos energijos kiekį pinigine išraiška, tačiau nevertina pačio pastato piniginės vertės didėjimo. Autoriai taip pat sutaria, jog turto vertė didėja tik tuomet, kai pastatas yra senos statybos – naujos statybos pastatai turi atitikti aukštus energetinius reikalavimus, o jų tobulinimas yra ne toks naudingas, negu esamų pastatų atnaujinimas [54]. Išskiriamos pagrindinės naudos, tokios kaip sumažėjusios veiklos išlaidos, įvaizdžio ir reputacijos gerinimas, įtakos aplinkai mažinimas ir mažesnis išteklių naudojimas. Šios naudos daugiau ar mažiau didina įmonių valdomų pastatų vertę, didina pirkėjų „norą mokėti“ (angl. „willingness to pay“).

2.1.3. Nacionalinis segmentas

Energijos efektyvų vartojimą skatinančios programos tiesiogiai ir netiesiogiai prisideda prie **darbo vietų kūrimo** nacionaliniu lygiu. Literatūroje aprašomas naujas darbo tipas – „žaliojo darbas“, kuris apibūdinamas kaip darbas, turintis įtakos aplinkosaugos problemų sprendimų realizavimui. Efektyvaus energijos vartojimo kontekste darbo vietų kūrimas laikomas kaip papildomų darbo vietų atsiradimas dėl efektyvaus energijos vartojimo didinimo programų vykdymo, tačiau nėra būtina susijęs su aplinkosauginių problemų sprendimu. Svarbu apibrėžti kas yra sukurta darbo vieta, nes darbo vietos paprastai yra skirtingų tipų. Autorės Wei, Patadia ir Kammen apibrėžia darbo vietų tipus energetikoje pagal tai, kas juos sukuria [55].

- Tiesioginė darbo vieta (tiesioginis įdarbinimas) - darbo vieta atsirandanti dėl konkretaus poreikio atlikti projektavimo, statybos, instaliavimo, pristatymo ir/ar priežiūros darbus konkrečiame projekte.
- Netiesioginė darbo vieta (netiesioginis įdarbinimas) – sukurta darbo vieta, tiesiogiai nesusijusi su konkrečiu projektu, tačiau atsiradusi dėl konkretaus projekto reikiamybės atlikti darbus, paminėtus prie tiesioginės darbo vietos.
- Sąveikos ar užimtumo darbo vieta – darbo vieta atsirandanti dėl darbuotojų, įdarbintų pagal anksčiau aprašytus įdarbinimo principus, išlaidų kituose sektoriuose.

Autorių teigimu, energijos efektyvumo sektorius sukuria darbo vietas, iš kurių 90 % yra sąveikos darbo vietos, o likusios – tiesioginės, tačiau toks pasiskirstymas gali labai skirtis dėl skirtingos šalies demografinės padėties, taikomos energijos efektyvumo politikos, finansavimo šaltinių ir kitų faktorių.

Energetinė nepriklausomybė dažnai apibūdinama kaip utopinė siekiamybė, nes kokybiškam ir ne-nutrūkstamam energijos tiekimui šalies išteklių ne visada pakanka. Tai kiekvienos, o ypač mažesnių šalių siekiamybė ir tikslas – būti energetiškai nepriklausomiems. Autoriai Kruyt`as, Vuuren`as, Vries`as ir Groenenberg įvardina ilgalaikius energetinės nepriklausomybės aspektus – geologinį energijos prieinamumą, geopolitinį energijos prieinamumą, energijos įperkumą ir energijos priimtinumą. Kiti autoriai energetinei priklausomybei priskiria energetinį tvirtumą, suvereniškumą ir atsparumą. Šie aspektai iš esmės priimami kaip problemos, kurias iš dalies gali išspręsti efektyvus energijos vartojimas. Energijos efektyvumo įtaka energetiniam saugumui matuojama absoliučiu energijos poreikio mažėjimu. IEA įvertino, jog taikomos įvairiapusiškos energijos efektyvumo priemonės padeda sumažinti tikimybę, jog įvyks visiškas elektros energijos tiekimo nutrūkimas. Elektros energijos tiekimo nutrūkimo atveju prastėja ekonominiai rodikliai, gali padidėti perkamos elektros energijos kaina [56, 57]. Energetinę nepriklausomybę didina ir atsinaujinančių išteklių diegimasis, paklausos pasiūlos reguliavimas realiu laiku – taip yra mažinamas bendras energijos suvartojimas, perkamas energijos kiekis iš kitų tiekėjų, kadangi šalies viduje palaipsniui yra užtikrinamas pakankamas energijos kiekis apsirūpinti savo energetiniams poreikiams, kartu užtikrinami užsibrėžti nacionaliniai tikslai dėl energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių šalies mastu suvartojimo.

Mažesni energijos suvartojimas turi teigiamą poveikį **makroekonominiams šalies rodikliams** – nedarbo lygio mažinimui, BVP augimui, prekybai ir t.t. Šių rodiklių gerėjimas daro įtaką šalies biudžetui – daugiau lėšų skiriama švietimui, inovacijoms ar socialinėms išmokoms, kas palaipsniui didina pragyvenimo lygį šalyje. Atlikti tyrimai rodo, jog energijos efektyvumo didinimas skatina tris pagrindinius veiksnius, lemiančius ekonomikos augimą: išlaidų didėjimas dėl sutaupytų pinigų iš efektyvaus energijos naudojimo, investavimas į energetiškai efektyvius produktus ir paslaugas ir energijos kainų mažėjimas, dėl kurio didėtų industrijos produktyvumas ir eksporto lygis. Jungtinėje Karalystėje atliktas tyrimas rodo, jog 8 – 15 % sumažėjęs galutinis energijos suvartojimas lemia 0,8 – 1,3 % BVP augimą šalies mastu [58]. Toks BVP augimas vertinamas kaip gana mažas, dėl sunkiai pasiekiamo energijos suvartojimo sumažėjimo, tačiau ateities perspektyvoje tai indikuoja teigiamą rezultatą.

2.1.4. Globalinis segmentas

Emisijų mažėjimas individualiame lygmenyje palaipsniui sumuojasi ir daro įtaką bendram emisijų kiekiui, skleidžiamam kontinente. Dėl sumažėjusio suvartojamo energijos kiekio mažėja reikiamas energijos kiekis, išgaunamas iš iškastinio kuro. Manoma, jog energijos efektyvumas padės sumažinti CO₂ emisijų kiekį 44 % 2035 metais ir leis greičiau pasiekti išsikeltus dėl nulinio emisijų lygio 2050 metais [10]. Kadangi yra žinoma, jog pagrindinis ŠESD šaltinis yra gaminant ir eikvojančią energiją, yra svarbu taikyti agresyvesnę energijos efektyvumo politiką iškastinio kuro atžvilgiu. Energijos efektyvumas laikomas efektyvia priemone, atsižvelgiant į reikalingas išlaidas, todėl emisijų mažėjimas gali būti jaučiamas iškart pritaikius priemones. Atliekant emisijų mažėjimo tyrimus ir numatant ŠESD mažinimo strategijas, rekomenduojama atsižvelgti į tai, kad taikomos energijos efektyvumo priemonės iš tikrųjų prisidėtų prie iškastinio kuro naudojimo mažinimo.

Kita svarbi nauda, atsirandanti dėl sumažėjusios energijos paklausos yra **energijos kainų reguliavimas** arba kitimas. Energijos kainos daugeliu atveju priklauso nuo valstybės ar viso kontinento suvartojamo energijos kiekio, išteklių prieinamumo ir galėjimo energiją pasigaminti patiems. Remiantis kainų elastingumo teorija, sumažėjus energijos pakausai, energijos vieneto kaina turėtų atitinkamai mažėti, o būtent energijos efektyvumo didinimas, tikimasi, jog padės sumažinti suvartojamą energijos

kiekį. Svarbu atsižvelgti į rinkos specifiką – sumažėjusi energijos paklausa vienoje rinkoje gali padidinti paklausą kitoje rinkoje, todėl norint pasiekti apčiuopiamų energijos kainų pokyčių, energijos paklausa turi mažėti visuose visose šalyse vienu metu.

Iškastinio kuro taupymas – dar viena nauda, prie kurios prisideda efektyvus energijos vartojimas. Pasauliniu lygmeniu iškastinis kuras yra naudojamas ne tik elektrai ar šilumai gauti, tačiau ir gerinant ekonomiką – konkrečiau stiprinant transporto ir logistikos sektorių. Kuro alternatyvų nėra tiek daug, jog būtų galima pilnai atsisakyti naftos produktų – elektromobilių paklausa nedidėja dėl neišvystytų elektros skirstymo ir perdavimo tinklų, o vandenilinis kuras dar nepritaikytas naudojimui transporto priemonėse. Sumažėjęs energijos suvartojimas – efektyvus kuro panaudojimas, viešojo transporto naudojimas, logistikos efektyvumo didinimas – leistų sumažinti kylančią taršą iš transporto priemonių, naudojančių perdirbtus naftos produktus. Kitas svarbus aspektas, jog dėl neišvengiamai besibigiančių naftos išteklių, jų paieškos plečiamos į jūros teritoriją ir amžino įšalo kontinentą Arktį, todėl efektyviau naudojant išteklius mažėtų poreikis vykdyti tokias paieškas [59].

2.2. Grįžtamasis poveikis

Dėl padidėjusio energijos taupymo pasireiškia grįžtamasis poveikis (angl. „rebound effect“). Grįžtamasis poveikis apibūdinamas kaip atvirkštinis reiškinys energijos efektyvumui ir kylantis iš paties energijos efektyvumo. Jis pasireiškia padidėjusiu energijos suvartojimu ir išlaidomis energijos intensyvumą didinančioms prekėms ar paslaugoms, vien dėl to, jog vartotojas efektyviai vartojo energiją prieš tai. Geriausias iliustruojantis pavyzdys yra LED lemputės. Į jas investavęs vartotojas galvoja, jog gali ilgiau laikyti įjungtą apšvietimą, dėl LED lempučių mažo suvartojamo elektros energijos kiekio, nors iki LED lempučių įsigijimo konservatyviai naudojo elektros energiją. Šis vartotojo elgesys iššaukia grįžtamąjį poveikį, kuris atitinkamai menkina energijos efektyvumo daroma teigiamą įtaką. Daugelis autorių išvelgia ir sutinka, jog grįžtamasis poveikis gali būti skirstomas į tris kategorijas [47, 58, 60]:

- **Tiesioginis grįžtamasis poveikis** – vartotojas ar gamintojas, investavęs į energijos efektyvumą didinančią priemonę, pasirenka didinti produkciją ar energijos suvartojimą.
- **Netiesioginis grįžtamasis poveikis** – vartotojas ar gamintojas, investavęs į energijos efektyvumą didinančią priemonę, pasirenka investuoti į kitą veiklą, tiesiogiai nesusijusia su savo buitimi, verslu ir kt.
- **Ekonominio masto grįžtamasis poveikis** – padidėjęs energijos efektyvumas, vedantis link energijos produktyvumo ir visos ekonomikos augimo, kas privestų prie dar didesnio energijos suvartojimo lygio.

Autoriai teigia, jog grįžtamasis poveikis daro įtaką ir būtinai turi būti įvertinamas pritaikant energijos efektyvumo priemones, tačiau sutaria, jog daroma įtaka nėra tokia didelė, jog atsvertų energijos efektyvumo atnešamą naudą. Pagrindinės problemos, kurias sukelia grįžtamasis poveikis – sumažėjęs teigiamas poveikis aplinkosaugai, apsunkintas energetinių tikslų pasiekimas.

3. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos gaminančiam vartotojui vertinimo metodai

Energijos efektyvumo didinimo galutinis rezultatas yra sutaupyta energijos kiekis ir tai yra laikoma tiesioginiu rodikliu, įvertinančiu efektyvų energijos vartojimą, kadangi jį yra lengviau apskaityti ir įvertinti, nei su energija nesusijusiais ar susijusiais netiesiogiais rodikliais. Dėl skirtingų energijos efektyvumo politikų pritaikymo įvairiems segmentams (individualiam, industriniam, nacionaliniam ir globaliniam) iškyta sunkumų įvertinant bendrą gaunamą naudą dėl duomenų trūkumo, sąryšio tarp segmentų kompleksiško ir naudų pasikartojimo, aiškios metodikos trūkumo. Kaip minėta anksčiau skyriuose, gaminantis vartotojas apibrėžiamas kaip vartotojas vienu metu gaminantis energiją pasirinktu technologiniu būdu ir tuo pačiu metu ją vartojantis. Populiariausias būdas tapti gaminančiu vartotoju – įsirengti fotovoltinę saulės elektrinę, kurios dėka iš saulės gaunamą energiją galima paversti elektros energija, ją vartoti, o perteklinę energiją kaupti arba patiekti į tinklą.

Motyvai investuoti į fotovoltinę saulės elektrinę būna įvairūs – noras tausoti aplinką ir pirminius išteklius, susidomėjimas nauja elektros gamybos technologija, socialinė įtaka, noras būti energetiškai nepriklausomiems ar paminėtų faktorių derinys, tačiau kai yra kalbama apie elektros energijos suvartojimą ir investicijas, ekonominė nauda tampa būtinu įvertinti faktoriumi [61]. Investicijos į saulės elektrinę laikomos didelėmis investicijomis į ateitį, dėl kurių atsiranda nežinomybė ir neužtikrintumas dėl gaunamos ilgalaikės, kadangi investicijos yra nesusigražinamos iškart. Vertinant neužtikrintumo faktorių, mokslinėje literatūroje išvelgiamas paradoksas, kai investicijos į energetiką neša naudą, tačiau vartotojai nesiryžta investuoti [62]. Iš gaminančio vartotojo perspektyvos kyla svarbus klausimas – „kokia yra gaunama ekonominė nauda įsidiegos saulės elektrinę“, todėl atsiranda reikiamybė įvertinti ekonominę naudą(–as).

Norint įvertinti ekonominę naudą, svarbu apibrėžti rodiklius, pagal kuriuos bus vertinama ekonominė nauda. Autorius Nelson Sommerfeldt įvardina pagrindinius ekonominius rodiklius, skirtus įvertinti fotovoltinių saulės elektrinių nešamą naudą ir apskritai pritaikomų panašioms AEI projektams. Svarbu paminėti, jog taikomi ekonominiai vertinimo rodikliai turi būti siejami su konkrečia šalimi – naudojamos vietinės elektros kainos ir atsiskaitymo metodai, apibrėžiamos specifinės ribinės sąlygos (išlaidų dydžiai, sąlygos ir kt).

3.1 lentelė Ekonominiai rodikliai skirti įvertinti investicijų į AEI naudą [61, 63]

Rodiklis
Grynoji dabartinė vertė (NPV)
Vidinė grąžos norma (IRR)
Atsipirkimo laikotarpis (nediskontuotas) (SPB)
Atsipirkimo laikotarpis (diskontuotas) (DPB)
Naudos ir sąnaudų santykis (B/C)
Viso gyvavimo ciklo sąnaudos (TLCC)
Svertinės elektros energijos gamybos išlaidos (LCOE)

3.1.1. Diskonto norma

Vertinant visus investicinius projektus yra labai svarbu atsižvelgti į „laiko vertę“ – investicijų grąžos laukimas yra vertinamas pinigais. Piniginis vienetas turi didesnę vertę šiandien, negu turės rytoj. Taip yra todėl, kad šiuo metu turimas pinigų kiekis gali būti investuojamas iškart. Tikslus diskonto normos nustatymas eliminuoja riziką, jog nepriimtinas projektas bus priimtinas, dėl netikslingai nustatytos diskonto normos. Diskonto normos įvertinimui naudojamas vidutinės svertinės kapitalo kainos metodas (2.3.1) (angl. - „WACC – Weighted Average Cost of Capital“).

$$WACC = \frac{E}{D + E} * R_e + \frac{D}{D + E} * R_d(1 - T); \quad (3.1.1)$$

čia E – nuosavas kapitalas;

D – skolintas kapitalas;

R_e – nuosavo kapitalo grąža;

R_d – skolinto kapitalo kaina;

T – pelno mokestis;

Atliekant gamintojo vartotojo ekonominę analizę priimame, jog investicijoms bus naudojamas tiek nuosavas, tiek skolintas kapitalas. Esant tik skolinto kapitalo atvejui, arba tik nuosavo kapitalo atvejui, diskonto norma turi būti perskaičiuojama su naujomis vertėmis. Nuosavo kapitalo grąžą skaičiuojama pagal formulę (2.3.2):

$$R_e = R_f + \beta + R_n; \quad (3.1.2)$$

čia R_f – investicijų, kurios yra nerizikingos, grąžos norma (netrumpesnių nei 10 metų Vyriausybės vertybinių popierių svertinio pelningumo vidurkis procentais);

β – ūkio šakos rizikingumo matmuo;

R_{erp} – nuosavybės rizikos premija;

3.1.2. Grynoji dabartinė vertė

Grynoji dabartinė vertė yra vienas iš svarbiausių sprendimo efektyvumą nusakančių rodiklių. Grynoji dabartinė vertė apskaičiuojama susumuojant diskontuotus pinigų srautus per visą projekto gyvavimo laikotarpį. Projektas yra laikomas priimtiniu, kai GDV yra didesnė už 0, ribinė kai lygi 0 ir nepriimtina, kai mažesnė už 0 pasirinktu laikotarpiu. GDV skaičiuojamas pagal formulę ir taikoma tiek pajamų srautams, tiek išlaidų srautams skaičiuoti (2.3.3):

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + i)^t}; \quad (3.1.3)$$

čia CF_t – pinigų srautas (išlaidų arba pajamų) laiko momentu t ;

T – projekto gyvavimo trukmė;

i – diskonto norma;

3.1.3. Vidinė gražos norma

Vidinė gražos norma (angl. „Internal Rate of Return – IRR“) nusako investicinio projekto rentabilumą ir patrauklumą. Tai populiarus rodiklis ekonominiuose skaičiavimuose, dėl interpretavimo galimybių, lyginant panašios ar vienodos trukmės investicinius projektus. Vidinės gražos normos rodiklis turi būti didesnis už kapitalo išlaidas (diskonto normą), kad projektas būtų priimtinas ir atvirkščiai – jei mažesnis, tada projektas yra nepriimtinas. Vidinė gražos norma parodo, kada grynoji dabartinė vertė siekia 0, o jos skaičiavimo formulė:

$$0 = NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t}; \quad (3.1.4)$$

čia NPV – grynoji dabartinė vertė;

CF_t – pinigų srautas t laiko momentu ;

IRR – vidinė gražos norma;

3.1.4. Naudų ir sąnaudų santykis

Pajamų ir išlaidų santykis nurodo ar investicijos yra rentabilios, skaičiuojant santykį tarp dabartinės vertės pajamų ir dabartinės vertės išlaidų. Skaičiuojant pajamų ir išlaidų santykį priimama, jog santykiui esant didesniau už vienetą projektas yra priimtinas, esant mažesniau už vienetą projektas yra atmestinas, o santykiui esant lygiam vienetui, projektas laikomas nei pelningu, nei nuostolingu. Pajamų ir išlaidų santykis aprašomas formule:

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^T PVB}{\sum_{t=0}^T PVC} \quad (3.1.5)$$

čia B/C – naudų ir sąnaudų santykis;

PVB – suminė dabartinė pajamų vertė;

PVC – suminė dabartinė išlaidų vertė;

3.1.5. Paprastas atsipirkimo laikotarpis

Paprastas atsipirkimo laikotarpis (angl. „simple payback period“) – vienas iš populiariausių ekonominių rodiklių, taikomų gaminančio vartotojo investicijoms įvertinti. Atsipirkimo laikotarpis parodo, koks bus periodų skaičius, reikalingas pradinėms investicijoms padengti arba kitaip – tai taškas, kuriame sprendimo grynėji pinigų srautai viršija nulį. Kaip taisyklė, kuo atsipirkimo laikas mažesnis, tuo investicija yra patrauklesnė. Atsipirkimo laikotarpio formulė:

$$PB = n + \frac{C_{n+1}}{F_{n+1}} \quad (3.1.6)$$

čia PB – atsipirkimo laikotarpis;

C_{n+1} – nepadengtų investicijų suma atsipirkimo metų pradžioje ;

F_{n+1} – visiško atsipirkimo metų grynasis pinigų srautas;

n – metai prieš visišką investicijų padengimą;

Taikant atsipirkimo laikotarpio metodą atsižvelgiama į tai, jog šis metodas turi svarbių trūkumų – gryniesi pinigų srautai nėra diskontuojami, todėl yra ignoruojama pinigų laiko vertė t.y. vertinama, jog investuotojas neturi galimybės investuoti kitur ir diskonto norma yra lygi nuliui. Kitas svarbus aspektas, jog atsipirkimo laikotarpis ignoruoja pinigų srautus po atsipirkimo laikotarpio ir įvertiną tik laiką, bet ne sprendimo vertę. Kita vertus, atsipirkimo laikotarpis yra labai lengvai interpretuojamas ir lengvai suskaičiuojamas. Atsipirkimo laikotarpio rodiklis yra naudingas, kai nėra žinoma pilna projekto trukmė ir reikia indikuoti kiek apytiksliai užtruks laiko atgauti pradines investicijas.

3.1.6. Diskontuotas atsipirkimo laikotarpis

Diskontuotas atsipirkimo laikotarpis (angl. „discounted payback period“) yra tas pats atsipirkimo laikotarpis, tik vietoj grynujų pinigų srautų naudojami grynosios dabartinės vertės pinigų srautai.

$$DPB = n + \frac{DC_{n+1}}{DF_{n+1}} \quad (3.1.7)$$

čia DPB – diskontuotas atsipirkimo laikotarpis;

DC_{n+1} – diskontuota nepadengtų investicijų suma atsipirkimo metų pradžioje ;

DF_{n+1} – diskontuotas visiško atsipirkimo metų grynasis pinigų srautas;

n – metai prieš visišką investicijų padengimą;

3.1.7. Svertinės elektros energijos gamybos išlaidos

Svertinės elektros energijos gamybos išlaidos (angl. „Levelized Cost of Energy – LCOE“) nusako kokia turi būti elektros energijos kaina, jog investuotojas atgautų savo investiciją per vertinamą laikotarpį. Kadangi gaminantis vartotojas elektros energijos neparduoda, LCOE įvertina pagaminto elektros energijos vieneto kainą. LCOE išreiškiamas 3.1.8 formule:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^T PVC}{\sum_{t=1}^T PVE} \quad (3.1.8)$$

čia PVC – diskontuotas išlaidų kiekis;

PVE – diskontuotas pagamintos energijos kiekis;

3.1.8. Disponuojamų pajamų kiekio pokytis

Disponuojamų pajamų kiekio pokytis, kaip ir minėta ankstesniuose skyriuose, vienas iš svarbiausių rodiklių, įvertinančių gaminančio vartotojo gaunamą naudą iš energijos efektyvumo didinimo. Tai paprastas metodas, leidžiantis palyginti, kokia dalimi sumažėja išleidžiamas už suvartotą elektros energiją įsirengus energijos vartojimo efektyvumą didinančias priemones. Disponuojamų pajamų kiekio pokytis apskaičiuojamas pagal 2.3.9 formulę ir taikomas pasirinkto laikotarpio pajamų pokyčiui apskaičiuoti.

$$DPK = PVC - PVC_{EVE} \quad (3.1.9)$$

čia PVC_{EVE} – diskontuotas išlaidų kiekis, įvertinus energijos vartojimo efektyvumą didinančios priemonės įtaką;

PVC – diskontuotas išlaidų kiekis be energijos vartojimo efektyvumą didinančios priemonės;

3.1.9. CO₂ emisijų sumažėjimas

Gaminantis vartotojas ne tik gauna ekonominę naudą iš energijos efektyvumą didinančių priemonių, tačiau ir prisideda prie aplinkosauginių problemų mažinimo. Išmetamas CO₂ į aplinką yra vienas iš pagrindinių rodiklių, apibūdinančių šiltnamio efektą. Gaminantis vartotojas nenaudodamas elektros energijos, tiekiamos iš skirstymo operatoriaus potencialiai mažina gamybos apimtis elektrinėse. Kadangi į šalį yra tiekama elektros energija iš įvairių šalių, kurios įvairiais gamybos metodais gamina elektros energiją. Remiantis mokslo, inovacijų ir technologijų parengta metodika, vertinsime CO₂ emisijų sumažėjimą dėl nenupirkto elektros energijos iš skirstymo operatoriaus. Sumažėjęs CO₂ emisijų kiekis vertinamas pagal 3.1.10 formulę [64]:

$$CO_2 = E_s \cdot 295,8 \text{ kg CO}_2 \quad (3.1.10)$$

čia E_s – sutaupyta elektros energijos kiekis, MWh;

295,8 kg CO₂ – EU28 vidutinis išmetamas emisijų kiekis kilogramais vienai MWh, įvertinus visus elektros energijos gamybos būdus, CO₂e;

CO₂ – sumažėjęs CO₂ emisijų kiekis, kg.

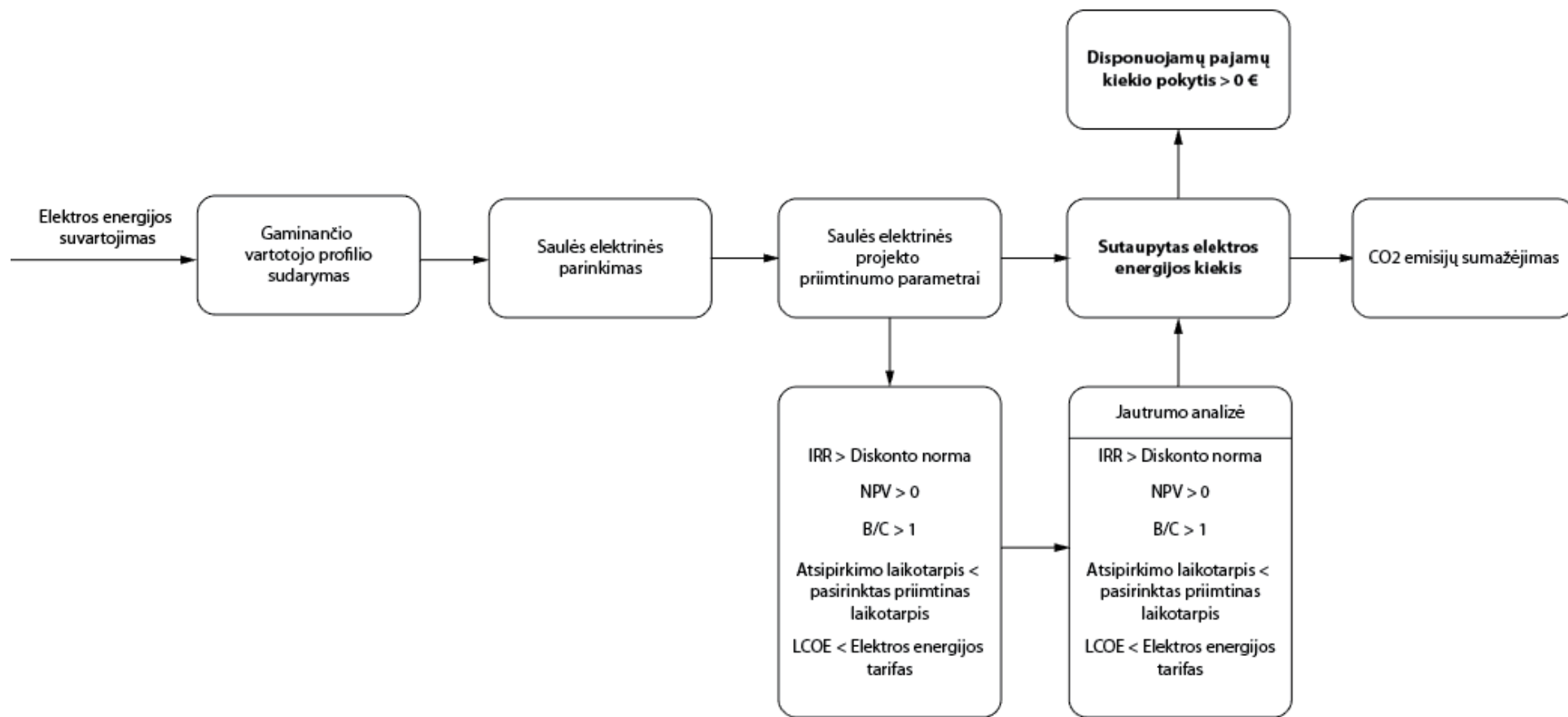
3.2. Jautrumo analizė

Atliekant ekonomines projektų analizes svarbu atsižvelgti ne tik į pradinius žinomus duomenis, bet ir į jų ar kitų preferencijų nuokrypius. Tokie nuokrypiai dažniausiai apibrėžiami kaip rizikos, kurios gali įvykti projekto gyvavimo laikotarpiu ir vienaip ar kitaip keisti laukiamus rezultatus. Atliekant jautrumo analizę, skaičiuojami rezultatai, pasikeitus pagrindiniams projekto parametrams. Jautrumo analizė leidžia atsakyti į pagrindinius klausimus – ar iniciatyvą verta įgyvendinti, jei pagrindinės prielaidos nepasitvirtintų ir, ar įmanoma sumažinti rizikų įtaką prieš įgyvendinant projektą. Analizės metu identifikuojami kintamieji (lentelė 2.3), nuo kurių priklauso projekto baigtinis rezultatas, ir vertinamas kintamųjų poveikio elastingumas rezultatui. Jautrumo analizė yra atliekama kiekvieną kartą iš naujo, keičiant vieną pagrindinį parametą, priskiriant jam didesnę arba mažesnę vertę. 2.3 lentelėje pateikiami pagrindiniai rodikliai, kuriais remiantis bus atliekama gamintojo vartotojo analizė.

3.2 lentelė Jautrumo analizės kintamieji

Kintamasis
Elektros energijos kaina iš tiekėjo
Mokestis už elektros energijos pasaugojimą
Įrangos kaina
Subsidija

Apžvelgus literatūros šaltinius daroma išvada, jog norint įvertinti energijos efektyvumo didinimo įtaką gaminančiam vartotojui, energijos efektyvumo didinimo priemonę verta nagrinėti mikroekonominiu lygmeniu, monetizuojant gaminančio vartotojo gaunamą naudą. Bendrą naudos vertinimo modelį galima atvaizduoti 3.1 paveikslu. Gaminančio vartotojo vertinimas pradamas nuo ribinių sąlygų apibrėžimo – elektros energijos vartojimo įpročių, t.y. tikslaus suvartojamo elektros energijos kiekio pasirinktu laikotarpiu ir finansinės padėties apibrėžimo. Šios pagrindinės sąlygos padės apibrėžti ir išryškinti skirtingus vartotojų tipus, o vėlesniuose baigiamojo darbo etapuose identifikuoti energijos efektyvumo didinimo įtaką kiekvienam iš vartotojų tipų. Įvertinus vartotojo vartojimo įpročius ir finansinę padėtį bus parenkama atitinkamos galios saulės elektrinė kiekvienam iš jų. Saulės elektrinės galia bus parenkama atsižvelgiant į suvartojamą elektros energijos kiekį, optimaliausiu variantu bus laikomu tas, kuris padengs elektros energijos poreikį atsiskaitomuoju laikotarpiu. Optimaliausio varianto parinkimui naudojama „PVSyst“ simuliacinio programos, padėsianti įvertinti prognozuojamą saulės elektrinės elektros energijos generaciją vienos valandos laiko intervalais. Remiantis simuliacinės programos rezultatais, bus vertinamas svarbiausias elektrinės aspektas – sutaupyta elektros energijos kiekis. Toliau bus skaičiuojami pinigų srautai – diskontuotos išlaidos ir pajamos visam elektrinės gyvavimo ciklui, atsipirkimo laikotarpis, grynoji dabartinė projekto vertė, namų ūkio disponuojamų pajamų absoliutinis pokytis lyginant išlaidas su saulės elektrine ir be jos. Siekiant įvertinti galimas rizikas investuojant į saulės elektrinę, bus atliekama jautrumo analizė, kurioje vertinami įvairūs pagrindinių parametrų pokyčiai galutiniam, laukiamos naudos, rezultatui.



3.1 Pav. Efektyvaus energijos vartojimo didinimo įtakos gaminančiam vartotojui vertinimo algoritmas

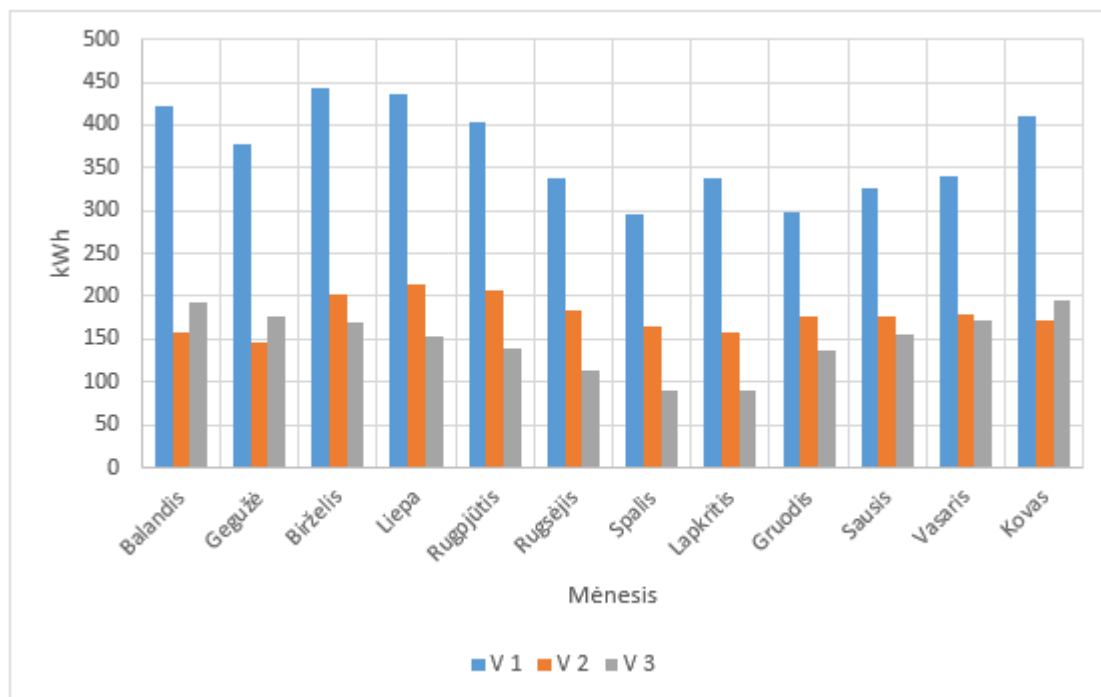
4. Gaminančio vartotojo energijos efektyvumo didinimo išlaidų ir naudos analizė

4.1. Vartotojų profilių sudarymas

Gaminančio vartotojo ekonominei analizei atlikti parenkami trys skirtingi buitiniai vartotojai, kurių elektros energijos vartojimo įpročiai skiriasi. 4.1 lentelėje ir 4.1 paveiksle pateikti tokių vartotojų mėnesinės suvartotos elektros energijos vertės. Duomenys grupuojami gaminantiems vartotojams taikomu atsiskaitomuoju laikotarpiu – nuo balandžio 1d. iki kovo 31d., o suvartotas elektros energijos kiekis įvertinamas pinigine išraiška, taikant standartinį skirstomojo tinklo tarifą – 0.141 €/kWh.

Iš vartotojų elektros suvartojimo grafiko galime teigti, jog šie vartotojai atitinka buitinio vartotojo apibrėžimą, kuris nurodo, jog buitinio vartotojo elektros energijos sąnaudos svyruoja nuo 1 000 kWh iki 5 000 kWh per metus. Šių buitinių vartotojų elektros energijos suvartojimas metų perspektyvoje yra tolygus, nežymiai daugiau yra suvartojama vasaros ir pavasario mėnesiais, lyginant su rudens ar žiemos mėnesiais. Tai indikuoja, jog yra naudojami papildomi vėdinimo ar vandens šildymo agregatai pavasario-vasaros laikotarpiu, kurių veikimas paremtas elektros energijos, o ne kietojo kuro, naudojimu.

Gaminančių vartotojų atsiradimas siejamas ne tik su aplinkosaugos problemomis, bet ir su padidėjusiu elektros energijos poreikiu, kurį patenkinti tampa brangu. Siekiant įvertinti energetinio skurdo riziką, apibrėžiami tokių vartotojų indikaciniai metinių pajamų lygiai, remiantis LR nustatyta darbo užmokesčio politika. 2020 ketvirto ketvirčio duomenimis, vidutinis darbo užmokestis, atskaičius visus mokesčius, siekė 967 € per mėnesį [65]. Minimalus darbo užmokestis 2021 metų duomenimis siekė 642 € neatskaičius mokesčių, arba apytiksliai 400 € atskaičius visus mokesčius [66]. Energetinio skurdo lygis vertinamas pagal indikacines vartotojo pajamas, kurios gali svyruoti tarp minimalaus ir vidutinio lygio ir energetinis skurdas yra vertinamas tik elektros energijos suvartojimo aspektu (4.1 lentelė).



4.1 Pav. Vartotojų metinis elektros energijos suvartojimas

4.1 lentelė Vartotojų mėnesiniai elektros energijos suvartojimai ir išlaidų elektros energijai vertinimas

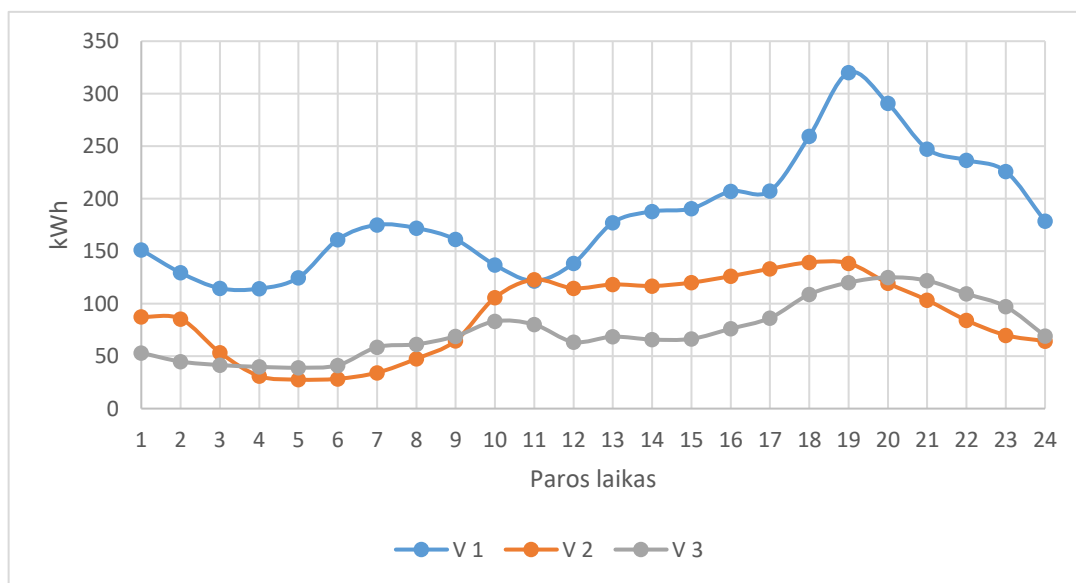
Mėnuo	Vartotojas		
	V 1	V 2	V 3
Balandis	421,0	157,8	193,9
Gegužė	378,6	145,4	177,2
Birželis	444,1	201,3	170,7
Liepa	436,6	214,0	153,3
Rugpjūtis	402,9	207,4	139,4
Rugsėjis	337,0	183,3	113,0
Spalis	294,8	164,7	90,7
Lapkritis	338,3	158,9	91,2
Gruodis	298,7	175,9	137,6
Sausis	325,1	176,5	155,2
Vasaris	340,2	179,2	171,2
Kovas	411,4	171,8	195,7
Bendras metinis suvartojimas, kWh:	4428,8	2136,1	1789,6
Metinės išlaidos, €:	624,38	301,17	252,24
Metinės pajamos pagal VDU, €	11 604		
Metinės pajamos pagal MMA, €	4 800		
Išlaidos energijai pagal VDU, %	5,3	2,5	2,1
Išlaidos energijai pagal MMA, %	13	6,2	5,2

Remiantis gautais indikaciniais rezultatais, galime teigti, jog buitinis vartotojas patiria nežymias išlaidas elektros energijos poreikiams patenkinti, kai išlaidos elektros energijai padengti siekia nuo 2 % iki 13 % visų metinių pajamų. Išlaidos energetiniams poreikiams patenkinti gali kisti dėl pasikeitusių metinių pajamų, asmenų skaičiaus namų ūkyje ir kitų faktorių. Priimame, jog šie vartotojai, siekia sumažinti savo išlaidas elektros energijai įsirengdami saulės elektrinę. Atsižvelgiant į šių vartotojų elektros energijos suvartojimo duomenis, toliau bus parenkama saulės elektrinės atitinkanti jų energetinius poreikius.

4.2. Saulės elektrinės parinkimas vartotojui

Saulės elektrinės parinkimas, atsižvelgiant į būsimo gaminančio vartotojo profilius yra labai svarbus žingsnis, nuo kurio priklauso pačios investicijos į saulės elektrinę atsipirkimo laikotarpis ir disponuojamų pajamų atsiskaitomuoju laikotarpiu pokytis. Siekiant tiksliai įvertinti, kokio galingumo saulės elektrinės vartotojui reikia, yra atsižvelgiama į vartotojo metinį ir atskirai valandinį elektros energijos suvartojimą. Metinis elektros energijos suvartojimas indikuoja, kiek apytiksliai elektros energijos reikia sugeneruoti, jog būtų padengiamas visas elektros energijos poreikis atsiskaitomuoju laikotarpiu. Valandiniai duomenys leidžia įvertinti kada vartotojas naudoja daugiausiai elektros energijos, pagal tai yra pakreipiami saulės elektrinės moduliai rytų-pietų-vakarų kryptimi. Būsimų gaminančių

vartotojų elektros energijos suvartojimas intervalais kas valandą, susumavus visų metų elektros energijos suvartojimą specifinėmis valandomis, atvaizduotas 4.2 paveiksle. Vartotojų energijos apkrovos paros laikotarpiu pasiskirsčiusios taip, kaip ir būdinga buitiniam vartotojui – elektros energijos poreikis yra didesnis ryte ir/arba vakare. Šiais paros laikotarpiais yra priimama, jog vartotojas naudoja elektros energiją dėl tamsaus paros meto ir energijos naudojimo buitiniams poreikiams prieš ar po įprastų darbo valandų. Esant tokiam elektros energijos poreikiui, vartotojas prisideda prie didesnės viso elektros tinklo apkrovos dėl padidėjusio elektros energijos poreikio piko metu, prie ko prisideda kiti, panašiu principu elektros energiją vartojantys vartotojai.



4.2 Pav. Vartotojų valandinis elektros energijos suvartojimas

Vartotojams parenkamos saulės elektrinės atsižvelgiant į jų, vartotojų, valandines apkrovas. Elektrinės įprastai daugiausiai elektros energijos sugeneruoja tarp 10 ir 16 valandos, tačiau suvartojimo padidėjimo vakare padengimui, fotovoltiniai moduliai gali būti pasukti į vakarų pusę. Tiksliesniems rezultatams gauti, naudojama saulės elektrinių modeliavimo programa „PVSyst“. „PVSyst“ modeliavimo programa pasižymi savo paprastumu – mažas pradinių duomenų poreikis, meteorologinių duomenų tikslumas paremtas ilgalaikių stebėjimų duomenimis, apimančiais įvairias pasaulio šalis, tikslūs rezultatai, su galimybe juos apdoroti valandiniais intervalais bei pritaikyti įvairius scenarijus. Atliekant būsimų gaminančių vartotojų ekonominę analizę, priimame jog saulės elektrinės bus įrengtos Lietuvos Respublikos teritorijoje, laikantis visų LR galiojančių teisės aktų ir nuostatų. 4.2 lentelėje pateikiamas „PVSyst“ programos modeliavimo principas – įvesties duomenys ir išvesties rezultatai. Priklausomai nuo pasirinkto modeliavimo principo ir turimų duomenų, galimi skirtingi modeliavimo rezultatai, kurie turi įtakos galutiniam gaminančio vartotojo ekonominiam vertinimui. Supaprastintos simuliacijos pradiniai duomenys yra būtini siekiant gauti pirminius rezultatus.

4.2 lentelė Modeliavimo programos „PVSyst“ modeliavimo algoritmas

	Pradiniai duomenys	Gaunamas rezultatas
Supaprastinta simuliacija	<ul style="list-style-type: none"> Vietovė Modulių pakrypimas ir pasisukimas Meteorologinių duomenų bazė (pasirenkama iš sąrašo) Modulio tipas Keitiklio tipas 	<ul style="list-style-type: none"> Elektros energijos generacija pirmiesiems metams mėnesių, dienų ir/ar valandų intervalais
Papildomi duomenys	<ul style="list-style-type: none"> Numatomi galios nuostoliai dėl pasirinktų laidininkų Šešėliavimą sukeliantys faktoriai – medžiai, aplinkiniai pastatai, kt. Elektrinės viso gyvavimo laikotarpio nustatymas 	<ul style="list-style-type: none"> Elektros energijos generacija pirmiesiems metams mėnesių, dienų ir/ar valandų intervalais atsižvelgiant į papildomas įvestis

Vartotojų elektrinių pradiniai duomenys pateikti 4.3 lentelėje. Remiantis pateiktais duomenimis modeliuojamos elektrinės „PVSyst“ aplinkoje, o gauti elektros energijos generacijos rezultatai valandinėmis reikšmėmis, susisteminami ir pateikiami mėnesiniais intervalais 4.4 lentelėje. Sekančiuose skyriuose bus ekonomiškai nagrinėjami gauti rezultatai ir pritaikomi ekonominiai vertinimo modeliai.

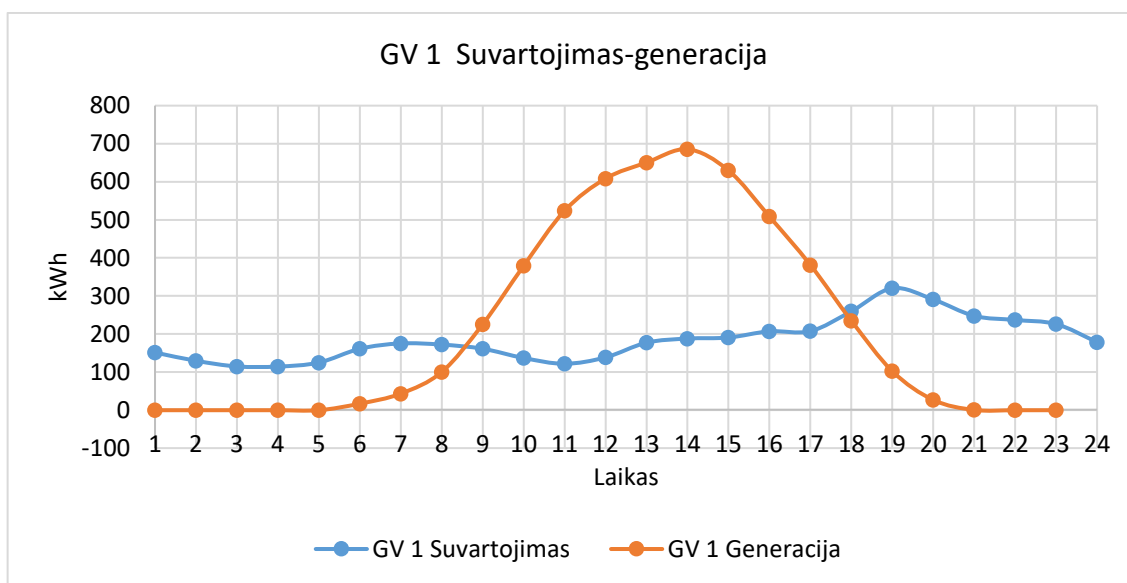
4.3 lentelė Saulės elektrinių pradiniai duomenys

	GV 1	GV 2	GV 3
Elektrinės pasvirimo kampas	30°		
Elektrinės azimutas	-20°	0°	0°
Meteorologinių duomenų duombazė, vietovė	Meteonorm 7.3 (Kaunas)		
Modulių tipas	Longi LR5-72 HPH-540M		
Elektrinės galia (modulių kiekis)	5,4 kWp (10)	2,7 kWp (5)	2,16 kWp (4)
Keitiklio tipas	2x Huawei SUN2000-2KTL	Huawei SUN2000-2KTL	Huawei SUN2000-2KTL
Galios nuostoliai laidininkuose (DC+AC)	3%		
Elektrinės gyvavimo laikotarpis	25 metai		
Modulių degradacijos faktorius	-2%/metai		

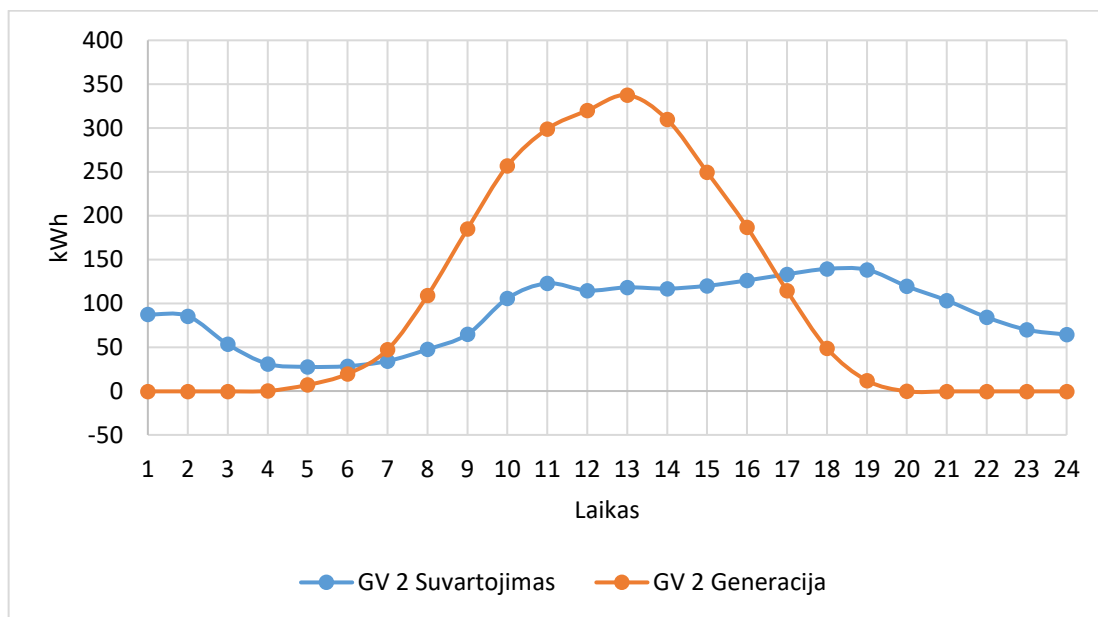
4.4 lentelė Gaminančių vartotojų saulės elektrinių metinė generacija

Gaminantis vartotojas	GV 1	GV 2	GV 3
Mėnuo			
Balandis	98,57	46,58	36,18
Gegužė	159,55	76,67	60,08
Birželis	430,40	210,55	166,67
Liepa	688,29	338,22	268,59
Rugpjūtis	723,82	355,12	281,79
Rugsėjis	726,61	356,19	282,56
Spalis	735,86	360,79	286,25
Lapkritis	615,75	301,44	238,99
Gruodis	499,37	244,39	193,66
Sausis	266,36	129,14	101,72
Vasaris	107,12	50,74	39,42
Kovas	63,09	29,38	22,71
Bendra metinė generacija, kWh:	5114,79	2499,22	1978,62

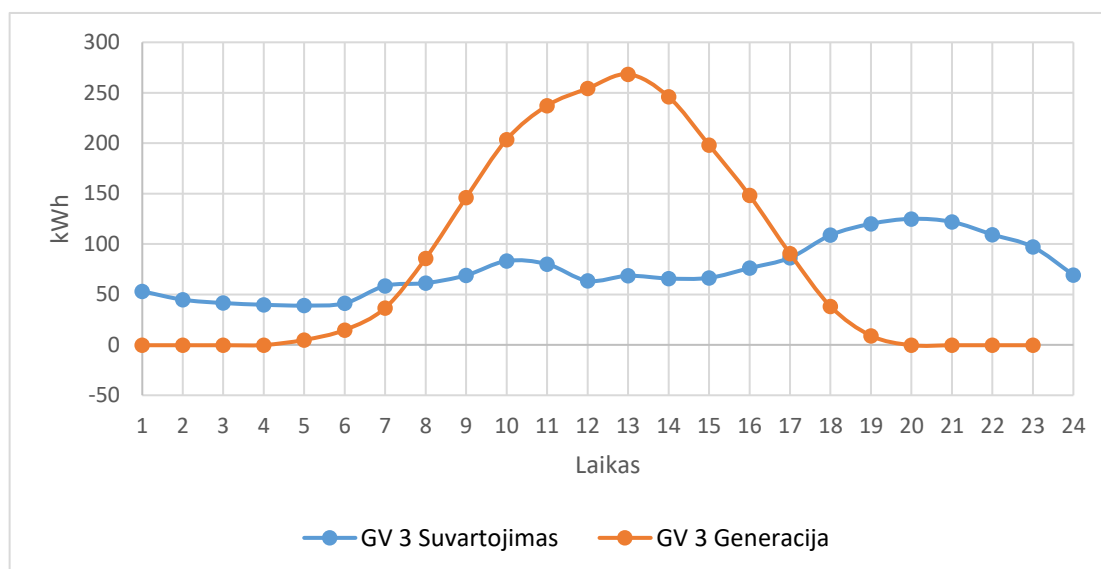
Žemiau pateikiami grafikai (4.3, 4.4, 4.5 pav.) atvaizduojantys elektros energijos generacijos ir suvartojimo persidengimą paros laikotarpyje, atsižvelgiant į metinę generaciją. Trijų gaminančių vartotojų saulės elektrinės daugiausiai elektros energijos sugeneruoja vasaros mėnesiais, šviesiuoju paros metu, kai elektros energijos poreikis yra mažesnis, tačiau dėl patiekto energijos kiekio į tinklą, gaminantys vartotojai turi galimybę naudotis elektros energija tamsiuoju paros laikotarpiu, mokėdami už ją mažiau. Šio privalumo ekonominė nauda turi būti patikrinta mikroekonominiu lygiu, kai yra vertinamas projekto rentabilumas ir jo nešama nauda gaminančiam vartotojui, atsižvelgiant į vyraujančius ekonominius dėsnius ir rinkos tendencijas.



4.3 Pav. GV 1 Elektros energijos generacija ir suvartojimas



4.4 Pav. GV 2 Elektros energijos generacija ir suvartojimas



4.5 Pav. GV 3 Elektros energijos generacija ir suvartojimas

4.3. Gaminančio vartotojo ekonominė analizė

4.3.1. Projektų pagrindinių kriterijų analizė

Pagal ankstesniuose skyriuose pateiktą teoriją ir sudarytus gaminančių vartotojų profilius, gaminančių vartotojų energijos efektyvumą didinanti priemonė bus vertinama mikroekonominiu lygiu – vertinami projekto piniginiai srautai, rentabilumas ir atsipirkimo laikotarpis, atsižvelgiant į įvairius galimus scenarijus. Ekonominiai analizei svarbu apibrėžti pradinis vertinimo kriterijus ir sąlygas, kuriomis projektai bus vertinami ir lyginami. 4.5 lentelėje pateikiami projektų vertinimo kriterijai ir dabar egzistuojančios rinkos sąlygos.

4.5 lentelė Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir sąlygos

	Pagrindiniai kriterijai
Elektros energijos kaina pasirinkus vienos laiko zonos tarifą, €/kWh	0,141
Elektros energijos pasaugojimo kaina, €/kWh	0,05445
Diskonto norma, %	4,063
Elektrinės eksploatavimo laikotarpis	25 metai
Modulių kaina, €/kW	280
Keitiklių kaina, €/vnt.	1100
Subsidija, €/kWp	323
Darbų kaina, €/kWp	145,2

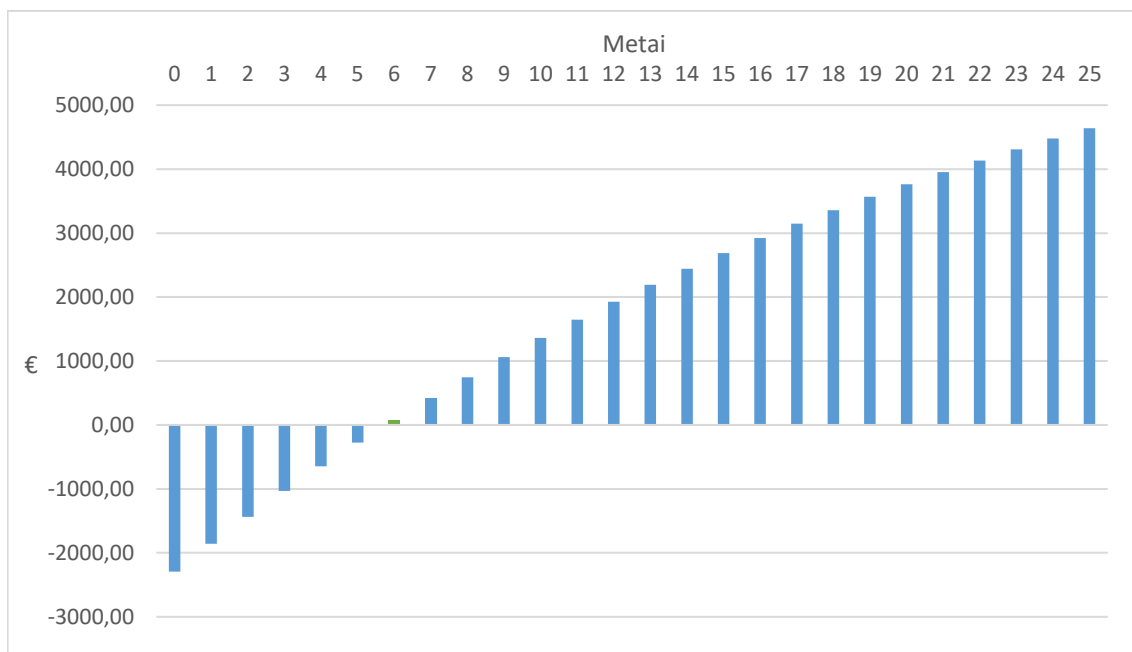
Remiantis aukščiau išdėstytais kriterijais, 4.6 lentelėje pateikiami projektų ekonominio vertinimo rezultatai ir vertinimas, taikant pagrindinius kriterijus tiriamam 25 metų laikotarpiui, laikant, jog pajamos mažėja dėl modulių senėjimo.

4.6 lentelė Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas

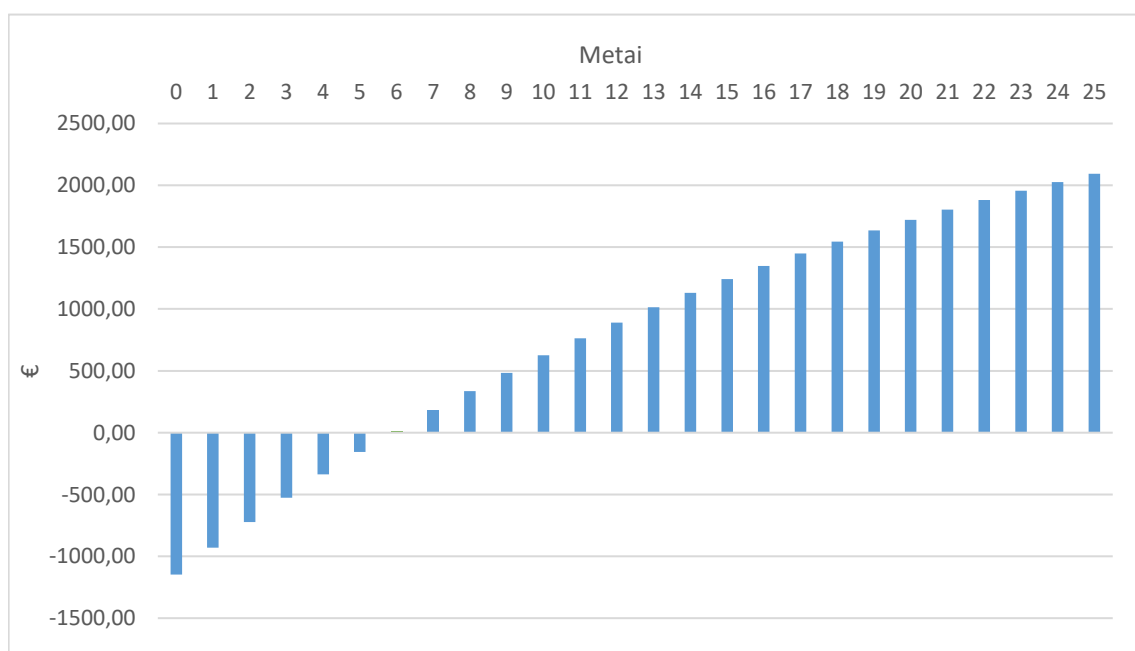
Pagrindiniai kriterijai	GV 1	Vertinimas	GV 2	Vertinimas	GV 3	Vertinimas
Subsidija	+		+		+	
IRR, %	13	Priimtinas	13	Priimtinas	8	Priimtinas
PB, metai	6	Priimtinas	6	Priimtinas	7	Priimtinas
DPB, metai	6	Priimtinas	6	Priimtinas	8	Priimtinas
PVC, €	2 751		1 375		1 320	
PVB, €	7 389		3 468		2 915	
PV	4 637	Priimtinas	2 092	Priimtinas	1 594	Priimtinas
B/C	2,69	Priimtinas	2,33	Priimtinas	2,21	Priimtinas
DPK, €	4 637	Priimtinas	2 092	Priimtinas	1 594	Priimtinas
LCOE, €/kWh	0,07	Priimtinas	0,07	Priimtinas	0,08	Priimtinas
Sumažėjęs išmetamas CO ₂ kiekis, kg/metai	407,01		231,99		143,65	

Iš pateiktų rezultatų 4.6 lentelėje matoma, jog visų gaminančių vartotojų projektai yra rentabilūs. Visi gaminantys vartotojai patiria teigiamą disponuojamų pajamų pokytį, kiekvienas iš projektų atneša teigiamą viršpelnį viso eksploatavimo metu. Didžiausias disponuojamų pajamų pokytis gaunamas GV 1 projekte dėl didžiausio taupymo potencialo, kuris išryškėja vartotojui per metus suvartojant daugiau elektros energijos ir kai didžioji dalis elektros energijos poreikio yra padengiama energija iš saulės elektrinės. Visi trys projektai, atsižvelgiant į sąlygą, jog yra subsidijuojami, atsiperka greičiau nei per 10 metų, tam didelę įtaką daro subsidijos dydis, kuris padengia 30% visų patiriamų įsirengimo išlaidų. Gaminančių vartotojų pajamų ir išlaidų santykis yra atitinkamai 2,69, 2,33 ir 2,21. Tai indikuoja, jog vartotojai gauna atgauna beveik du kartus daugiau pajamų, negu patiria išlaidų. LCOE kiekvienam iš vartotojų yra žemesnis už taikomą elektros energijos tarifo dydį, todėl

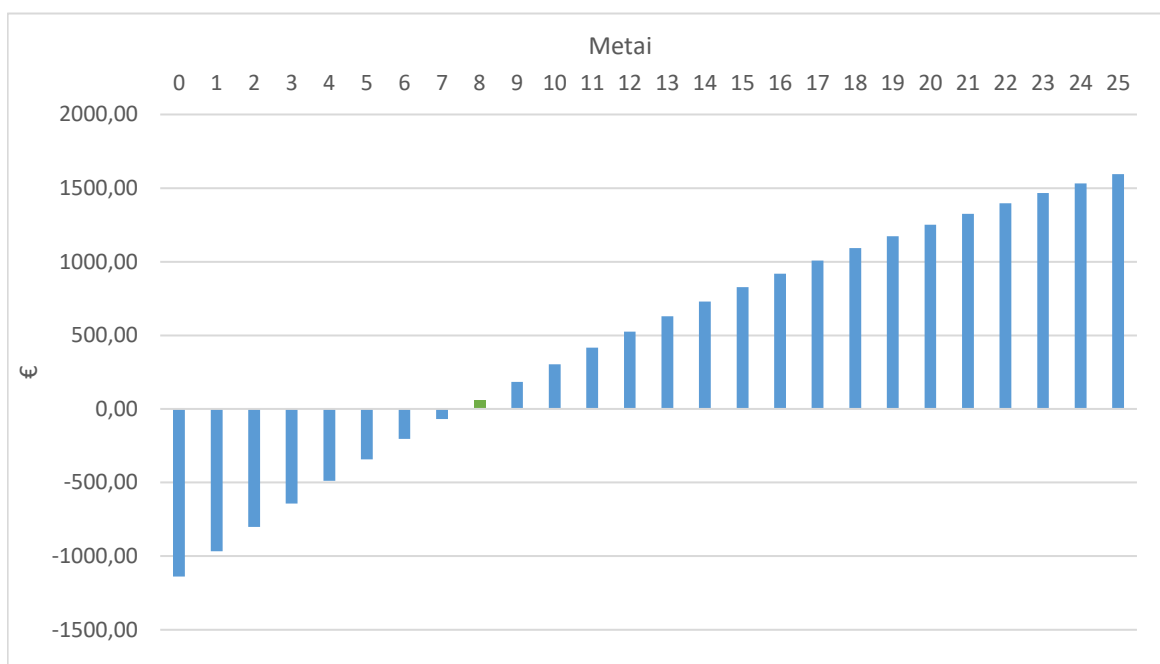
daroma išvada, jog tokiu būdu pagaminta elektros energijos yra pigesnė. Nustatytos vidinės gražos normos indikuoja prie kokios diskonto normos projektai neatneštų viršpelnio visu eksploataavimo laikotarpiu. Gaminantys vartotojai įsirengę saulės elektrines ne tik kad patiria teigiamą disponuojamų pajamų pokytį, tačiau ir teigiamai veikia aplinką: kiekvienas iš vartotojų per metus sumažina į aplinką išmetamo CO₂ kiekį atitinkamai 407, 232 ir 143 kilogramais. Žemiau pateikiami diskontuoti projektų balansai, atspindintys grynuosius pinigų srautus kiekvienais investicinio projekto metais (4.6, 4.7, 4.8 pav).



4.6 Pav. GV 1 Projekto balansas



4.7 Pav. GV 2 Projekto balansas



4.8 Pav. GV 3 Projekto balansas

4.7 lentelė Išlaidų energetiniams poreikiams patenkinti rezultatai

Mėnuo	Vartotojas		GV 2	V 2	GV 3	V 3
	GV 1	V 1				
Balandis	421,0		421,0		36,18	
Gegužė	378,6		378,6		60,08	
Birželis	444,1		444,1		166,67	
Liepa	436,6		436,6		268,59	
Rugpjūtis	402,9		402,9		281,79	
Rugsėjis	337,0		337,0		282,56	
Spalis	294,8		294,8		286,25	
Lapkritis	338,3		338,3		238,99	
Gruodis	298,7		298,7		193,66	
Sausis	325,1		325,1		101,72	
Vasaris	340,2		340,2		39,42	
Kovas	411,4		411,4		22,71	
Bendras metinis suvartojimas, kWh:	3 052	4428,8	1 351	2136,1	1 303	1789,6
Sutaupyta elektros energijos kiekis, kWh:	1 375		784		485	
Metinės išlaidos, €:	165,81	624,38	73,6	301,17	71	252,24
Metinės pajamos pagal VDU, €	11 604					
Metinės pajamos pagal MMA, €	4 800					
Išlaidos energijai pagal VDU, %	1,4	5,3	0,6	2,5	0,6	2,1
Išlaidos energijai pagal MMA, %	3,4	13	1,5	6,2	1,5	5,2

4.7 lentelėje pateikiami rezultatai susiję su išlaidomis energijos poreikiams patenkinti įsidedus saulės elektrinę. Vartotojai įsidedę saulės elektrinę turi galimybę beveik trigubai sumažinti patiriamas metines išlaidas elektros energijos poreikiams patenkinti. Atsižvelgiant į varijuojantį darbo užmokestį, gaminančių vartotojų išlaidos elektros energijai mažėja atitinkamu santykiu ir sudaro nuo 0,7% iki 6,2% visų metinių pajamų. Gaminančių vartotojų elektros energijos bendras metinis suvartojimas sumažėja atitinkamai 31 %, 36 % ir 27 %, nes dalis elektros energijos poreikio yra padengiama energija iš saulės elektrinės. Daroma išvada, jog vartotojai įsirengę saulės elektrinę patiriamas išlaidas dėl elektros energijos poreikių sumažina iki minimumo, ilguoju laikotarpiu didina namų ūkio disponuojamų pajamų kiekį bei sumažina elektros energijos poreikį iš tinklo.

4.3.2. Projektų jautrumo analizė

Vertinant technologinius projektus ekonominiu aspektu, svarbu atsižvelgti ir įvertinti ateities rizikas ir rinkos tendencijas, kurios nuolatos keičiasi, o jų pokytis gali keisti galutinį rezultatą. Jautrumo analizė atliekama keičiant kiekvieną iš kriterijų ir atliekant ekonominius skaičiavimus iš naujo. Pagrindiniai kriterijai, kurie turi didžiausią tikimybę kisti – elektros energijos kaina, elektros energijos pasaugojimo kaina, technologijos pigumas. 4.8 lentelėje pateikiami elektros energijos tarifai 2016 – 2021 metų laikotarpiu, 4.9 lentelėje – kainos už patiektą į tinklą ir vėliau atgautą elektros energijos kilovatvalandę. Elektros energijos kaina priklauso nuo įvairių faktorių – elektros energijos įsigijimo kainos, perdavimo ir skirstymo išlaidų, viešuosius interesus atitinkančių paslaugų išlaidos ir kitų dedamųjų. Mokestis už atgautą kilovatvalandę nustatomas panašiu principu, kaip ir elektros energijos kaina, tačiau į mokestį neįeina viešuosius interesus atitinkančios išlaidos bei elektros įsigijimo kaina. Analizei atlikti, priimame, kad elektros energijos tarifas tiriamajam laikotarpiui padidės 10 %, vertinant, jog į elektros kainą įeinančios paslaugos brangs. Priimame, jog mokestis už atgautą elektros energijos vienetą mažės 20 %, siekiant paskatinti vartotojų tapimą gaminančiais vartotojais ir vertinant, jog skirstomasis tinklas patiria naudą iš patiektos, bet nesusigrąžintos elektros energijos kiekio.

4.8 lentelė Elektros energijos tarifas 2016 – 2021 m. laikotarpiu [67]

Metai	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Elektros energijos kaina su PVM, €/kWh	0,127	0,114	0,113	0,13	0,137	0,141

4.9 lentelė Atsiskaitymas už atgautą energijos kiekį 2018 – 2021 m. laikotarpiu [29]

Metai	2018	2019	2020	2021
Kaina už patiektos į tinklą ir vėliau atgautos elektros energijos kilovatvalandę (kWh) su PVM, €/kWh	0,0387	0,0425	0,05203	0,05445

4.10 lentelėje pateikiami kriterijų pokyčiai, naudojami skaičiavimams atlikti, gauti rezultatai susisteminti kiekvienam iš vartotojų ir pateikiami 4.11, 4.12 ir 4.13 lentelėse. Projektų balansai kiekvienam jautrumo analizės atvejui pateikiami 1, 2 ir 3 prieduose.

Atlikus jautrumo analizę daroma išvada, jog ateityje galimai besikeisiantys rodikliai darys teigiamą įtaką projektų rentabilumui ir padidins gaminančių vartotojų gaunamą naudą lyginant su baziniais variantais. Didžiausią įtaką gaunami naudai darys elektros energijos rinkos kainos didėjimas ir įrangos kainos mažėjimas. Visų vertinamų gaminančių vartotojų projektų atsipirkimo laikotarpis

sutrumpėtų nežymiai vienais ar dvejais metais. Namų ūkio disponuojamų pajamų kiekis papildomai padidėtų nuo 11 % iki 20 %, priklausomai nuo besikeičiančio rodiklio.

4.10 lentelė Projektų jautrumo analizės vertinimo kriterijai ir sąlygos

	Jautrumo analizės kriterijai
Elektros energijos kaina pasirinkus vienos laiko zonos tarifą, €/kWh	0,1551 (+10%)
Elektros energijos pasaugojimo kaina, €/kWh	0,04356 (-20%)
Diskonto norma, %	4,063
Elektrinės eksploatavimo laikotarpis	25 metai
Modulių kaina, €/kW	200 (-28,6%)
Keitiklių kaina, €/vnt	1000 (-10%)
Subsidija, €/kWp	323
Darbų kaina, €/kWp	145,2

4.11 lentelė GV 1 Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas po jautrumo analizės

Pagrindiniai kriterijai	GV 1		GV 1	Vertinimas	GV 1	Vertinimas	GV 1	Vertinimas
	Įprastos sąlygos		Didesnė elektros energijos kaina		Mažesnis pasaugojimo mokestis		Technologijos pigimas	
Subsidija	+		+		+		+	
IRR, %	13	Priimtinas	17	Priimtinas	15	Priimtinas	22	Priimtinas
PB, metai	6	Priimtinas	5	Priimtinas	5	Priimtinas	4	Priimtinas
DPB, metai	6	Priimtinas	5	Priimtinas	6	Priimtinas	5	Priimtinas
PVC, €	2 751		2 751		2 751		2 119	
PVB, €	7 389		8 428		7 974		7 389	
PV	4 637	Priimtinas	5 676	Priimtinas	5 222	Priimtinas	5 269	Priimtinas
B/C	2,69	Priimtinas	3,06	Priimtinas	2,9	Priimtinas	3,49	Priimtinas
DPK, €	4 637	Priimtinas	5 676	Priimtinas	5 222	Priimtinas	5 269	Priimtinas
LCOE, €/kWh	0,07	Priimtinas	0,07	Priimtinas	0,06	Priimtinas	0,06	Priimtinas

4.12 lentelė GV 2 Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas po jautrumo analizės

Pagrindiniai kriterijai	GV 2		GV 2	Vertinimas	GV 2	Vertinimas	GV 2	Vertinimas
	Iprastos sąlygos		Didesnė elektros energijos kaina		Mažesnis pasaugojimo mokestis		Technologijos pigimas	
Subsidija	+		+		+		+	
IRR, %	13	Priimtinas	16	Priimtinas	15	Priimtinas	21	Priimtinas
PB, metai	6	Priimtinas	5	Priimtinas	5	Priimtinas	4	Priimtinas
DPB, metai	6	Priimtinas	5	Priimtinas	6	Priimtinas	5	Priimtinas
PVC, €	1 375		1 375		1 375		1 059	
PVB, €	3 468		3 971		3 805		3 468	
PV	2 092	Priimtinas	2 595	Priimtinas	2 429	Priimtinas	2 408	Priimtinas
B/C	2,33	Priimtinas	2,89	Priimtinas	2,77	Priimtinas	3,27	Priimtinas
DPK, €	2 092	Priimtinas	2 595	Priimtinas	2 429	Priimtinas	2 408	Priimtinas
LCOE, €/kWh	0,07	Priimtinas	0,07	Priimtinas	0,06	Priimtinas	0,06	Priimtinas

4.13 lentelė GV 3 Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas po jautrumo analizės

Pagrindiniai kriterijai	GV 3		GV 3	Vertinimas	GV 3	Vertinimas	GV 3	Vertinimas
	Iprastos sąlygos		Didesnė elektros energijos kaina		Mažesnis pasaugojimo mokestis		Technologijos pigimas	
Subsidija	+		+		+		+	
IRR, %	8	Priimtinas	12	Priimtinas	10	Priimtinas	14	Priimtinas
PB, metai	7	Priimtinas	6	Priimtinas	7	Priimtinas	5	Priimtinas
DPB, metai	8	Priimtinas	7	Priimtinas	8	Priimtinas	6	Priimtinas
PVC, €	1 320		1 320		1 320		1 047	
PVB, €	2 915		3 336		3 186		2 915	
PV	1 594	Priimtinas	2 016	Priimtinas	1 865	Priimtinas	1 867	Priimtinas
B/C	2,21	Priimtinas	2,53	Priimtinas	2,41	Priimtinas	2,78	Priimtinas
DPK, €	1 594	Priimtinas	2 016	Priimtinas	1 865	Priimtinas	1 867	Priimtinas
LCOE, €/kWh	0,08	Priimtinas	0,08	Priimtinas	0,07	Priimtinas	0,07	Priimtinas

4.4. Gaminančio vartotojo atsiskaitymo sistemos tobulinimas

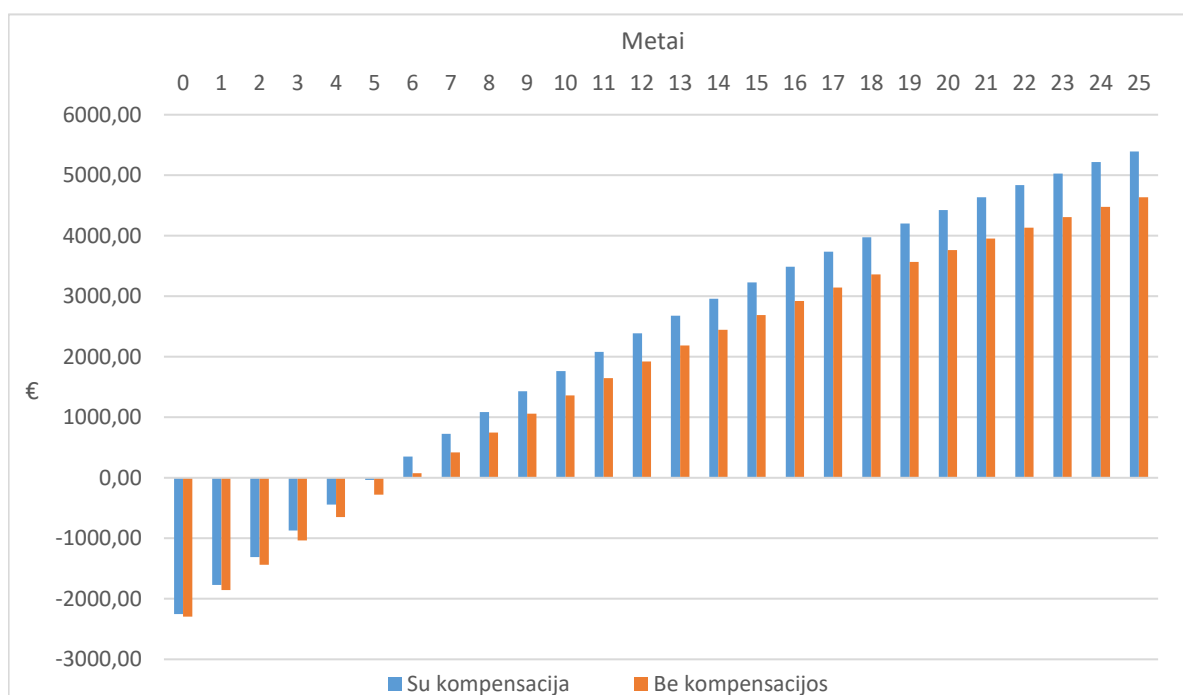
Remiantis atlikta analize, galime teigti, jog energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtaka gaminančiam vartotojui yra teigiama. Gaminantis vartotojas įsirengęs energijos vartojimo efektyvumą didinančią priemonę gauna akivaizdžią naudą – teigiamai besikeičiantį disponuojamų pajamų kiekį, kuris leidžia sumažinti namų ūkio išlaidas energetiniams poreikiams patenkinti. Tačiau toks atsiskaitymo būdas, leidžiantis gaminančiam vartotojui sutaupyti, nėra visapusiškai patrauklus, dėl sąlyginai didelių pradinių įrengimo išlaidų, bei prarandamos perteklinės elektros energijos iš saulės elektrinės, kuri yra nekompensuojama jei nesusigražinama, apskaitinių metų gale. Įžvelgiama, jog elektros energija sugeneruota iš saulės elektrinės turėtų priklausyti vartotojui kaip jo nuosavybė, kurios pagalba yra balansuojama tinklo apkrova. Daroma išvada, jog dėl šio trūkumo, gaminančių vartotojų skaičius didėja lėčiau, negu yra tikimasi [32, 41, 42]. Siekiant įvertinti sistemos tobulinimo potencialą iš gaminančio vartotojo perspektyvos, atliekama ekonominė projektų analizė, su sąlyga, jog gaminančiam vartotojui yra mokama kompensacija už neišnaudotą patiektą elektros energiją apskaitinių metų gale. 4.14 lentelėje pateikiami vertinimo kriterijai ir sąlygos, kuriomis bus remiamasi atliekant tolimesnius skaičiavimus. Priimame, jog kompensacijos dydis už kilovatvalandę yra lygus pasaugojimo mokesčio dydžiui. Šį dydį laikome racionaliū, kadangi didesnė kompensacija gali įtakoti gaminančių vartotojų ketinimus tiekti energiją į elektros tinklą įsirengus elektrinę ant nenaudojamų pastatų, siekiant iš to užsidirbti. 4.15 lentelėje pateikiami pagrindiniai projekto vertinimo rezultatai ir projektų piniginiai balansai (4.9, 4.10, 4.11 pav.).

4.14 lentelė Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir sąlygos su kompensacija

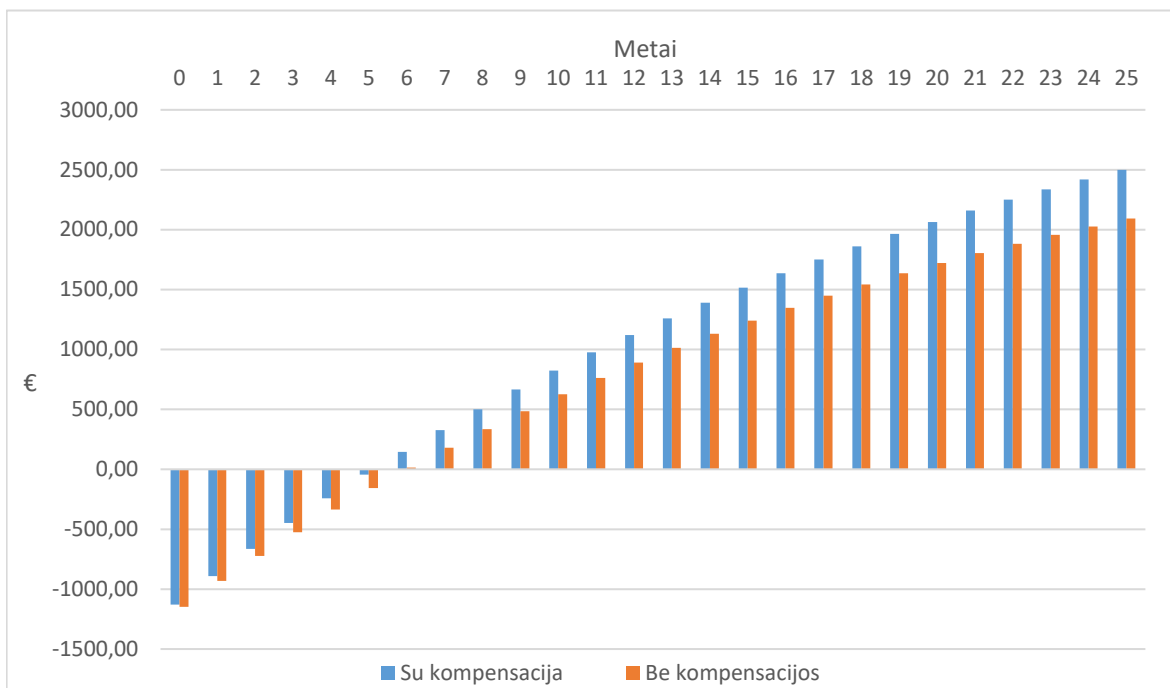
	Pagrindiniai kriterijai
Elektros energijos kaina pasirinkus vienos laiko zonos tarifą, €/kWh	0,141
Elektros energijos pasaugojimo kaina, €/kWh	0,05445
Kompensacija už nepanaudotą elektros energiją metų gale, €/kWh	0,05445
Diskonto norma, %	4,063
Elektrinės eksploataavimo laikotarpis	25 metai
Modulių kaina, €/kW	280
Keitiklių kaina, €/vnt	1100
Subsidija, €/kWp	323
Darbų kaina, €/kWp	145,2

4.15 lentelė Projektų pagrindiniai vertinimo kriterijai ir vertinimas su kompensacija

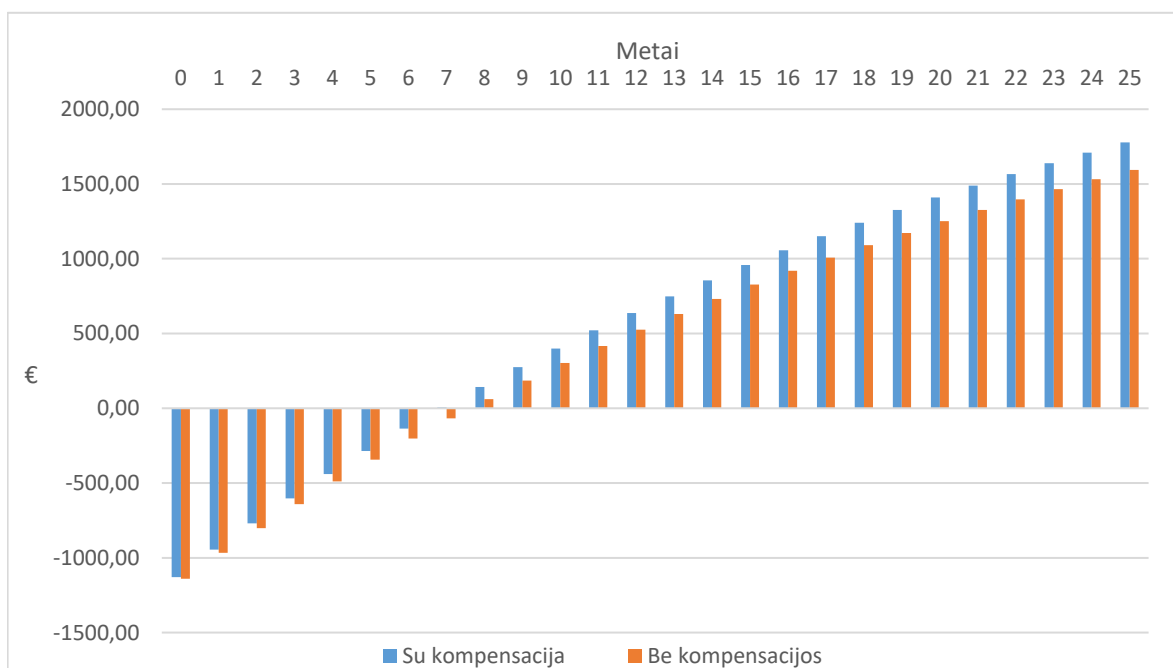
Pagrindiniai kriterijai	GV 1	Vertinimas	GV 2	Vertinimas	GV 3	Vertinimas
Subsidija	+		+		+	
Nesusigražintas el. energijos kiekis, kWh/metai	787		364		189	
IRR, %	16	Priimtinas	15	Priimtinas	10	Priimtinas
PB, metai	5	Priimtinas	5	Priimtinas	6	Priimtinas
DPB, metai	6	Priimtinas	6	Priimtinas	7	Priimtinas
PVC, €	2 751		1 375		1 320	
PVB, €	8 146		3 874		3 097	
PV	5 394	Priimtinas	2 498	Priimtinas	1 777	Priimtinas
B/C	2,96	Priimtinas	2,82	Priimtinas	2,35	Priimtinas
DPK, €	5 394	Priimtinas	2 498	Priimtinas	1 777	Priimtinas
LCOE, €/kWh	0,06	Priimtinas	0,06	Priimtinas	0,07	Priimtinas



4.9 Pav. GV 1 Projekto balansas su kompensacija ir be kompensacijos



4.10 Pav. GV 2 Projekto balansas su kompensacija ir be kompensacijos



4.11 Pav. GV 3 Projekto balansas su kompensacija ir be kompensacijos

Pagal pateiktus projektų balansų grafikus, daroma išvada, jog patobulinus atsiskaitymo sistemą tarp tinklo operatoriaus ir gaminančio vartotojo išmokant kompensaciją už nesusigražintą elektros energiją, projektų atsipirkimo laikotarpis sutrumpėtų vieneriais metais, o disponuojamų pajamų kiekis padidėtų nuo 5 iki 15%, priklausomai nuo nesusigražinto elektros energijos kiekio.

Išvados

1. Atlikus energijos vartojimo efektyvumą apibūdinančių rodiklių analizę nustatyta, kad energijos intensyvumas pasaulyje sumažėjo 3% per pastaruosius 10 metų, tačiau ne taip greitai, kaip galėtų, kad būtų įgyvendinti pasauliniai klimato kaitos mažinimo įsipareigojimai. Siekiant gerinti energijos vartojimo efektyvumo rodiklius būtina edukuoti energijos vartotojus ir sukurti palankias sąlygas, skatinančias įgyvendinti energijos vartojimo efektyvumo didinimo tikslus. Pagrindiniais, efektyvų energijos vartojimą skatinančiais faktoriais laikomi atsinaujinančių išteklių diegimas bei vartotojų tapimas gaminančiais vartotojais.
2. Atlikus energijos vartojimo efektyvumo didinimo naudų analizę, suklasifikuotos gaunamos naudos iš energijos efektyvumo didinimo, kurios aprėpia visus lygmenis – individualų, pramonės sektorių, nacionalinį ir globalinį. Gaminančiam vartotojui išskirtos socialinės (sveikatos, pragyvenimo lygio didinimo) ir ekonominės (finansai) naudos. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo įtakos gaminančiam vartotojui vertinimui pasirinktas ekonominis aspektas, todėl sudarytas vertinimo algoritmas remiantis projektų ekonominiais vertinimo rodikliais, monetizuojančiais gaunamą naudą.
3. Sudaryti gaminančių vartotojų profiliai atsižvelgiant į vartotojų elektros energijos suvartojimo duomenis ir namų ūkio finansinę padėtį. Vartotojų elektros energijos suvartojimas svyruoja nuo 1 000 kWh iki 5 000 kWh per metus, metų bėgyje suvartojimas yra tolygus, nežymiai daugiau elektros energijos yra suvartojama pavasario – vasaros mėnesiais. Vartotojų išlaidos elektros energijos poreikiams padengti sudaro nuo 2,1 % iki 13 % visų gaunamų pajamų, atsižvelgiant į minimalias ir vidutines namų ūkio pajamas. Remiantis sudarytais profiliais, kiekvienam gaminančiam vartotojui naudojant simuliacinę programą „PVSyst“ parinktos saulės elektrinės, padengiančios jų metinį elektros energijos suvartojimą.
4. Atlikus gaminančių vartotojų išlaidų ir naudų analizę nustatyta, kad visų gaminančių vartotojų projektai yra ekonomiškai priimtini. Atlikta analizė parodė, kad pirmojo ir antrojo gaminančio vartotojo projektas atsiperka per 6 metus, trečiojo – per 8 metus. Greitesnį atsipirkimo laikotarpį lemia saulės elektrinės konfigūracija, kai didžioji dalis suvartojamo elektros energijos kiekio padengiama saulės elektrinės pagaminta energija, o likęs kiekis padengiamas iš tinklo susigrąžinta energija. Tokiu būdu gaminantys vartotojai sunaudoja atitinkamai 31 %, 36 % ir 27 % mažiau elektros energijos iš tinklo. Nustatyti projektų išlaidų ir naudų santykiai kiekvienam vartotojui atitinkamai 2,69, 2,33 ir 2,21 rodo, kad visais atvejais ekonominiai ištekliai naudojami efektyviai. Projektų grynoji dabartinė vertė (atitinkamai 4 637 €, 2 092 € ir 1 594 €) indikuoja, kad projektai eksploataavimo laikotarpiu užtikrina viršpelnį, kuris sąlygoja teigiamą disponuojamų pajamų pokytį.
5. Atlikus jautrumo analizę nustatyta, kad ateityje besikeisianti elektros energijos kaina, pasaulinio mokesčio ar technologijos pigumas gali padidinti patiriamą naudą – sutrumpinti projektų atsipirkimo laiką 1 – 2 metais, bei užtikrinti didesnę projektų viršpelnį. Vertinant projektų pajamų ir išlaidų santykius nustatyta, kad projektų atsipirkimo laikotarpis sutrumpėtų vienais metais, o disponuojamų pajamų kiekis padidėtų 5 – 15% ateityje pasikeitus atsiskaitymo būdai, jei būtų išmokama kompensacija už nepanaudotą patiektą elektros energijos kiekį kiekvienais metais.

Literatūros sąrašas

1. USENOBONG F. A., GODWIN E. A. The Contribution of Energy Consumption to Climate Change: A Feasible Policy Direction. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2012 Volume 2 (1), pp. 21-33 [žiūrėta 2020-05-31]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/profile/Usenobong_Akpan/publication/227411028_The_Contribution_of_Energy_Consumption_to_Climate_ChangeA_Feasible_Policy_Direction/links/54d47fa60cf2970e4e63498b/The-Contribution-of-Energy-Consumption-to-Climate-ChangeA-Feasible-Policy-Direction.pdf
2. GIRARDET H., MENDONCA M. A renewable world: energy, ecology, equality. (2009) Green Books ltd: World future council, U.K. ISBN: 9781900322492
3. HE X., CHIU YH., CHANG TH., LIN TY., WANG Z., The Energy Efficiency and the Impact of Air Pollution on Health in China. *Healthcare*. 2020 Volume 8(1):29 [žiūrėta 2020-05-31]. Prieiga per internetą: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7151220/>
4. KIM J.S., CHEN Z., ALDERETE T.L., et al. Associations of air pollution, obesity and cardiometabolic health in young adults: The Meta-AIR study. *Environment International*. 2019 Volume 133, pp. 1-10 [žiūrėta 2020-06-01]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041201932015X>
5. WU J., LV L., SUN J., JI X. A comprehensive analysis of China's regional energy saving and emission reduction efficiency: From production and treatment perspectives. *Energy Policy*. 2015 Volume 84, pp. 166-176. [žiūrėta 2020-06-01]. Prieiga per internetą: <https://ideas.repec.org/a/eee/enepol/v84y2015icp166-176.html>
6. HOQUE M.E., RASHID F., et al. Analysis of Energy Consumption and Efficiency to Reduce Power Lossed in Industrial Equipment. *International Conference on Mechanical Engineering*. 2017. Pp. 1-8. [žiūrėta 2020-06-02]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/322131690_Analysis_of_Energy_Consumption_and_Efficiency_to_Reduce_Power_Losses_in_Industrial_Equipment
7. Tarptautinė Energetikos Agentūra (IEA). Energijos efektyvumo statistika 2019. (2019). pp. 1-110 [žiūrėta 2020-06-02]. Prieiga per internetą: <https://webstore.iea.org/download/direct/2891>
8. Metinė klimato ataskaita 2010-2019 metais. [Žiūrėta 2020-06-02]. Prieiga per internetą: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201813>
9. EUROPOS BENDRIJŲ KOMISIJA. Efektyvaus energijos vartojimo veiksmų planas: išnaudoti potencialą. (2016). [žiūrėta 2020-06-02] Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0545&from=DE>
10. EUROPOS KOMISIJA. Europos Parlamento ir Tarybos Reglamentas. COM/2020/80 „Pasiūlymas EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS REGLAMENTAS kuriuo nustatoma poveikio klimatui neutralizavimo sistema ir iš dalies keičiamas Reglamentas (ES) 2018/1999 (Europos klimato teisės aktas). 2020. [žiūrėta 2020-06-03]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?qid=1588581905912&uri=CELEX:52020PC0080>
11. EUROPOS PARLAMENTAS IR EURPOS SAJUNGOS TARYBA. Direktyva 2018/2018, „dėl energijos vartojimo efektyvumo“. 2018. [žiūrėta 2020-06-03]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2002&from=EN>

12. CARSON J., EU Halogen Light Bulb Ban: everything you need to know. [žiūrėta 2020-06-03]. Prieiga per internetą: <https://www.which.co.uk/news/2018/08/eu-halogen-light-bulb-ban-everything-you-need-to-know/>
13. SVINKŪNAS G., NAVICKAS A. (2013), Elektros Energetikos pagrindai, mokomoji knyga. Leidykla „Technologija“. ISBN 978-609-02-1001-7
14. VISHWANATH. ,P., VIJAY P., DURGA, S. „Impact of voltage variation on electrical and electronic loads and their power consumption“ International Journal of Science, Engineering and Technology Research. Volume 4, Issue 2 (2015). Žiūrėta [2020-06-03]. Prieiga per internetą“ <http://ijsetr.org/wp-content/uploads/2015/02/IJSETR-VOL-4-ISSUE-2-359-361.pdf>
15. EUROPOS PARLAMENTAS IR TARYBA. Direktyva 2018/2001, „dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją“. 2018. [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>
16. Tarptautinė atsinaujinančių energijos išteklių agentūra (The International Renewable Energy Agency – IRENA), Atsinaujinančių energijos išteklių įrengtos galios statistika. (2009-2019). 2020. [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: <https://www.irena.org/publications/2019/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2019>
17. Energetikos Informacijos Administracija (U.S. Energy Information Administration – EIA). Elektros įrengtos galios statistika (2009-2018). [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=19-IEO2019®ion=0-0&cases=Reference&f=A>
18. GOLLESSI S., VALERIO G., Hydropower and Environment. Informacinė brošiūra. [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/sherpa_report_on_environmental_integration.pdf
19. QUASCHNING, Volker. Renewable energy and climate change. 2019 [žiūrėta 2020-05-31]. ISBN: 9781119514879. Prieiga per internetą: https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=KwKGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=Renewable+energy&ots=17KfKaTWL-&sig=17WfgpezHXPK2b5gZ9b0AWQEFog&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
20. CHETAN SIGHN, Solanki. SOLAR PHOTOVOLTAICS: Fundamentals, Technologies and Applications, 3rd Edition [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2020-06-04]. ISBN: 9788120351110. Prieiga per internetą: https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=y1W2CAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=solar+photovoltaics+%22technologies+and+applications%22&ots=DdYJIWPOme&sig=JFXu8TCRGmDvL5h5-5Fzaz6rvPk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
21. RANI A., SHARMA, G. A Review on Grid-Connected PV System. International Journal of Trend in Scientific Research and Development. 2017 Volume 1 (4), pp. 558-563 [žiūrėta 2020-06-04] ISSN: 2456-6470. Prieiga per internetą: <http://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd2195.pdf>
22. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Dėl Nacionalinės Energetinės Nepriklausomybės Strategijos Patvirtinimo: 2018 birželio 21d. Nr XIII-1288. [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: http://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija_2018_LT.pdf
23. Valstybinė Energetikos Reguliavimo Taryba. Gaminančių vartotojų statistika Lietuvoje (2018-2020). 2020. [žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą:

- <https://www.vert.lt/Puslapiai/naujienos/2020-metai/2020-balandis/2020-04-24/vert-auga-elektros-energija-gaminanciu-vartotoju-skaicius.aspx>
24. Lietuvos ūkio sektorių finansavimo po 2020 m. vertinimas: Energetika. (2019). [Žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: [http://lrv.lt/uploads/main/documents/files/Energetika\(1\).pdf](http://lrv.lt/uploads/main/documents/files/Energetika(1).pdf)
 25. Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymo pakeitimas Nr. XIII-2201. [Žiūrėta 2020-06-04]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legislationAct/lt/TAD/825f2bf28d0c11e98a8298567570d639>
 26. Nutolusios elektrinės. Ignitis „Saulės Parkai“. [žiūrėta 2020-06-14] Prieiga per internetą: <https://www.saulesparkai.lt/>
 27. Aplinkos projektų valdymo agentūra (APVA) internetinė svetainė. Atsinaujinančių energijos išteklių subsidijavimas. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: <https://www.apva.lt/saules-energijos-technologiju-silumos-siurbliu-ir-silumos-saugyklu-panaudojimo-centralizuotais-tinklais-tiekiamos-silumos-energijai-gaminti-skatinimas-pakeiciant-iskastinio-kuro-naudojima/>
 28. Europos šalių paramų schemos, AEI klausimų duomenų bazė. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/>
 29. Valstybinės Kainų ir Energetikos Kontrolės Komisijos (VKEKK) nustatytos kainos už pasinaudojimą elektros tinklų paslaugomis. [žiūrėta 2021-05-01]. Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/elektros-energija-gaminanciu-vartotoju-naudojimosi-elektros-tinklais-paslaugu-kainos.aspx>
 30. PARAG Y. Beyond Energy Efficiency: A „Prosumer markets“ as an integrated platform for consumer engagement with the energy system. Conference: ECE
 31. E 2015 Summer Study on Energy Efficiency. 2015. [žiūrėta 2020-06-01]. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/277551805>
 32. MOLINA M., The Best Value for America’s Energy Dollar: A National Review of the Cost of Utility Energy Efficiency Programs. American Council for an Energy- Efficient Economy (2014). Report Number U1402. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: <https://www.aceee.org/research-report/u1402>
 33. LOVINS B.A. The Negawatt Revolution. The conference Board Magazine. 1990 Volume XXVIII (9). [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: https://rmi.org/wp-content/uploads/2017/06/RMI_Negawatt_Revolution_1990.pdf
 34. McKinsey&Company. Pathways to a Low-Carbon Economy. (2009). Version 2. Pp. 7-17. [žiūrėta 2020-06-14] Prieiga per internetą: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/sustainability/cost%20curve%20pdfs/pathways_lowcarbon_economy_version2.ashx
 35. EEA Technical Report No 5/2013. Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take? (2013). ISSN: 1725-2237. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/publications/achieving-energy-efficiency-through-behaviour/file>
 36. DARBY S., The effectiveness of feedback on energy consumption — A review for Defra of the literature on metering, billing and direct displays, (2006) Environmental Change Institute, University of Oxford. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: <https://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/smart-metering-report.pdf>

37. ALLCOTT, H., GREENSTONE M., Is there an energy efficiency gap? National Bureau of Economic Research. (2012). [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: <https://www.nber.org/papers/w17766.pdf>
38. MCKERRACHER, C., TORRITI J. Energy consumption feedback in perspective: integrating Australian data to meta-analyses on in-home displays. *Energy Efficiency* (2012) Volume 6 (2): 387–405. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/257768315_Energy_consumption_feedback_in_perspective_Integrating_Australian_data_to_meta-analyses_on_in-home_displays
39. EHRHARDT-MARTINEZ K., DONNELLY K.A., LAITNER J.A., Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities. (2010). American Council for an Energy-Efficient Economy. Report Number E105. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: <https://www.aceee.org/research-report/e105>
40. GUO Y., PAN M., FANG Y. Optimal Power Management of Residential Customers in the Smart Grid.” *Parallel and Distributed Systems*, (2012). *IEEE Transactions on* 23 (9): 1593–1606. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/260357861_Optimal_Power_Management_of_Residential_Customers_in_the_Smart_Grid
41. EYRE, N. (2013). “Energy saving in energy market reform— The feed-in tariffs option.” *Energy Policy* 52 (0): 190–198. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/257126324_Energy_saving_in_energy_market_reform-The_feed-in_tariffs_option
42. EUROPOS KOMISIJA. Švari energija visiems europiečiams. 2016/860. 2016. [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/COM-2016-860-F1-EN-MAIN.PDF>
43. EUROPOS PARLAMENTAS. Electricity „Prosumers“. (2016). [žiūrėta 2020-06-14]. Prieiga per internetą: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI\(2016\)593518_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI(2016)593518_EN.pdf)
44. Sauter, R., Volkery, A. (2013) Review of costs and benefits of energy savings, A report by the Institute for European Environmental Policy (IEEP) for the Coalition of Energy Savings. Task 1 Report. Brussels. 2013. [žiūrėta 2021-01-15].
45. EUROPOS KOMISIJA. Atsparios energetikos sąjungos ir perspektyvios klimato kaitos politikos pagrindų strategija. 2015/80. 2015. [žiūrėta 2021-01-14]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/energy-union_en
46. REUTER, M., PATEL, M., EICHHAMMER, W., LAPILLONNE, B. „A comprehensive indicator set for measuring multiple benefits of energy efficiency“ (2020). *Energy Policy* 139 (2020), 1-20. [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421520300434>
47. RYAN, L., CAMPBELL, N. „Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements“ (2012). International Energy Agency. [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.iea.org/reports/multiple-benefits-of-energy-efficiency>
48. AGYEKUM, K., SALGIN, B., KWAME A.,D., „Creating awareness on the negative impact of dampness on the health occupants: A case for inhabitants living in damp building in Ghana“. *International Journal of Development and Sustainability*, Volume 6 (8), 2017. [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/319625160>

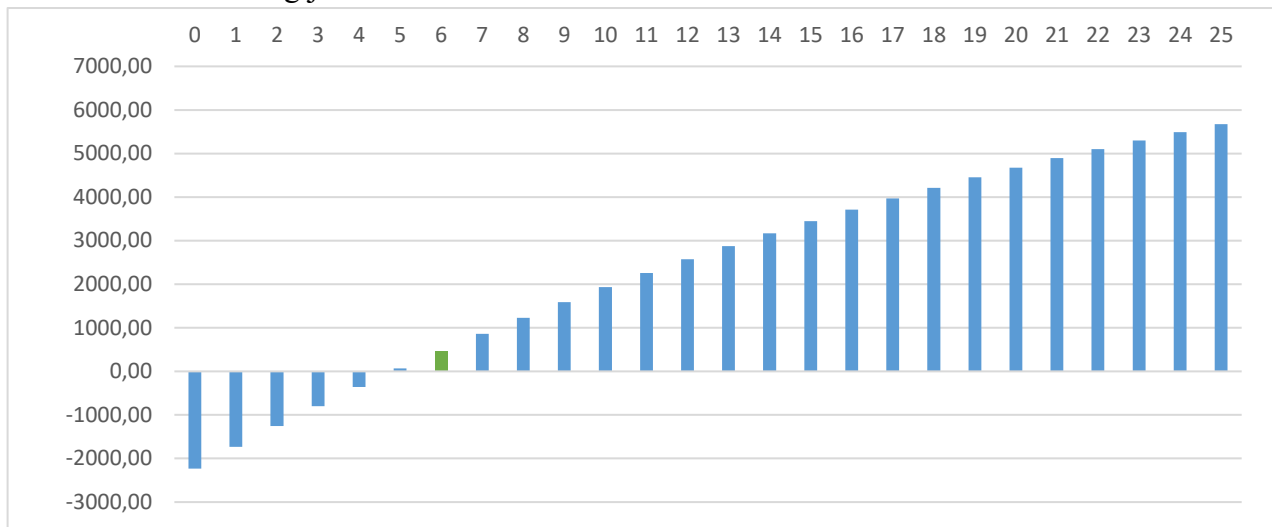
49. WANG, Z., „Energy and Air Pollution“. Comprehensive Energy Systems, Volume 1, p. 909-949 (2018). [žiūrėta 2021-01-15] Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128095973001279>
50. Boardman, B. (1991), Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth, Belhaven Press, London.
51. HEFFNER, G., CAMPBELL, N., „Evaluating the co-benefits of low-income energy efficiency programmes“, International Energy Agency, Workshop Results (2011). [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.ippr.org/publications/the-long-cold-winter-beating-fuel-poverty>
52. Tarptautinė Energetikos Agentūra (IEA). „Multiple Benefits of Energy Efficiency 2019“. (2019). [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.iea.org/reports/multiple-benefits-of-energy-efficiency/productivity>
53. WORRELL, E., LAITNER, J., RUTH, M., FINMAN, H., „Productivity benefits of industrial energy efficiency measures“, Energy 28, (2013). [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544203000914>
54. POPESCU, D., BIENERT, S., SCHÜTZENHOFER, C., BOAZU, R., „Impact of energy efficiency measures on the economic value of buildings“, Applied Energy 89 (2012) p. 454-463. [žiūrėta 2021-01-15].
55. WEI, M., PATADIA, S., KAMMEN, D., „Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?“ Energy Policy 38 (2010). p. 919-931. [žiūrėta 2021-01-15]
56. KRUYT, B., VUUREN D.P., VRIES, H.J.M., GROENENBERG, H., „Indicators for energy security“. Energy Policy 37 (2009), p. 2166-2181. [žiūrėta 2021-01-15].
57. CAMPEN, B., „Saving Electricity in a Hurry“, International Energy Agency, 2011. [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/280627743>
58. BARKER, T., EKINS, P., FOXON, T., „The macro-economic rebound effect and the UK economy“, Energy Policy 35, (2017), p. 4935-4946. [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421507001565>
59. Oil and gas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://arcticwwf.org/work/oil-and-gas/>
60. Europos Aplinkosaugos Agentūra. „Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take?“, EEA Technical report (2013). [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/publications/achieving-energy-efficiency-through-behaviour/file>
61. SOMMERFELDT, N., „Solar PV in prosumer energy systems. A Techno-economic analysis on sizing, integration, and risk“. (2019). [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/339738481_Solar_PV_in_prosumer_energy_systems_A techno-economic_analysis_on_sizing_integration_and_risk
62. FAIERS, A., NEAME, C., „Consumer attitudes towards domestic solar power systems“, Energy Policy, Volume 34 (2006), p. 1797-1806. [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą: [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301-4215\(05\)00012-1](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301-4215(05)00012-1)
63. SHORT, W., PACKY, J. D., HOLT, T., „A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies“, National Renewable Energy Laboratory, (1995). [žiūrėta 2021-01-15]. Prieiga per internetą:

https://www.researchgate.net/publication/253763510_A_Manual_for_the_Economic_Evaluation_of_Energy_Efficiency_and_Renewable_Energy_Technologies

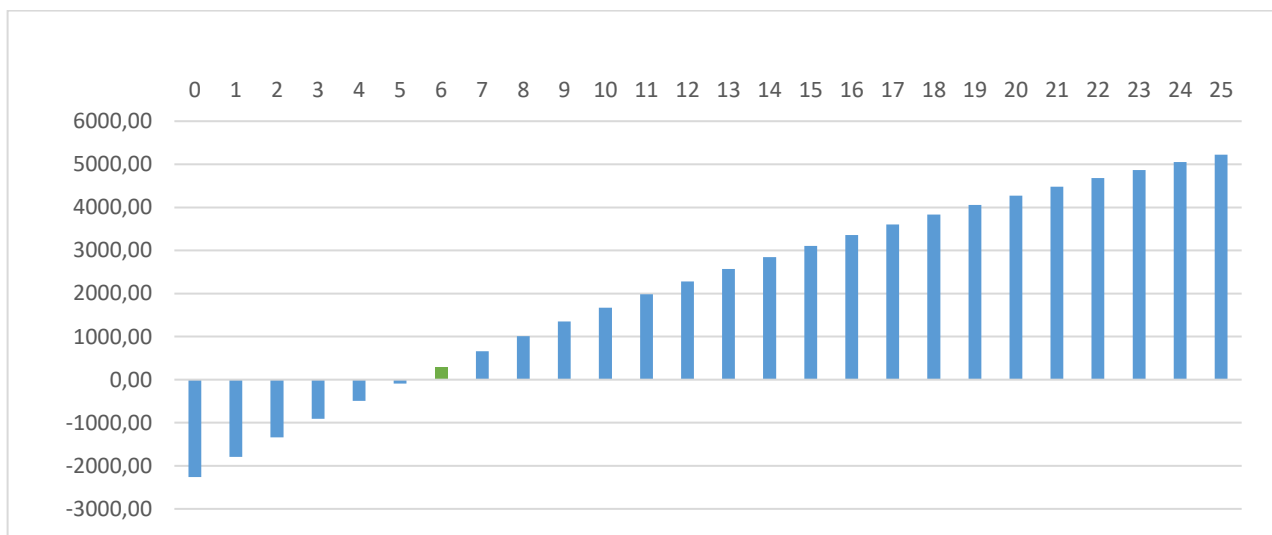
64. Mokslo, inovacijų ir technologijų agentūra. „Norvegijos finansinio mechanizmo programa „Verslo plėtra, inovacijos ir MVĮ“ (2016). [žiūrėta 2021-01-19]. Prieiga per internetą: <https://mita.lrv.lt/uploads/mita/documents/files/programos-priemones/Norway%20Grants/Guidance%20on%20Indicators-1.pdf>
65. LR Oficialiosios statistikos portalas. „Vidutinio darbo užmokesčio statistiniai rodikliai“ [žiūrėta 2021-04-30]. Prieiga per internetą: [https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=6c52a9da-57f1-44b0-8853-e9245196a9b9#/#/](https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=6c52a9da-57f1-44b0-8853-e9245196a9b9#/)
66. Eurostat. „Minimalaus mėnesinio atlyginimo statistiniai rodikliai“ [žiūrėta 2021-04-30]. Prieiga per internetą: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=earn_mw_cur&lang=en
67. Elektros Skirstymo Operatorius (ESO). „Elektros energijos tarifai, [žiūrėta 2021-05-01]. Prieiga per internetą: <https://www.eso.lt/lt/namams/elektra/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/kiek-kainuoja-elektra-2019-m.html>

1 Priedas GV 1 Projektų piniginiai balansai po jautrumo analizės

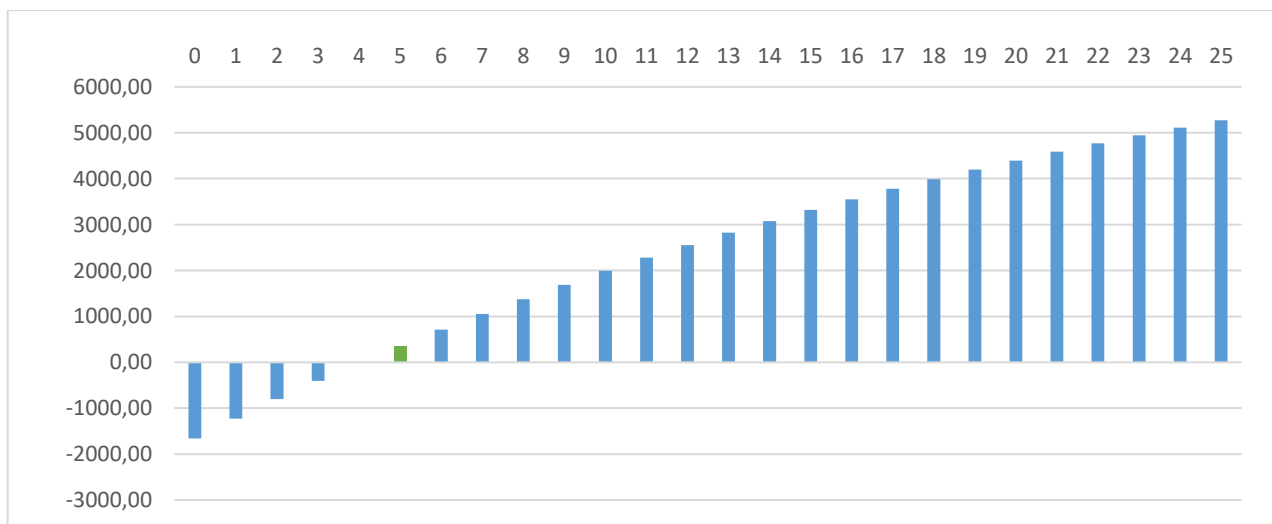
Didesnė elektros energijos kaina:



Mažesnis pasaugojimo mokestis:

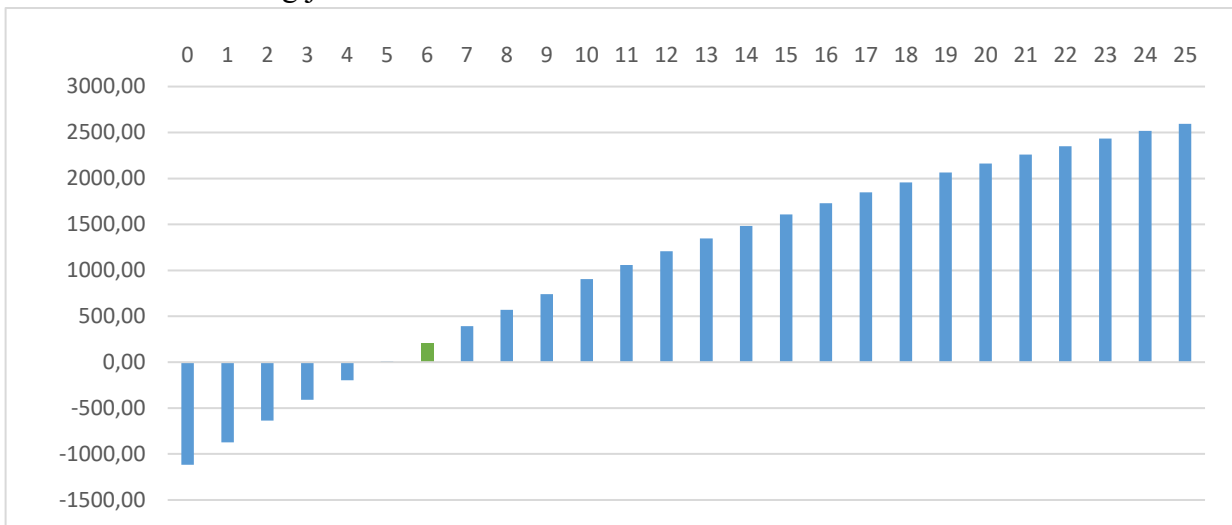


Technologijos pigimas:

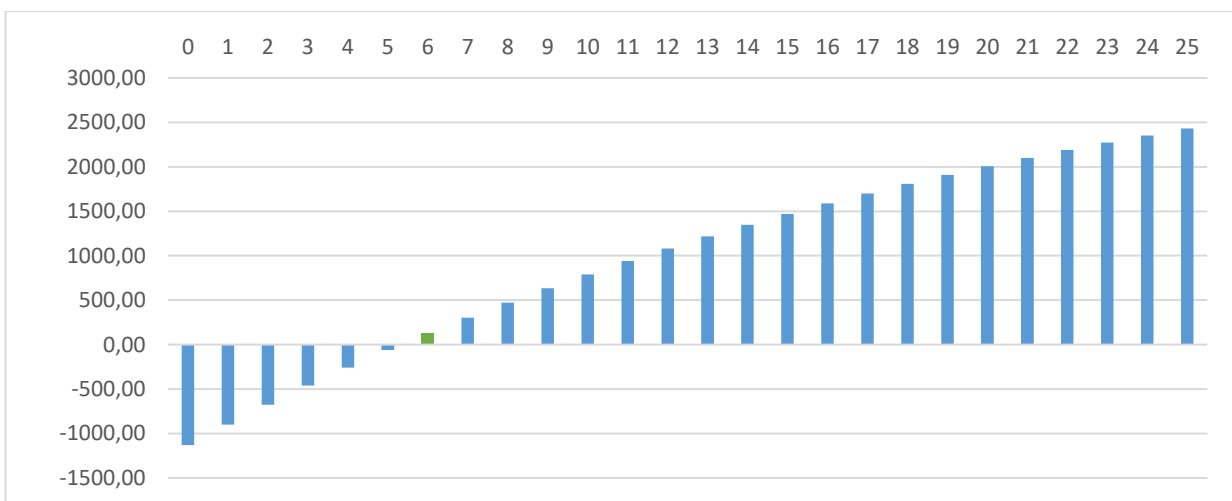


2 Priedas GV 2 Projektų piniginiai balansai po jautrumo analizės

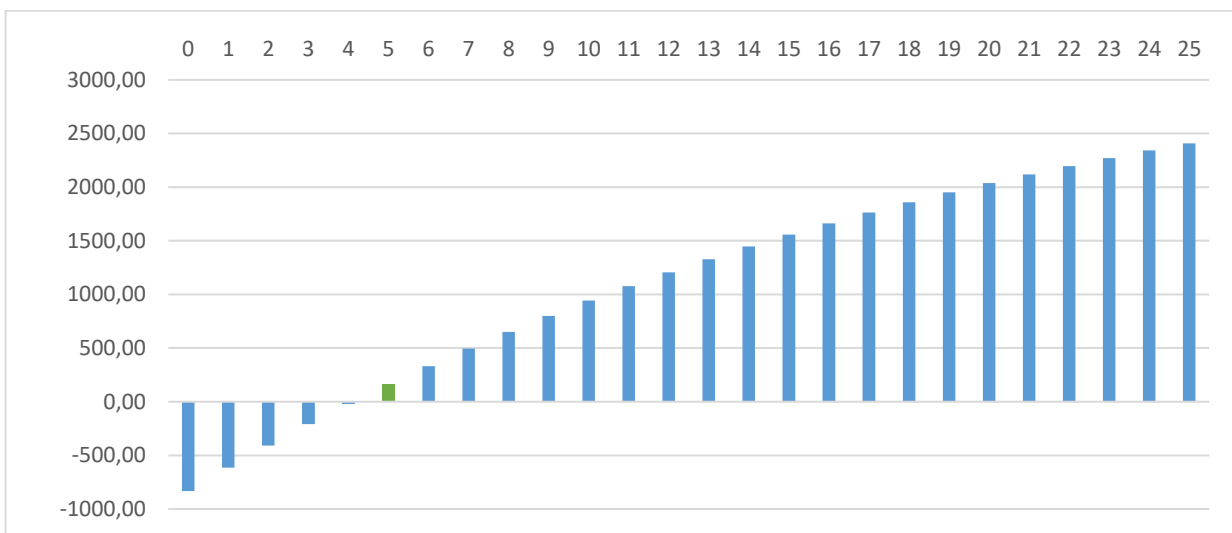
Didesnė elektros energijos kaina:



Mažesnis pasaugojimo mokestis:

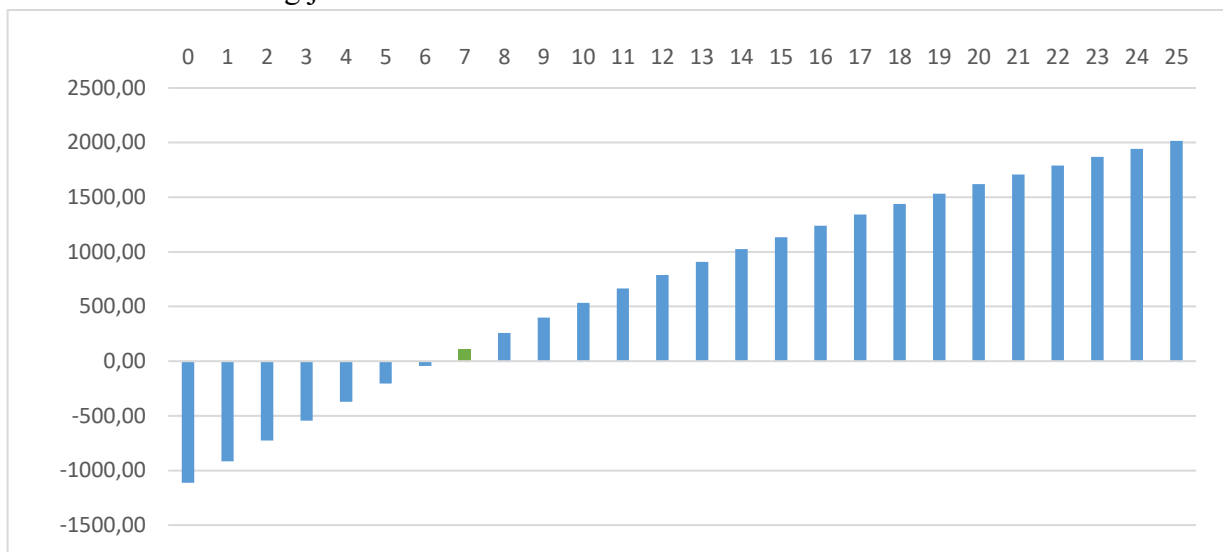


Technologijos pigimas:

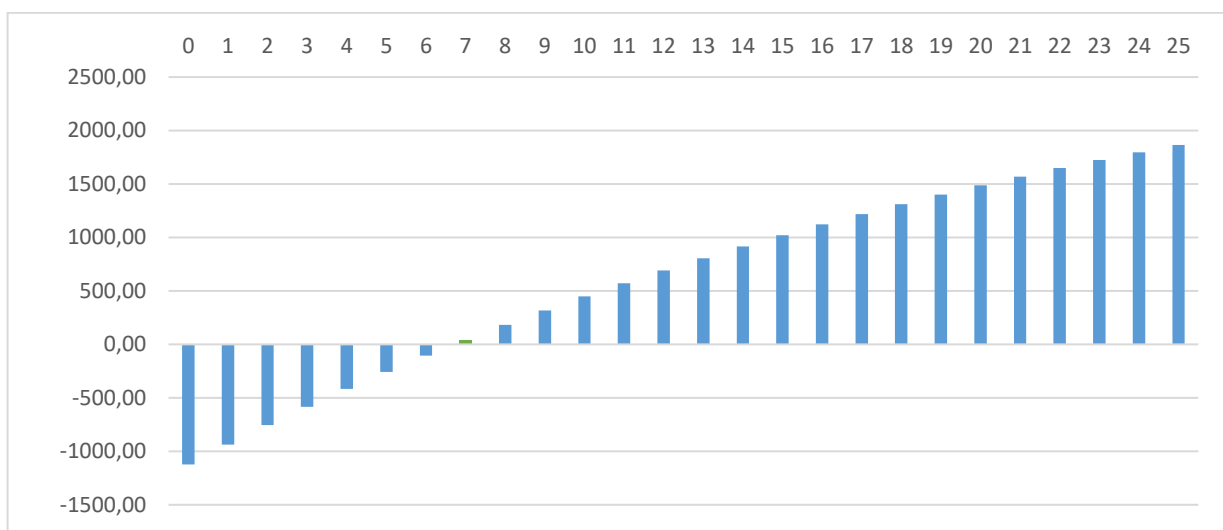


3 Priedas GV 3 Projektų piniginiai balansai po jautrumo analizės

Didesnė elektros energijos kaina:



Mažesnis pasaugojimo mokestis:



Technologijos pigimas:

