



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

**Paklausos telkėjo, veikiančio elektros didmeninėje rinkoje,  
pelningumo sąlygų tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Janina Kulikian**

Projekto autorė

**Lekt. Aistija Vaišnorienė**

Vadovė

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

**Paklausos telkėjo, veikiančio elektros didmeninėje rinkoje,  
pelningumo sąlygų tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

---

**Janina Kulikian**

Projekto autorė

**Lekt. Aistija Vaišnorienė**

Vadovė

**Doc. Inga Konstantinavičiūtė**

Recenzentė

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**

Elektros ir elektronikos fakultetas

Janina Kulikian

## **Paklausos telkėjo, veikiančio elektros didmeninėje rinkoje, pelningumo sąlygų tyrimas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi 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 mokėjusi;
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Janina Kulikian

*Patvirtinta elektroniniu būdu*

Kulikian, Janina. Paklausos telkėjo, veikiančio elektros didmeninėje rinkoje, pelningumo sąlygų tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovė lekt. dr. Aistija Vaišnorienė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: paklausos telkimas, lankstumo paslaugos, prekyba elektros biržoje, kitos dienos prekyba, pelningumas

Kaunas, 2021. 51 p.

## Santrauka

Lietuvoje, kaip ir visoje Europos Sąjungoje, siekiama pereiti prie tvarios ir klimatui neutralios energetikos. Tokia energetika skatina daugiau atsinaujinančios energijos išteklių naudojimo gamybai, elektromobilių susisiekimui bei kitokių atsinaujinančių energijos šaltinių kasdienėje veikloje. Šioje transformacijoje dalyvauja įvairūs elektros energetikos rinkos dalyviai – nuo vartotojo iki tinklų operatorių. Siekiant atsinaujinančių energijos išteklių sklandžios integracijos į elektros tinklų infrastruktūrą, kuri buvo pastatyta ir jau yra naudojama daugelį metų, ši infrastruktūra turi būti atnaujinta ar keičiama. Tai sąlygoja dideles investicijas. Tačiau yra alternatyvių sprendimų. Siekiant tų pačių tikslų elektros rinkoje galima, panaudojus pažangias technologijas, įdiegti įvairias lankstumo paslaugas, kurios leistų ilgiau tarnauti esamai tinklų infrastruktūrai. Būtent vartotojai turėtų aktyviai dalyvauti energetikos sistemoje ir rinkose, sutikti keisti savo vartojimo įpročius taip prisideddami prie tvaresnės ateities. Elektros energetikos rinka transformuojasi ir joje randasi naujos rolės. Nepriklausomas telkėjas užima poziciją tarp vartotojo ir tinklų operatoriaus sutelkdamas įvairių vartotojų apkrovą ir valdydamas jų paklausą. Telkėjai veikia jau daugumoje Europos Sąjungos šalių. Ten dažniausiai jie teikia paslaugas susijusias su balansavimu ar rezervinės galios siūlymais. Papildomai nagrinėjami verslo modeliai įgalinantys telkėją prekiauti biržoje sutelkta apkrova. Daugiau telkėjo paslaugų gali prisidėti prie konkurencingesnės kainos formavimo, didesnio vartotojų įtraukimo ir mažesnio poreikio balansavimui.

Šiame darbe nagrinėjamas telkėjo, prekiaujančio kitos paros biržoje, verslo modelis. Telkėjas veikia kaip virtualus gamintojas parduodamas tą elektros energiją, kurios nepanaudojo jo buitiniai vartotojai. Toks modelis turi apribojimų. Visų pirma parduodamos apkrovos kiekis priklauso nuo dalyvaujančio vartotojo įpročių bei galimybių o taip pat nuo paklausos valdymo programų apribojimų. Tyrime naudojami istoriniai valandiniai buitinių vartotojų duomenys už 2019 metus, Nord Pool biržos kitos paros kainos duomenys. Nustatant telkėjo pelningumą tiriama įtaka pasirinkto atlygio metodo, biržos kainos ir vartotojų dalyvavimo programose neapibrėžtumo. Atlikto tyrimo rezultatas parodė, kad telkėjo veikla iš prekybos kitos paros biržoje gali būti pelninga. Pelningumas siekia apie 4,5 - 6,7 proc. esant optimaliai suplanuotai prekybos veiklai ir vartotojams maksimaliai dalyvaujant paklausos valdyme. Pelningumas yra neigiamas, kai telkėjas turi įsigyti balansavimo energijos nes jo vartotojai nedalyvauja paklausos valdymo programoje sutartu laiku. Tyrimo metu paskaičiuoti telkėjo rodikliai: kaštai, pajamos, disbalanso kaštai, pelnas, pelningumas.

Kulikian, Janina. Analysis of Profitability Conditions of the Aggregator Operating in the Wholesale Electricity Market. Master's Final Degree Project / supervisor lect. dr. Aistija Vaišnorienė, Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering.

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

Keywords: electricity demand aggregation, flexibility services, power trading, day ahead trading, profitability

Kaunas, 2021. 51.

### **Summary**

Lithuania, as well as the entire European Union, aims to move towards sustainable and climate-neutral energy. This leads in particular to the promotion of more renewable energy sources, electric cars or other energy sources. Various participants in the electricity market, from consumers to network operators, are involved in such transformation. In order to integrate renewable energy sources into electricity grid infrastructure it needs to be upgraded as has been built and has been in use for long years. This will undoubtedly require significant investment. But there are alternative solutions. In order to achieve the same goals, it is possible to introduce various flexibility services in the electricity market using advanced technologies, which would allow to extend the service life of the existing infrastructure. This is especially related to consumers. They may be actively involved in the energy system and markets, agreeing to change their consumption habits, thus contributing to a more sustainable future. The electricity market is transforming therefore new roles in electricity market originate. One of it is the independent aggregator who takes a position between the user and the network operator by concentrating the loads of different users and managing their demand, thus being able to offer various services. Aggregators are already operating in most European Union countries. There, they usually provide services related to balancing or providing reserve power. In addition to these services, the role as an aggregator could trade the aggregated load of consumers on the power trade market. This can contribute to more competitive pricing, greater consumer engagement, less need for balancing etc.

This paper examines the business model of a aggregator trading at the day before market. The aggregator acts as a virtual producer - it sells the quantity that will not be used by consumers on the market at the agreed time. Only the participation of household consumers in demand management is examined. Such model has a number of limitations, as the amount of load a aggregator can offer to the exchange also depends on the user's habits and possibilities and on the limitations of the applied demand management programs. The study uses historical hourly household consumer data of 2019 year, the NordPool exchange day ahead price and a two-tier constraint model to determine the potential profitability of the pool and its dependence on the chosen remuneration method, market price and consumer participation in the programs. The result of the analysis shows that the activities of the aggregator from the trading day ahead can be profitable and the profitability reaches about 5 percent. provided that activities are optimally planned and users minimize loads according to an agreed plan. Profitability is negative when a concentrator has to purchase balancing energy because its customers do not participate in the demand management program at the agreed time. The indicators of the aggregator were calculated during the research: costs, income, imbalance costs, profit, profitability.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas</b> .....	<b>7</b>
<b>Paveikslų sąrašas</b> .....	<b>8</b>
<b>Įvadas</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Lankstumo paslaugų teorinė analizė</b> .....	<b>12</b>
1.1. Vartotojų įtraukimo į paklausos valdymą poreikis.....	12
1.2. Galimų paklausos valdymo priemonių teorinė apžvalga.....	13
1.3. Paklausos telkėjų galimi verslo modeliai .....	17
1.4. Prekybos biržoje sistema Lietuvoje.....	20
1.5. Pelningumo skaičiavimo modelių apžvalga .....	22
1.6. Vartotojų įtraukimo į paklausos valdymą iššūkiai .....	23
<b>2. Telkėjo pelningumo sąlygų tyrimo metodika</b> .....	<b>26</b>
2.1. Tyrimo objektas ir naudojami duomenys .....	26
2.1.1. Kainų duomenys didmeninėje rinkoje ir vartotojų tarifai .....	26
2.1.2. Suvartojimo ir vartotojų duomenys .....	28
2.1.3. Vartotojų įrenginiai ir laisvos apkrovos .....	32
2.2. Skaičiavimo modelio aprašymas .....	32
2.2.1. Apribojimai.....	32
<b>3. Tyrimo rezultatai</b> .....	<b>37</b>
3.1. Maksimalių apkrovų nustatymas .....	37
3.2. Tiriama scenarijai .....	40
3.2.1. I scenarijaus rezultatai .....	40
3.2.2. II scenarijaus rezultatai .....	41
3.2.3. Vartotojų neapibrėžtumo vertinimas .....	43
<b>Išvados</b> .....	<b>46</b>
<b>Literatūros sąrašas</b> .....	<b>48</b>
<b>Priedai</b> .....	<b>52</b>
1 priedas. Nord Pool kitos paros kainų duomenų pavyzdys.....	52
2 priedas. Vartotojų suvartojimo valandinių duomenų pavyzdys .....	53
3 priedas. Vartotojų dalyvaujančių tyrime duomenys.....	54

## Lentelių sąrašas

1 lentelė. Namų ūkių paklausos reagavimo priemonių aprašymas [19] .....	15
2 lentelė. Paklausos valdymo programos [5].....	16
3 lentelė. Telkėjų galimi verslo modeliai .....	17
4 lentelė. Telkėjo atsakomybės ir kompetencijos teikiant paslaugas. ....	18
5 lentelė. Telkėjų veikiančys verslo modeliai skirtingose šalyse.....	19
6 lentelė. Vienos laiko zonos tarifas .....	28
7 lentelė. Vidutinis suvartojimas .....	29
8 lentelė. Tyrime naudojamų įrenginių galios ir naudojimo laikas .....	32
9 lentelė. Formulų indeksų paaiškinimai.....	33
10 lentelė. Tyrimo metu taikomų apribojimų dydžiai .....	34
11 lentelė. Vartotojo apribojimų susisteminti rezultatai.....	37
12 lentelė. Laisvų apkrovų nustatymas.....	38
13 lentelė. Pasiekiamos maksimalios apkrovos palyginimas .....	39
14 lentelė. Apkrovos sumažėjimas palyginus su piko laikotarpio apkrova.....	39
15 lentelė. I scenarijaus atlygio koeficientai ir apribojimai .....	40
16 lentelė. Finansiniai I scenarijaus rezultatai .....	41
17 lentelė. Pagrindiniai statistiniai rodikliai .....	41
19 lentelė. II scenarijaus finansiniai rezultatai .....	42
20 lentelė. II scenarijaus koreliacijos koeficientai.....	42
21 lentelė. I ir II scenarijaus rezultatai įvertinus vartotojų dalyvavimo neapibrėžtumą.....	43

## Paveikslų sąrašas

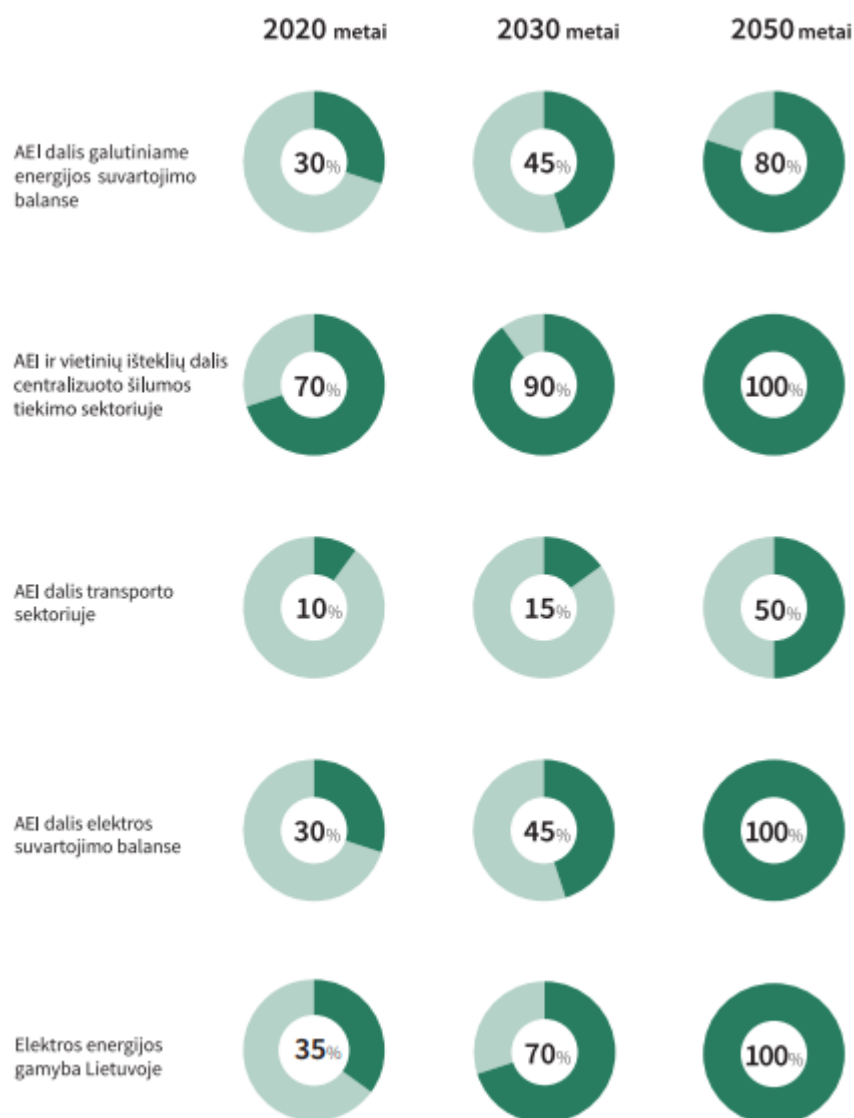
1 pav. Siekiami rezultatai Lietuvos energetikos sektoriuje 2020, 2030 ir 2050 metais .....	9
2 pav. ESO suplanuotos investicijos ir ESO investicijų poreikis 2019-2028 m., mln. eurų [10].....	12
3 pav. Lietuvos elektros sistemoje elektrinių bendrosios įrengtosios galios pasiskirstymas pagal šaltinius.....	14
4 pav. Komponentai, nustatantys teorinį ir techninį paklausos valdymo potencialą [18]. .....	14
5 pav. Skirtingų reagavimo į paklausą programos tipų kokybinis apibendrinimas [21] .....	16
6 pav. Telkėjų siūlomų paslaugų įvairovė [22] .....	18
7 pav. Santykis tarp telkėjo, kliento ir rinkos dalyvio [23] .....	19
8 pav. Prekybos biržoje kalendorius pagal .....	21
9 pav. Prekybos kitos paros biržoje laikai .....	21
10 pav. Susistemintos telkėjų veiklos optimizavimo schemas.....	22
11 pav. Paklausos valdymo programose naudojamų įrenginių priimtimumo vertinimas .....	24
12 pav. Sprendžiami apribojimai iš telkėjo ir kliento pusės.....	26
13 pav. Vidutinė mėnesinė 2019 metų kitos paros kaina Nord pool biržoje.....	27
14 pav. Kitos paros prekybos vidutinės savaitės kainos ir kainų tendencija.....	27
15 pav. Tyrime naudojamų objektų pasiskirstymas pagal regionus .....	28
16 pav. Tyrimui naudojami vartotojų įrenginiai.....	29
17 pav. Visų vartotojų kiekvienos valandos suminis suvartojimas pagal mėnesius .....	30
18 pav. Vidutinės kitos paros prekybos valandinės kainos Nord Pool biržoje pagal mėnesius .....	31
19 pav. Energija paduota į skirstymo tinklą valandomis.....	31
20 pav. Suvartojimo ir laisvų apkrovų koreliacija.....	38
21 pav. Tiriamų vartotojų visas suvartojimas ir apkrova pateikta paklausos valdymui.....	39
22 pav. I ir II scenarijaus finansinių rezultatų palyginimas.....	42
23 pav. I ir II scenarijaus rezultatai įvertinus vartotojų dalyvavimo neapibrėžtumą .....	44
24 pav. Pelno ir apkrovos priklausomybė .....	44



## Įvadas

Kaip komunikuojama Europos Sąjungos (toliau – ES) 2018 m. išplatintoje 2050 ilgojo laikotarpio strategijoje siekiama, kad iki 2050 m. ES taptų neutrali klimatui, t. y. išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis būtų lygus nuliui [1]. Perėjimas prie klimatui neutralios ekonomikos yra ir iššūkis, ir galimybė sukurti tvarią ateitį visiems. Siekiant tvarumo įvairios visuomenės dalys ir ekonomikos sektoriai turės keistis. Energetikos sektorius yra vienas iš tų kurio transformacija jau prasidėjo – vyksta atsinaujinančių energijos išteklių gamybos plėtra, randasi naujos paslaugos susijusios su energetiniu efektyvumu, skatinamas elektrinis mobilumas. Šios transformacijos kelia nemažai iššūkių nuo vartotojo iki tinklo operatorių.

Vienas pagrindinių iššūkių, tai atsinaujinančių energijos išteklių integravimas į jau daugelį metų veikiančią energetikos sistemą. Bet kurioje šalyje tai lemia nemažas investicijas, technologinius ir finansinius iššūkius. Lietuvos Respublikos nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje numatyti ambicingi tikslai dėl atsinaujinančių energijos išteklių (toliau – AEI) kaip detalai parodyta 1 pav. [2]:



1 pav. Siekiami rezultatai Lietuvos energetikos sektoriuje 2020, 2030 ir 2050 metais

Atsinaujinančių energijos šaltinių pajungimui į elektros tinklą reikia investicijų. Skaičiuojama, kad iki 2020 m. Europos šalių elektros tinklams reikės 600 milijardų eurų investicijų, iš kurių daugiau kaip pusė bus skirstymo tinklų, o iki 2035 m. investicijos išaugs 75 procentais, palyginti su dabartiniu lygiu [3]. Vertinant ambicingus Lietuvos nacionalinio energetikos ir klimato veiksmų plano tikslus yra dvi galimybės – gerokai padidinti investicijas į elektros tinklo infrastruktūros atnaujinimą ir plėtrą arba taikant įvairias pažangias technologijas bei sukuriant efektyvias paslaugas išvengti dalies investicijų į infrastruktūrą. Pažangios paslaugos tai visų pirma įvairios priemonės susijusios su tinklo lankstumo (*angl. grid flexibility*) didinimu. Tokios priemonės apima įvairias paklausos valdymo programas kurios gali būti siūlomos buitiniams ir komerciniams vartotojams.

Europos Sąjungos teisiniuose dokumentuose paklausos valdymas aprašomas Direktyvoje 2009/72/EB dėl bendrų elektros energijos vidaus rinkos taisyklių kaip priemonė, kuri padeda didinti tiekimo saugumą ir pasiekti energijos vartojimo efektyvumą [5]. Tuo tarpu Europos Parlamento energijos vartojimo efektyvumo direktyvoje 2012/27/ES rinkos dalyviai skatinami imtis paklausos valdymo priemonių įgyvendinimo [6]. Netgi nurodoma, kad perdavimo ir skirstymo tinklų operatoriai turėtų pripažinti tokias priemones kaip sistemos šaltinį, galintį dalyvauti lygiomis sąlygomis su tradiciniais tiekimo šaltiniais visų tipų elektros rinkose.

Siekiant efektyviai teikti lankstumo paslaugas neišvengiamai atsiranda ir naujas rinkos dalyvis – nepriklausomas telkėjas (*angl. aggregator*) kuris sutelkdamas vartotojų apkrovas gali siūlyti įvairias paklausos valdymo paslaugas kitiems rinkos dalyviams. Telkėjas tai nauja rolė elektros rinkoje taigi jo galimos paslaugos ar verslo modeliai, darbo principai ir procesai nėra plačiai žinomi ir nagrinėti.

Lietuvoje telkėjai yra apibrėžti įstatymais, o telkėjų aktyviai siūlančių telkimo paslaugas rinkoje dar nėra. Tačiau keičiantis rinkos modeliui, vykstant rinkos liberalizavimui jau yra keli telkėjai, kurie veiklą planuoja ir turi atitinkamus Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos (toliau – VERT) išduotus leidimus. Pasaulyje dažniau telkėjai dirba su verslo vartotojais – pastarieji gali pasiūlyti daugiau lanksčios apkrovos. Įvertinus, kad Lietuvoje 2019 metais galutinis elektros energijos suvartojimas siekė 11,145 TWh, iš kurių buitiniai vartotojai suvartojo 26,13 % [4] galima būtų nagrinėti ir tokių vartotojų įtraukimą į paklausos valdymą. Gyventojų įtraukimas aktyviai dalyvauti rinkoje, kurioje šie vartotojai sudaro apie 30 proc. viso elektros energijos suvartojimo jau pastaruosius 3 metus, reaguoti į energijos paklausą, kainas ir efektyviai vartoti energiją gali turėti nemažą įtaką energijos balansui ir investicijoms į tinklą. Tačiau svarbu, kad telkėjai turėtų galimybę dirbti pelningai ir būtų suinteresuoti teikti įvairias paslaugas buitiniams vartotojams.

Sprendžiama problema: telkėjai yra nauji rinkos dalyviai, tad siekiant įvertinti jų galimybes veikti pelningai, bus vertinamas verslo modelis, kai telkėjas turimų klientų apkrova prekiauja kitos paros biržoje. Toks modelis retai sutinkamas rinkose. Dažniau telkėjai dalyvauja balansavimo rinkoje, tad papildomo veiklos modelio pelningumo tyrimas nagrinėja platesnes telkėjų veiklos galimybes.

Baigiamojo darbo tikslas – atlikti telkėjo prekybos biržoje pelningumo tyrimą, remiantis istoriniais suvartojimo ir kainų duomenimis, bei nustatyti kokios prielaidos ir apribojimai labiausiai daro įtaką tokios veiklos finansiniams rezultatams.

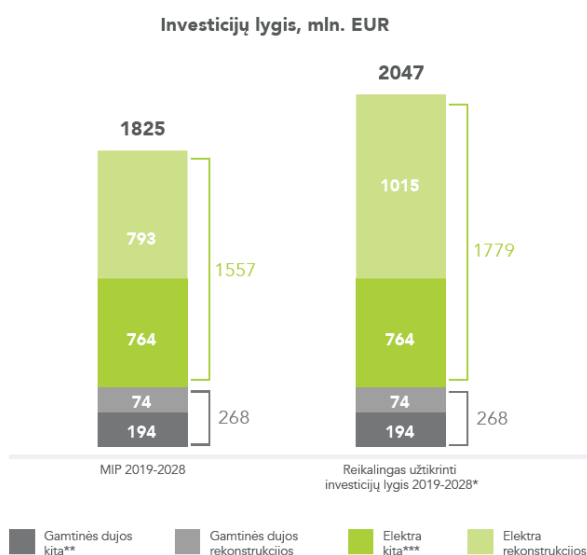
Keliami uždaviniai:

1. atlikti teorinę paklausos valdymo priemonių bei poreikio analizę;
2. išnagrinėti teorinius telkėjų veiklos modelius ir paslaugas;
3. nustatyti laisvos apkrovos potencialą, kurį buitiniai vartotojai galėtų suteikti paklausos valdymui;
4. pasiūlyti atlygio modelius, kuriuos telkėjai galėtų taikyti klientams esamomis rinkos sąlygomis;
5. nustatyti telkėjo pelningumą priklausomai nuo atlygio modelių;
6. įvertinti koks atlygis telkėjui yra mažiausiai rizikingas;
7. įvertinti telkėjo finansinių rezultatų priklausomybę nuo vartotojų galimybių dalyvauti paklausos valdymo programose ir atlygio modelių;
8. įvertinti ar telkėjo pelningumas išskirtinai tik iš prekybos kitos dienos biržoje yra pakankamas veiklai vykdyti.

## 1. Lankstumo paslaugų teorinė analizė

### 1.1. Vartotojų įtraukimo į paklausos valdymą poreikis

Pasaulyje didėjant atsinaujinančių energijos išteklių gaminamai energijai susiduriama ir su naujais iššūkiais. Paskirstytoji generacija keičia visą elektros energijos sistemą – jos integravimas į tinklą ir galimybių vartotojams sudarymas jais naudotis turi daug technologinių ir finansinių iššūkių. Europos energetikos sistema labai keičiasi, nes vis daugiau atsinaujinančių energijos šaltinių bei kitų kintamų energijos šaltinių išstumia įprastas gamybos formas [5]. Labai svarbu paminėti, kad atsinaujinantys energijos ištekliai yra neriboti ir endogeniniai dėl ko prarandamas elektros sistemos lankstumas ir ilgainiui sumažėja patikimumas ir tvirtumas [7]. Įprastai energetikos sistemose įrengti gamybos pajėgumai turi viršyti didžiausią metinį poreikį, net jei didžiąją laiko dalį kai kurie pajėgumai nenaudojami [8]. Taip pat padidėjus elektros energijos gamybai iš atsinaujinančių energijos šaltinių, reikia didesnio lankstumo paklausos atžvilgiu. Šiuo metu skirstymo operatoriai dažniau vadovaujasi „varinės plokštės metodu“ [9], kurio esmė, kad sistema turi turėti pakankamai pajėgumo bet kuriuo veikimo momentu, siekiant užtikrinti norimo elektros energijos kiekio priėmimą į tinklą ar patiekimą vartojimui. Tačiau toks metodas reiškia, kad skirstymo tinklo operatoriai turėtų nuolat didinti tinklo pajėgumus per investicijas į infrastruktūrą. Skaičiuojama, kad iki 2020 m. Europos šalių elektros tinklams reikės 600 milijardų eurų investicijų, iš kurių daugiau kaip pusė bus skirstymo tinklų, o iki 2035 m. investicijos išaugs 75 procentais, palyginti su dabartiniu lygiu [3]. Siekiant išvengti investicijų, o kartu siekiant ir tvarios ekonomikos, svarbu surasti būdus kaip mažinti skirstymo sistemos sąnaudas ir investuoti ne tik į infrastruktūrą bet ir į pažangias tinklų technologijas ir sistemas. Pavyzdžiui Lietuvos skirstymo operatoriaus (AB Energijos skirstymo operatorius) (toliau – ESO), 10 metų investicijų į tinklą planai pateikiami 2 pav.



2 pav. ESO suplanuotos investicijos ir ESO investicijų poreikis 2019-2028 m., mln. eurų [10]<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> \* Investicijų lygis reikalingas išlaikyti stabilų elektros energijos tinklo fizinio nusidėvėjimo lygį.

\*\* Gamtinių dujų dalies investicijos į naujus vartotojus, išmanieji (SMART) apskaitos skaitikliai, kitos investicijos susijusios su gamtinių dujų tinklu – ITT, kita įranga ir pan.

\*\*\* Elektros energijos dalies investicijos į naujus vartotojus, išmanieji (SMART) apskaitos skaitikliai, kitos investicijos susijusios su elektros energijos tinklu – ITT, kita įranga ir pan.

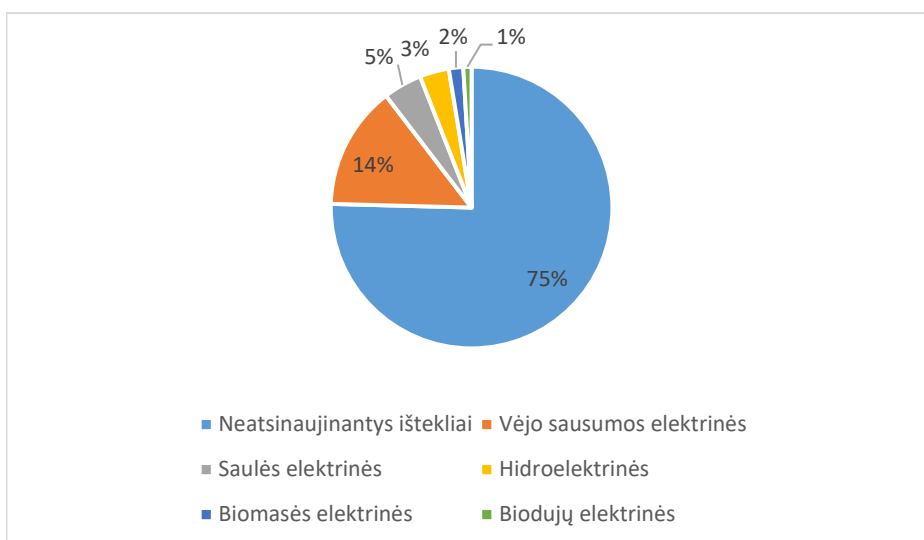
Iš 2 paveikslo matyti, kad ESO investicijų lygis reikalingas išlaikyti stabilų elektros energijos tinklo fizinio nusidėvėjimo lygį yra didesnis nei optimaliai planuojamos investicijos (MIP 2019-2028 stulpelis 2 pav.), kurių dydį riboja įvairios reguliavimo, finansavimo ir kitos aplinkybės. Kiekvienas skirstymo operatorius turi tikslą pastoviai išlaikyti stabilų ir patikimą tinklo veikimą, tad net esant ribotoms investicijoms ir atsinaujinančių išteklių plėtrai reikia ieškoti būdų kaip užtikrinti patikimumą. Šiems tikslams pasiekti galėtų būti naudojamos lankstumo paslaugos leidžiančios vartotojams prisidėti prie tinklo patikimumo nedidinant investicijų į infrastruktūrą.

Kitas svarbus aspektas tai klimato kaita. Nuolatinis investicijų didinimas į skirstymo tinklą ar pajėgumų užtikrinimą atsirandant AEI neleistų pasiekti Europos Sąjungos iškeltų tvaraus klimato tikslų. 2019 metais patvirtintas Švarios energijos paketas kurio svarbiausias tikslas - energijos vartojimo efektyvumo didinimas, nes energijos taupymas yra lengviausias būdas taupyti vartotojams ir mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą [11]. Todėl ES nustatė privalomus tikslus, kad iki 2030 m. energijos vartojimo efektyvumas turėtų būti bent 32,5%, palyginti su „įprastos veiklos“ scenarijumi [12]. Pagrindiniai Europos Sąjungos dokumentai nustato ateities kryptį, kad vartotojas turėtų būti pagrindinis veikėjas siekiant vartojimo efektyvumo, o tinklų operatoriai bei valstybių institucijos turėtų užtikrinti sąlygas padedančias vartotojams aktyviai dalyvauti paklausos valdyme.

## **1.2. Galimų paklausos valdymo priemonių teorinė apžvalga**

Įvertinus vis didėjanti poreikį investuoti į tinklų infrastruktūrą kaip alternatyva investicijų didinimui į tinklą galėtų būti priemonės leidžiančios paklausą padaryti lankstesne. Lankstumas galėtų būti apibrėžtas kaip energijos sistemos gebėjimas išlaikyti pusiausvyrą tarp gamybos ir apkrovos esant neapibrėžtumui [13]. Neapibrėžtumas tai nepastovi AEI gamyba, vartojimo augimas dėl elektrinio mobilumo, vis didėjantys vartotojų poreikiai. Vartotojams lankstumas tai galimybė pritaikyti savo vartojimą prie tuo metu esančios situacijos elektros rinkoje ir tinkle, t. y. padidinti arba sumažinti savo vartojimą reikiamu momentu. Lankstumui įgyvendinti naudojamos paklausos valdymo priemonės. Jei lankstumą skatinančios priemonės būtų paprastai pasiekiamos ir įdomios vartotojams tai galima tikėtis, kad jos ilgainiui pakeis tradicines investicijas į tinklą ar bent jau atidės jas kažkuriam laikui.

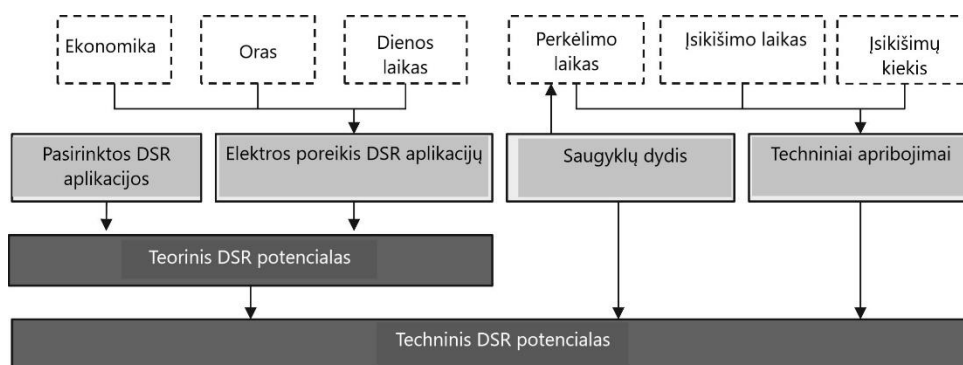
Paklausos valdymo priemonės gali būti taikomos verslui ir buitiniams vartotojams. Paklausos valdymo priemonės verslui egzistuoja jau ilgesnį laiką rinkoje. Tai nulemta kelių veiksnių: verslo klientų rinka yra seniau liberalizuota ir verslas turi pastovų didesnę suvartojimą tad jam investicijos į panašias priemones dažniau apsimoka, taigi vedamas ekonominių motyvų yra linkęs dalyvauti paklausos valdyje (jei leidžia verslo pobūdis) [14]. Buitiniai vartotojai rečiau įtraukiami į paklausos valdymą dėl sudėtingo jų valdymo ir neapibrėžtumo suvartojime. Paklausos valdymo priemonės, kurios galėtų būti taikomos buitiniams vartotojams yra mažiau tyrinėtos ir išbandytos, tačiau pastaruju metu vis dažniau yra minimos, nes gyventojų vartojimas auga bei tvarumas ar energetinis efektyvumas įgauna populiarumą. Pavyzdžiui, Lietuvoje buitinių vartotojų suvartojimas sudaro beveik trečdalį viso elektros energijos suvartojimo šalyje [4]. Svarbu paminėti ir tai, kad energijos vartotojas vienu metu tampa ir energijos tiekėju (gaminantis vartotojas) - energija iš paskirstytų mažos generacijos įrenginių tiekama atgal į elektros tinklą [5]. 2021 m. sausio 1 d. Lietuvos elektros sistemoje elektrinių bendra įrengtoji galia sudarė 3808 MW [15] iš kurių 936 MW sudarė atsinaujinančių išteklių elektrinės (žiūrėti 3 pav.).



3 pav. Lietuvos elektros sistemoje elektrinių bendrosios įrengtosios galios pasiskirstymas pagal šaltinius

Šiai dienai neatsinaujančių išteklių energijos gamyba sudaro didesnę dalį gamybos, tačiau atsinaujančių išteklių dalis gamyboje sparčiai auga. 2021 m. 05 mėn. buvo jau 10 tūkstančių gaminančių vartotojų, kai 2019 m. buvo 3395. Taigi per 2 metus gaminančių vartotojų padaugėjo beveik trigubai, o net pusė jų pajungta prie tinklo per vienerius metus – nuo 2020 m. gegužės iki 2021 m. gegužės [16,17].

Paklausos valdymo priemonės galima naudoti siekiant subalansuoti svyravimus, atsirandančius dėl AEI nepastovumo. Tai suteikia galimybes daugiau atsinaujančių išteklių integruoti į energetikos sistemą neinvestuojant vien į infrastruktūros plėtrą. Be to, paklausos valdymo priemonės gali sumažinti apkrovos viršutinę ribą ir išlyginti likutinę apkrovą. Dėl to gali sumažėti gamybos pajėgumų poreikis, o taip pat elektrinių gali padidėti panaudojimas [18]. Kaip savo darbe apibrėžia autoriai Müller Möst (2018) paklausos valdymo priemonių potencialas gali būti teorinis ir techninis bei gali būti skaičiuojamas įvairiais modeliais priklausomai nuo panaudojimo tikslo kaip parodyta 4 pav. [18]



4 pav. Komponentai, nustatantys teorinį ir techninį paklausos valdymo potencialą [18].

Visos paklausos valdymo priemonės leidžia sumažinti tiek namų ūkių, tiek verslo vartotojų energijos poreikį, reaguojant į perteklinį ar ribotą energijos kiekį tinkle. Šis reagavimas gali būti realiu laiku (t. y. automatizuotas), beveik realiu laiku (pavyzdžiui, siunčiant signalą vartotojams kai reikia mažinti ar didinti vartojimą) arba sutariamais iš anksto (pavyzdžiui, fiksuotais vartojimo laiko tarifais, kurie

mažina vartojimą didelės paklausos laikotarpiais) [14]. Reagavimo į paklausą priemonės dažniausiai yra susijusios su įvairiomis kainų inciatyvomis, tačiau skiriasi priklausomai nuo laiko ar turimų prietaisų galimybių [14]. Pagrindinės priemonės galimos taikyti namų ūkiams pateikiamos lentelėje (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Namų ūkių paklausos reagavimo priemonių aprašymas [19]

Reagavimo į paklausą būdas	Aprašymas
Energijos vartojimo efektyvumo ir taupymo programos ( <i>angl. Energy efficiency and conservation programmes</i> )	Skatina pirkti energiją taupančius prietaisus arba renovuoti pastatus, taip sumažinant bendrą paklausą.
Statinė kainodara pagal naudojimo laiką ( <i>angl. Static time-of-use pricing</i> )	Elektros kainos skiriasi priklausomai nuo dienos laiko - žemos, kai paklausa yra maža (pvz. naktį), ir aukštos, kai paklausa yra aukšta (pvz. dienos metu). Kainos kiekvieną dieną nesiskiria.
Kritinės dienos įkainiai ( <i>angl. Critical day pricing</i> )	Panašios į statinę kainodarą pagal naudojimo laiką, tačiau „kritinė“ dieną visos dienos kainos yra žymiai didesnės, palyginti su nekritine diena.
Kritinė piko kaina ( <i>angl. Critical peak pricing</i> )	Panaši į statinę kainodarą pagal naudojimo laiką, tačiau piko metu, „kritinė“ dieną kainos yra žymiai didesnės, palyginti su nekritine diena piko metu.
Piko nuolaidos ( <i>angl. Peak time rebates</i> )	Panašu į kritinę piko kainą, tačiau klientams suteikiama nuolaida, jei kritinio piko metu jų suvartojimas nesiekia tam tikros ribos.
Realaus laiko kainodara ( <i>angl. Real-time pricing</i> )	Elektros kainos kinta visą dieną, paprastai kas valandą. Kainos teoriškai nenuspėjamos ir atitinka tam tikrus didmeninių elektros energijos kainų svyravimus.
Paklausos pirkimas ( <i>angl. Demand-side bidding</i> )	Vartotojai tiesiogiai dalyvauja elektros rinkoje, siūlydami kainą prieš numatomą paklausą. Paprastai tai būtų automatizuotas procesas, atliekamas per vartotojų prietaisus.
Dinaminė paklausa ( <i>angl. Dynamic demand</i> )	Prietaisai automatiškai reaguoja į sistemos dažnį, išsijungdami, kai dažnis nukrenta žemiau tam tikro slenksčio.

Reagavimas į paklausą dažniausiai skirstomas į dvi paklausos valdymo schemas [5]:

- aiški (*angl. explicit*)
- numanoma (*angl. implicit*).

Pagal aiškias schemas (dar vadinamas skatinamosiomis) vartotojai gauna tiesioginį atlygį, kad paprašius pakeistų savo vartojimą (t. y. sunaudotų daugiau ar mažiau), kuris paprastai aktyvuojamas pagal balansavimo paslaugas, elektros energijos kainų skirtumus ar tinklo apribojimus. Vartotojai gali uždirbti naudodamiesi savo lankstumu vartodami elektros energiją nepriklausomai nuo kitų rinkos dalyvių arba sudarydami sutartis su elektros energijos tiekėjais. Pastarasis gali būti nepriklausomas tiekėjas arba kliento energijos tiekėjas. Tačiau dažniau tiekėjai sutinkami kaip atskiri verslo vienetai. Numanomos paklausos valdymo schemas (arba dar vadinama netiesioginiu paklausos valdymu) apima atvejus, kai vartotojams yra siūlomos kintančios elektros energijos kainos arba kintantys laiko tarifai (arba abu), kurie iš dalies atspindi elektros energijos gamybos ir (arba)

transportavimo kainą skirtingomis sąlygomis [5]. Skirtingų schemų siūlomos paslaugos apibendrinamos 2 lentelėje [5].

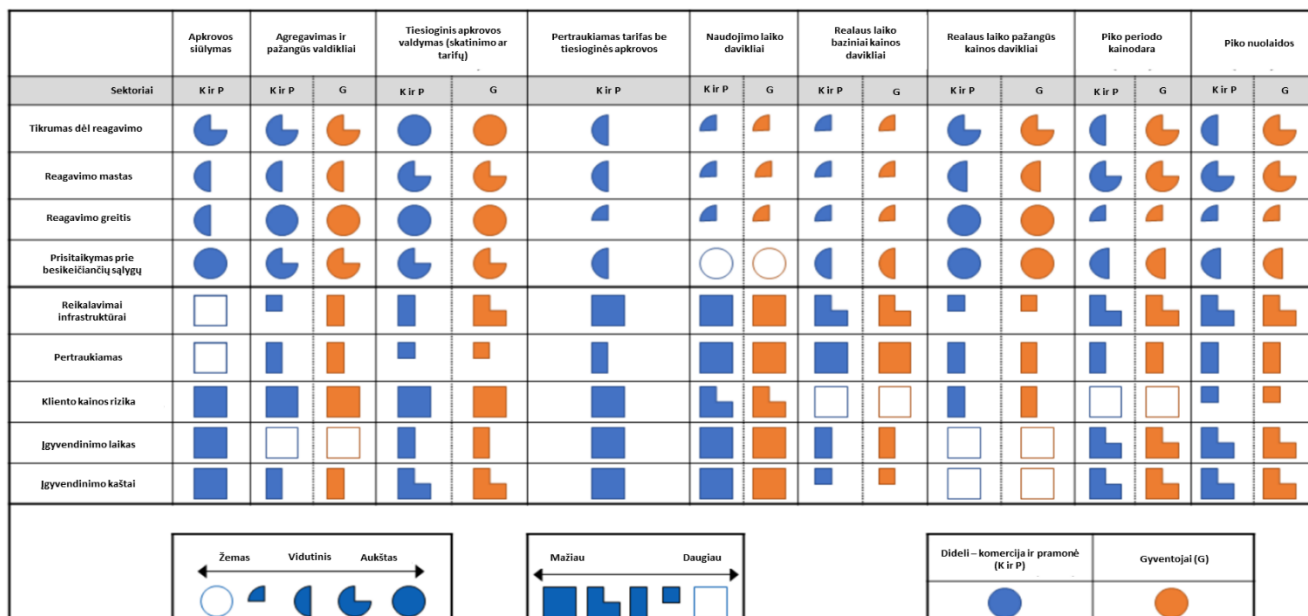
2 lentelė. Paklausos valdymo programos [5]

Numanomoms schemoms (angl. implicit schemes)	Aiškios schemoms (angl. explicit schemes)
Realaus laiko kainodara (angl. real time pricing)	Tiesioginės apkrovos kontrolė (angl. direct load control)
Kritinė piko kaina (angl. critical peak pricing)	Pertraukiama kainodara (angl. interruptible pricing)
Statinė kainodara pagal naudojimo laiką (angl. time of pricing)	Paklausos pirkimas (angl. demand bidding)

Kai kurie autoriai išskiria dar vieną paklausos valdymo priemonių paskirstymą - pagal tai, ar remiasi paskatinimu (angl. incentive-based) ar kaina (angl. price-based) [20]. Iš esmės ir šis skirstymas nustato tokius pat principus – arba susitarimai iš anksto pagal pasiūlymą ar sutartį (paskatinimu pagrįsta schema) arba vartotojams siūlomi kintantys laike tarifai, atspindintys elektros energijos kainą atitinkamomis valandomis.

Nors esama nemažai paklausos valdymo grupavimų vis tiek išlieka bendras principas – vartotojams mokamas atlygis kai vartotojas sudalyvauja paklausos valdyme. Remiantis Jungtinių Amerikos Valstijų Nacionalinės atsinaujinančių išteklių laboratorijos ataskaitos duomenimis [21] 5 paveiksle pateikiamas skirtingų reagavimo į paklausą programos tipų kokybinis apibendrinimas atsižvelgiant į:

- atsako patikimumo, dydžio ir greičio kokybę;
- kiek jos patikimos neapibrėžtumo sąlygomis (pvz. padidėjus vėjo ir saulės gamybai);
- kaip sunku jas paleisti atsižvelgiant į infrastruktūros reikalavimus, paleidimo laiką ir įgyvendinimo išlaidas;
- kiek jos gali būti priimtinos klientams, atsižvelgiant į dažnumą ir klientų kainos riziką.



5 pav. Skirtingų reagavimo į paklausą programos tipų kokybinis apibendrinimas [21]



### 1.3. Paklausos telkėjų galimi verslo modeliai

Siekiant buitinius vartotojus įtraukti aktyviai dalyvauti rinkos veikime atsiranda ir nauji rinkos dalyviai tokie kaip paklausos telkėjai. Buitiniai vartotojai suvartoja mažesnius kiekius elektros energijos, taip pat yra ribojami turimų įrenginių, įpročių ar technologijų. Taigi siekiant, kad tokie vartotojai būtų aktyvūs juos reikia apjungti į didesnes grupes ir tada valdyti bendrai jų suvartojimo mažinimo ar perkėlimo galimybes. Tokiu atveju rinkoje atsiranda paklausos telkėjai, kurie gali pasiūlyti atitinkamas paslaugas.

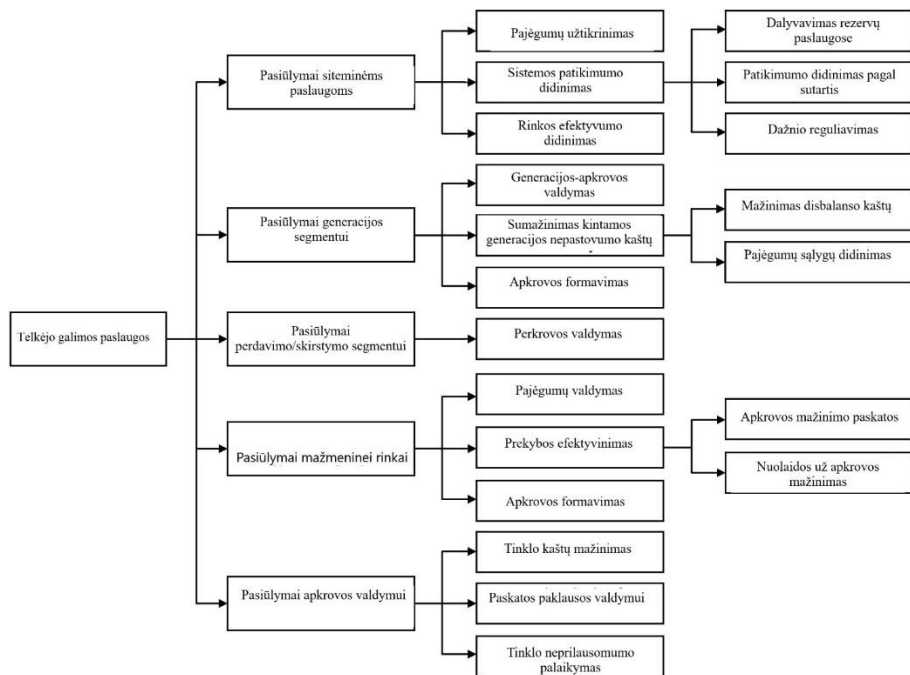
Paklausos telkėjai tampa tarpininkais tarp vartotojo ir sistemos operatoriaus ar kitų rinkos dalyvių, pvz. nepriklausomo tiekėjo - priklausomai nuo to kokį verslo modelį telkėjas pasirenka ar kokį modelį leidžia įstatymai šalies, kurioje veikia telkėjas. Autoriai Lu, Li, Xu, Wang, ZhouZhang (2020) siūlo tokį bendrinį telkėjo apibrėžimą „įmonė, kuri veikia kaip tarpininkė tarp galutinių elektros energijos vartotojų, paskirstytų energijos išteklių tiekėjų ir energetikos sistemos dalyvių, norinčių naudotis šiomis paslaugomis“ [22].

Telkėjas visų pirma tampa tarpininku tarp įvairių elektros energijos rinkos dalyvių ir gali pasiūlyti jiems platų paslaugų pasirinkimą, kai taip pat gali naudoti savo klientų turtą (pvz. elektromobiliai, skalbimo mašinos, indaplovės ir kt.) paklausos valdymui [23]. Dažniausi telkėjų verslo modeliai apibendrinti 3 lentelėje.

3 lentelė. Telkėjų galimi verslo modeliai

Verslo modelis	Aprašymas
Prekyba lankstumu kitos paros rinkoje	Telkėjas perka ir parduoda elektrą atsižvelgęs į turimiems klientams pritaikytas paklausos valdymo priemones siekdamas užsidirbti iš optimalios prekybos.
Prekyba lankstumu einamosios paros rinkoje	Jeigu telkėjas gauna informaciją apie savo klientų suvartojimą beveik tikruoju laiku tai gali papildomai prekiauti ir einamosios paros rinkoje, kai susiklosto palankios sąlygos.
Galios rezervo suteikimas	Gali padėti perdavimo skirstymo operatoriui suvaldyti sistemos disbalansą panaudodamas savo klientui kaip galios rezervą.
Perkrovos valdymas	Gali siūlyti paslaugas skirstymo operatoriams dėl tinklo perkrovos valdymo.

Pagal kiekvieną iš šių verslo modelių telkėjai gali teikti skirtingas paslaugas priklausomai nuo rinkos poreikio. 6 paveiksle detalizuojama kokias paslaugas telkėjai gali siūlyti priklausomai nuo pasirinkto pagrindinio verslo modelio.



6 pav. Telkėjų siūlomų paslaugų įvairovė [22]

Iš 6 pav. matyti jog telkėjas gali pasiūlyti paslaugas daugeliui šalies energetikos rinkos dalyvių ir paslaugų pobūdis yra įvairus. Siekiant pelno maksimizavimo dažniausiai nepakanka vien tik vieno tipo paslaugų – jas telkėjas turėtų rinktis pagal dalyvaujančius vartotojus, energetikos rinkos teisinę bazę, konkrečios šalies poreikius. Kadangi telkėjas dažnai yra atskiras juridinis asmuo jis galėtų vykdyti ir teikti tas pagrindines paslaugas kurios yra pelningiausios tačiau diferencijuodamas jų krepšelį gali užsitikrinti ir didesnę pelningumą. Paslaugų teikimas kartu apima ir atsakomybes prieš elektros vartotojus, kurios susistemintai pateikiamos 4 lentelėje.

4 lentelė. Telkėjo atsakomybės ir kompetencijos teikiant paslaugas.

Atsakomybės	Tikslas	Kompetencijos/Įrankiai
Analizuoti vartotojo paklausos valdymo potencialą	Suprasti kokius įrenginius naudos turi klientas, kiek jis gali atsakyti į paklausos valdymo signalus, automatizavimo lygis ir kt.	Duomenų analitika; Optimalūs paklausos valdymo scenarijai;
Iš anksto planuoti paklausos valdymo priemonės	Suprojektuoti paklausos valdymo tvarkaraštį ir informuoti klientus iš anksto, kad jie būtų pasiruošę sudalyvauti pagal nustatytą grafiką.	Duomenų analitika; Optimalaus paklausos valdymo priemonių taikymo tvarkaraščio sudarymas;
Suteikti komunikavimo ir kontrolės įrenginius	Turėti kuo labiau automatizuotą klientą, kad jo dalyvavimas paklausos valdyme būtų paprastesnis bei reikalautų mažiau žmogaus įsikišimo.	Automatizavimo įrenginiai; Ryšių infrastruktūra ir paslaugos;
Finansinių paskatų taikymas klientams	Siūlyti tokias paskatas, nuolaidas ar kitas finansines priemones kurios būtų patrauklios klientams įvertinus jų galimybes	Duomenų analitika; Finansai; Optimalus planavimas;

Nepriklausomai nuo to kam ir kokias konkrečias paslaugas telkėjas teiks pagrindinis principas išlieka toks pats: telkėjas sumoka klientui už jo lankstumą ir parduoda tą lankstumą elektros energijos rinkos dalyviams, kaip parodyta 7 pav.



7 pav. Santykis tarp telkėjo, kliento ir rinkos dalyvio [23]

Svarbu paminėti, kad pasaulinėje praktikoje dažniau taikomi modeliai susiję su galios rezervo teikimu ar sistemos balansavimo paslaugomis. Modeliai, kai telkėjai tik prekiautų kitos paros ar einamosios paros biržoje nėra dar plačiai naudojami. Taip yra dėl to, kad lankstumo paslaugos šalims visų pirma reikalingos dėl sistemos patikimumo užtikrinimo dėl paskirstytosios generacijos naudojimo augimo. Prekiavimas biržoje yra dažniau neatsiejama nepriklausomo tiekėjo veiklos dalis, o kartais telkėjai net pagal šalių įstatymus negali prekiauti biržoje. 5 lentelėje pateikiama susisteminta informacija apie telkėjų verslo modelius skirtingose pasaulio šalyse [22].

5 lentelė. Telkėjų veikiantys verslo modeliai skirtingose šalyse

Šalis	Verslo modelis
Jungtinės Amerikos Valstijos	Energijos valdymo paslaugos skirtos nepriklausomam rinkos operatoriui; Energijos valdymas siekiant klientų pelningumo didinimo – skirta dideliems pramonės klientams; Tinklo balansavimo paslauga;
Jungtinė Karalystė	Lankstumo pardavimas rinkoje; Klientų (pagrindė dideli pramonės ir verslo klientai) paklausos ir pasiūlos valdymas;
Prancūzija	Lankstumo pardavimas už balansą atsakingai šaliai ar nepriklausomam rinkos operatoriui;
Suomija	Dažnio valdymas per paklausos valdymą; Pagalba galutiniams vartotojams dalyvaujantiems rezervo rinkoje;
Australija	Lankstumo pardavimas rinkoje;
Singapūras	Išmaniosios energijos sprendimų pardavimas klientams; Tinklo patikimumo užtikrinimas;
Pietų Korėja	Lankstumas parduodamas sistemos operatoriui;
Kinija	Klientų skatinimas perkelti suvartojimą iš piko į ne piko laiką kai būna žemesnis tarifas.

Lietuvoje šiuo metu dar nėra aktyviai veikiančių telkėjų, tačiau jau yra teisinis reguliavimas, kuris apibrėžia telkėjo rolę elektros rinkoje. 2021 m. du telkėjai buvo gavę VERT leidimą verstis telkėjo veikla ir planuoja tokią veiklą. Taip pat sistemingai yra ruošiamasi tokių paslaugų sukūrimui. ESO šiuo metu pradėjo išmaniosios apskaitos diegimo projektą. Išmanieji skaitikliai yra pagrindiniai prietaisai, kurie leis įgalinti buitinių vartotojų paklausos valdymą [24]. Lietuvoje išmaniųjų skaitiklių diegimo projektas vykdomas dviem etapais ir iki 2023 metų pabaigos išmaniaisiais skaitikliai bus aprūpinta apie 50 proc. buitinių vartotojų ir visi verslo vartotojai. Pagal pasirinktą diegimo scenarijų

išmanieji skaitikliai bus įdiegti tiems buitiniams vartotojams, kurie suvartoja virš 1000 kWh per metus [25].

Kaip nurodyta Lietuvos rinkos plėtros įgyvendinimo plane, Lietuvoje šiuo metu paklausos valdymo paslaugos gali būti teikiamos didmeninėje rinkoje, pvz., naudojantis Nord Pool flexi order užsakymais [26]. Šiame reformų plane taip pat teigiama, kad šiuo metu dideli vartotojai jau galėtų taikyti paklausos valdymo priemones savarankiškai, tuo tarpu mažų vartotojų telkimas gali būti atliekamas tik atsakingo už savo balansą asmens portfelio lygmenyje, kas riboja telkėjo vartotojų kiekį ir šios paslaugos atsiperkamumą. Tačiau numatoma ateities rinkos koncepcija, kai galės atsirasti telkėjai kaip atskiri rinkos dalyviai ir galės teikti lankstumo paslaugas be atskiro vartotojų tiekėjų dalyvavimo.

2020 metais priimtas Elektros energetikos įstatymo pakeitimas, kuriuo įteisinami pagrindai reguliuoti telkimą bei nustatomos naujos rolės ir apibrėžiami nauji rinkos dalyviai. Įstatyme apibrėžtos naujos sąvokos: vartotojo elektros energijos paklausos pokytis, elektros energijos paklausos telkimas, elektros energijos paklausos telkėjas, taip pat apibrėžtas nepriklausomas paklausos telkėjas kaip rinkos dalyvis, kuris vykdo leidimais reguliuojamą veiklą [27].

Šiuo metu Lietuvos Respublikos energetiko įstatymas [28] Elektros energijos paklausos telkimą apibrėžia kaip *„asmens veikla, apimanti jo paties ir (arba) grupės kitų vartotojų elektros energijos paklausos pokyčių ir (arba) elektros energijos gamybos derinimą, siekiant nesuvartotos arba pagamintos elektros energijos kiekį ir (arba) nesuvartotą arba patiektą galią parduoti, pirkti arba pateikti aukcionui elektros energijos, balansavimo ir rezervinės galios rinkose“*. Taigi galiojantis teisinis reglamentavimas riboja telkėjų galimybes prekiauti kitos paros biržoje, o suteikiama galimybė dalyvauti balansavimo ir rezervinės galios rinkose. Tai yra ir kitose šalyse dažniausiai sutinkamas modelis.

#### **1.4. Prekybos biržoje sistema Lietuvoje**

Didmeninė prekyba Lietuvos elektros rinkoje vykdoma dviem būdais - prekyba per dvišalius sandorius ir prekyba elektros biržoje (kitos paros ir einamosios paros). Nuo 2012 m. didmeninę elektros energijos prekybą Lietuvos elektros biržoje administruoja Šiaurės ir Baltijos šalių elektros biržų operatorė – bendrovė „Nord Pool“. Biržoje dalyviai įsigyja ir parduoda elektrą be išankstinių susitarimų, o kaina nustatoma remiantis rinkos pusiausvyra. Prekybos eiga pagal Litgrid ir Nord Pool informaciją pateikiama 8 pav.

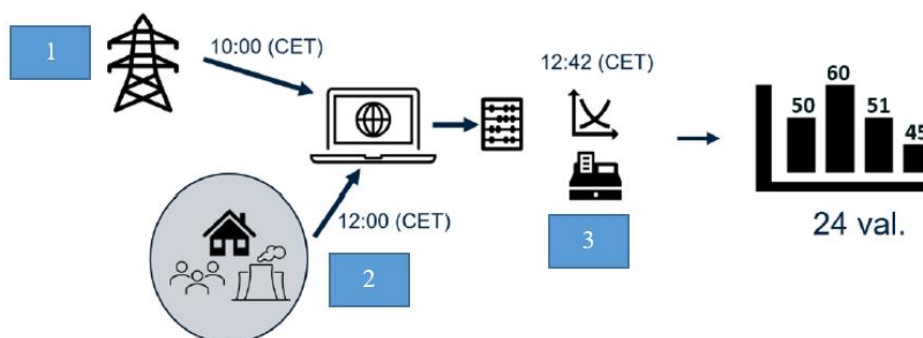


8 pav. Prekybos biržoje kalendorius pagal

Populiariausia priemonė prekybai biržoje yra kitos paros birža. Balansavimo kaina yra aukštesnė už einamosios paros ar kitos paros kainas todėl biržos dalyviai siekia (taip planuoja savo veiklą), kad būtų daugiausia suprekiauta už kitos paros nustatytą kainą.

Kaip savo darbe [29] teigia autoriai Zhang, Ging, Nordentoft, Pinsonostergaard, biržoje kiekvienos valandos kaina per artimiausias 24 valandas nustatoma remiantis rinkos pusiausvyra pagal pateiktus pasiūlymus pirkti ir parduoti elektros energiją tarp rinkos dalyvių. Artėjant konkrečiai elektros pristatymo valandai šią tikslinę pusiausvyrą gali tekti koreguoti, nes atsiranda paklausos svyravimai, gali būti neplanuotų trikdžių gamyboje ar suvartojime. Įvertinus šias aplinkybes gaunama nauja pusiausvyra tarp gamybos ir vartojimo pirmiausia einamosios paros rinkoje ir balansavimo prekybai. Balansavimo prekyba įvyksta 15–60 minučių iki fizinės elektros pristatymo laiko.

Kitos paros prekyba yra skirta subalansuoti pasiūlą ir paklausą elektros rinkoje įvertinus ateities planus. Jei planavimas būna neteisingas, ar pasikeičia sąlygos prekyba įvyksta per balansavimo rinką. Taigi visiems, kas nori prekiauti kitos paros kaina, yra svarbu tinkamas ir optimalios prekybos modelis priklausomai nuo turimų klientų ar siekiamų tikslų. Dienos prieš prekybos vykdymas ir pagrindiniai laikai parodyti 9 paveiksle.



9 pav. Prekybos kitos paros biržoje laikai

9 paveiksle pateikiami tokie prekybos etapai:

1. perdavimo sistemos operatoriai įvertina sistemos būklę ir išduoda rinkai tarp sisteminius pralaidumus prekybai;
2. iki 12 val. ryto klientai (gamintojai ir vartotojai) pateikia užsakymus. Kiekviename užsakyme nurodomas kiekis MW per valandą, kurį klientas nori pirkti ar parduoti už konkrečią kainą (EUR / MWh);
3. rinkos operatoriai optimizuoja gautus pasiūlymus ir paskelbia kainą, bei tarp sisteminius srautus kitai parai valandos tikslumu (ateityje planuojama 15min);

Iš esmės telkėjas galėtų veikti biržoje kaip virtualus gamintojas, t. y. jis teiktų elektros pardavimo pasiūlymus biržai pagal tai kiek planuoja jo klientai sumažinti savo vartojimą konkrečiu laiku. Dažniausiai būtų siekiama, kad klientai mažiau vartotų piko valandomis. Piko valandomis telkėjas perka energiją iš savo klientų ir parduoda ją biržoje [30]. Taigi jei telkėjas prekiautų biržoje jis turėtų laikytis biržos operatoriaus taisyklių ir siekdamas pelningumo optimizuoti prekybos algoritmus pagal savo klientų galimybes. Toliau bus apžvelgiama kokius pelno maksimizavimo modelius ir taisykles galėtų taikyti telkėjas prekybai kitos dienos rinkoje.

### 1.5. Pelningumo skaičiavimo modelių apžvalga

Kiekvienas telkėjas turi tikslą maksimizuoti taikomų priemonių atsipirkimą ar gauti daugiau pelno - pajamos turi būti kuo didesnės už išlaidas. Telkėjas uždirba parduodamas kitos dienos rinkoje elektros energiją, kurios nesuvartoja jo klientai konkrečią valandą. Telkėjo išlaidos tai mokėjimas jo klientams už nenaudojamą arba perkeltą suvartojimą [31].

Daugelis optimizavimo metodu remiasi panašiais principais – tinkamai suplanuoti suvartojimo mažinimą ir parduoti už geriausią kainą. Būtų galima išskirti dvejų tipų optimizavimo modelius – kai nagrinėjama tik iš telkėjo pusės (vieno lygio problematika) ir kai įtraukiamas ir vartotojo elgesio neapibrėžtumas (dvejų lygių problematika). Atlikus įvairių literatūros šaltinių analizę ([32, 33, 34, 35, 36]) schemeje (žr. 10 pav.) susistemintai pateikiami galimi optimizavimo modeliai.



10 pav. Susistemintos telkėjų veiklos optimizavimo schemas

10 pav. matyti pagrindinius elementus susijusius su optimalaus sprendimo paieška kuriuos sprendžia telkėjas (1) ir klientas (2). Telkėjas galėtų spręsti tik savo dalį optimizavimo uždavinio neįtraukiant kliento problematikos – tokiu būdu jis gali sukurti pakankamai efektyvų prekybos optimizavimo modelį. Įtraukus į optimizavimą ir kliento sprendžiamus neapibrėžtumus galima pasiekti labiau abi puses atliepanti paklausos valdymo modelį, o kartu ir labiau minimizuoti tiekėjo patiriamus kaštus taip maksimizuojant pelną [37].

Apibendrinant įvairių šaltinių informaciją apie telkėjų prekybos biržoje paslaugas galima daryti išvadą, kad telkėjas susiduria su dviem pagrindiniais iššūkiais kliento įtraukime ir pačio telkėjo veiklos optimizavime. Kliento lygmenyje telkėjas siekia panaudoti paklausos valdymo priemones su mažiausiomis sąnaudomis, tiksliai modeliuodamas klientų techninius apribojimus ir jų neapibrėžtą elgesį reaguojant į siūlomą atlygį. Veiklos lygmenyje telkėjas nustato optimalias prekybos galimybes didmeninėje rinkoje. Telkėjas turi rinktis prekybos priemones, t. y. ar prekiaus biržoje, kur kainos yra nulemiamos įvairių veiksnių, ar rinksis saugesnius dvišalius išankstinius sandorius, kurie paprastai nustatomi fiksuotu kiekiu ir fiksuota kaina tam tikram laikotarpiui [30].

### **1.6. Vartotojų įtraukimo į paklausos valdymą iššūkiai**

Be tinkamo savo prekybos mechanizmų optimizavimo telkėjas susiduria ir su klientų įtraukimo problematika. Buitinių klientų vartojimas prisideda prie sezoninės ir kasdieninės piko paklausos. Pagrindinės priežastys, skatinančios klientus dalyvauti paklausos valdymo programose yra išlaidų taupymas, elektros energijos tiekimo nutraukimo prevencija ar atsakomybės jausmo vedamos paskatos [20]. Aptardami paklausos valdymo raidos pažangą, ekspertai identifikuoja aiškų skirtumą tarp buitinių vartotojų ir verslo įsitraukimo į paklausos valdymą. Jungtinės Karalystės ekspertai aiškiai išskyrė, kad esamas požiūris į buitinių klientų paklausos valdymą neveikia jų šalies mastu: manoma, kad bet koks atsakas į vidaus paklausą yra per mažas, kad pateisintų būtinas trečiųjų šalių investicijas [14]. Žvelgiant iš vartotojo pusės, tai, kiek žmonės keis savo vartojimo įpročius, priklausys nuo tokių veiksnių, kaip suvokimas apie poreikį tai padaryti, pasitikėjimas komunalinių paslaugų ar energijos paslaugų tiekėju, paskatos ir išlaidos (įskaitant susipažinimo su informacija išlaidas) [19]. Kaip teigiama [19] vartotojų švietimas, kuris gali padidinti informuotumą apie galimybes, daro didelę įtaką rezultatams, taip pat kaip ir geresnis grįžtamasis ryšys. Tačiau patirtis rodo, kad žmonės greičiausiai nepakeis savo pasirinkto maisto gaminimo ar pietų laiko, todėl paskata turėtų būti labai reikšminga, norint įtikinti juos pakeisti vartojimą. Taip pat yra reikalingas ir nemažas automatizavimas ir inovatyvių technologijų taikymas, kad tokios paslaugos būtų pasiekiamos. Ir būtent tai, kiek vartotojų dalyvautų esant poreikiui valdyti paklausą, ir yra kritinis aspektas paklausos valdyme.

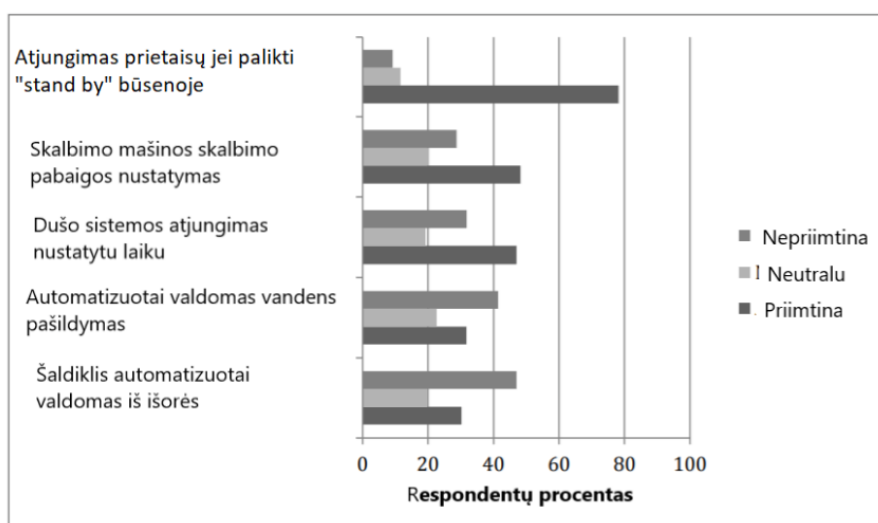
Taip pat socialinėmis ir psichologinėmis teorijomis pagrįsti tyrimai rodo, kad buitinis energijos suvartojimas retai būna racionalus, o veikiau veikiamas įvairių elgesio veiksnių, tokių kaip asmeninės nuostatos, vertybės, socialinės ir moralinės normos bei kasdieniai įpročiai ir kasdienybė [38]. Toks buitinių vartotojų elgesys savaime prieštarauja paklausos valdymo priemonių idėjoms.

Kiekvieno vartotojo namuose yra įvairių įrenginių. Būtent elektrą vartojantys įrenginiai ir yra ta grandis, prie kurios reikalinga prieiga (dažniausiai automatizuota), kad vartotojas galėtų dalyvauti paklausos valdyme be paties vartotojo sprendimo. Kitu atveju vartotojai patys priima sprendimus kada norėtų, o kada ne dalyvauti. Buitinius prietaisus pagal galimybes naudoti paklausos valdymo programose galima suskirstyti į tris tipus: kritinės, pertraukiamosios ir atidedamos apkrovos [24].

Kaip teigiama [24] kritinės apkrovos įrenginiai, tokie kaip šaldytuvai, maisto gaminimo prietaisai ir būtinas apšvietimas, negali būti išjungiami ar keičiamas jų naudojimo laikas dėl technologijų ar labai stiprių įpročių. Papildomas apšvietimas gali būti įjungtas ir kitu metu tad toks įrenginys ar jų grupė gali dalyvauti paklausos valdyme. Atidėtosios apkrovos, tokios kaip plaukų džiovintuvai, skalbimo mašinos, indaplovės, džiovyklės ir elektromobiliai, ypač tinkami paklausos valdymui, tačiau jie dažniausiai privalo suvartoti tam tikrą minimalų energijos kiekį ir kitu metu. Be to jei paklausa nesumažinama o perkeliama į kitą laiką tai vis tiek vartotojas ir rinkos dalyviai patirs sąnaudos tik nebūtinai tokias pat dideles kaip piko metu. Taigi iš visų įrenginių tipų tik kritinės apkrovos įrenginiai negali dalyvauti paklausos valdymo programose.

Be įrenginių buitinių vartotojų galimybės daro įtaką ir kitos aplinkybės. Buvo atlikti įvairūs pilotai Europos šalyse, norint išnagrinėti išmaniojo tinklo naudas. Atlikus tyrimą nustatyta, kad svarbūs veiksniai yra klimatas (pvz. oro kondicionavimo įrenginių buvimas ar nebuvimas), pastato būklė (pvz. vidutinis pastatų izoliacijos lygis), prietaisų nuosavybė (pvz. įvairių išmanių prietaisų naudojimas), tiekimo technologijos (pvz. atsinaujinančių energijos šaltinių paplitimas ir energijos gamyba), norminiai reikalavimai (pvz. atsižvelgiant į leidžiamą tarifų struktūrą), požiūris į duomenų privatumą (pvz. nuosavybės teisė į duomenis, gaunamus iš išmaniųjų skaitiklių), socialiniai ir ekonominiai kintamieji (pvz., pajamos, išsilavinimas, namų ūkių dydis ir kt.) , kitas požiūris (pvz., į aplinką ar individualią finansinę naudą) [39].

Kadangi paklausos valdymas liečia konkrečius individus ir jų įpročius tai neužtenka vertinti tik technologinę pusę. Norint tiksliau nustatyti ar paklausos valdymo priemonės turi potencialą, būtina atkreipti dėmesį į vartotoją – koks jis yra, ar yra pasiryžęs dalyvauti, koks skaitiklių automatizavimo lygis šalyje ar kokie galimi tarifai. Pagal Jungtinėje Karalystėje atliktą apklausą matoma, kad iš tirtų gyventojų imties (N = 2441) dauguma dalyvių (58%) nurodė, kad yra pasirengę sumažinti dabartinį asmeninės energijos suvartojimo lygį ir yra pasirengę praleisti daugiau laiko galvodami apie elektros energijos naudojimą (79%) [40]. Šio tyrimo metu taip pat nagrinėta kokios priemonės labiausiai būtų tinkamos vartotojams. Apklausos rezultatai pateikiami 11 paveiksle.



11 pav. Paklausos valdymo programose naudojamų įrenginių priimtimumo vertinimas



Kaip matyti iš pateikto grafiko (žr. 11 pav.), vartotojams labiausiai priimtini mažiausiai jų įpročiams įtaką darantys veiksmai, tokie kaip atjungimas prietaisų laukimo būsenoje, t. y. tų, kurių tuo metu nenaudoja, ar skalbimo mašinos laiko nustatymas – tai įprotis, kurį lengvą pakeisti ar perkelti.

Taigi apžvelgus teorinę dalį galima teigti, kad paklausos valdymas yra dar visai naujas metodas kaip prisidėti prie tvarumo ir energetinio efektyvumo kartu sumažinant ir tinklo apkrovas reikiamu metu. Telkėjo rolė yra visai nauja elektros rinkoje ir daugelis šalių tik pilotuoja ar bandosi įvairius telkėjų veikimo modelius. Telkėjai dažniau veikia balansavimo ar rezervinėse rinkose. Tačiau pasirinktas tolimesniam nagrinėjimui telkėjo veiklos modelis prekiaujant kitos paros rinkoje yra dažnai svarstomas įvairiose moksliniuose šaltiniuose kaip turintis potencialo labiau įtraukti vartotojus į paklausos valdymą nei esant kitiems modeliams [40]. Pagal atliktą teorinę paklausos valdymo priemonių, telkėjo verslo modelių bei vartotojų įtraukimo į paklausos valdymą analizę galima būtų išskirti esminius kriterijus kurie yra svarbūs paklausos valdyme ir gali būti naudojami atliekant pelningumo tyrimą:

1. paklausos valdymo programos tipo pasirinkimas – paskatos ar kainodara pagrįsta programa, sutariama iš anksto ar dinaminė ir iš to siūlomas atlygis klientui;
2. telkėjo veiklos modelio ir optimizavimo kitos paros prekybai parinkimas;
3. vartotojų noras dalyvauti paklausos valdyme ir neapibrėžtumo valdymas.

Atlikus tyrimą kokios šios prielaidos turėtų būti arba kokių veiksmų turėtų imtis telkėjas galima rasti optimalų ir efektyviausią telkėjo veikimo modelį prekybai biržoje.

## 2. Telkėjo pelningumo sąlygų tyrimo metodika

### 2.1. Tyrimo objektas ir naudojami duomenys

Telkėjai yra nauji rinkos dalyviai tad siekiant įvertinti telkėjų galimybes pasiūlyti paslaugas buitiniams vartotojams, bus vertinamas konkretus verslo modelis, kai telkėjas sumažinta turimų klientų apkrova prekiauja kitos paros biržoje. Toks modelis retai sutinkamas rinkoje, dažniau sutinkamas telkėjų dalyvavimas balansavime, tad papildomo veiklos modelio pelningumo tyrimas nagrinėja platesnes telkėjų rolės galimybes.

Šiuo tyrimu siekiama nustatyti koks telkėjo ir kliento, kuris dalyvauja paklausos valdymo tyrime elgesys nulemtų telkėjo didesnę pelną, kai telkėjas prekiauja kitos paros rinkoje.

Šiam tikslui pasirinktas skaičiavimo modelis sprendžiantis dviejų lygių optimizavimo problematiką – viršutiniame lygmenyje susijusia su telkėjo prekyba dienos prieš rinkoje ir apatiniame lygmenyje susijusia su kliento elgesio neapibrėžtumu.

Telkėjas		
Atlygis	Disbalanso valdymas	Optimalus energijos pirkimas
Atlygis	Dalyvavimo dažnis	Perkeltos apkrovos atstatymas
Klientas		

12 pav. Sprendžiami apribojimai iš telkėjo ir kliento pusės

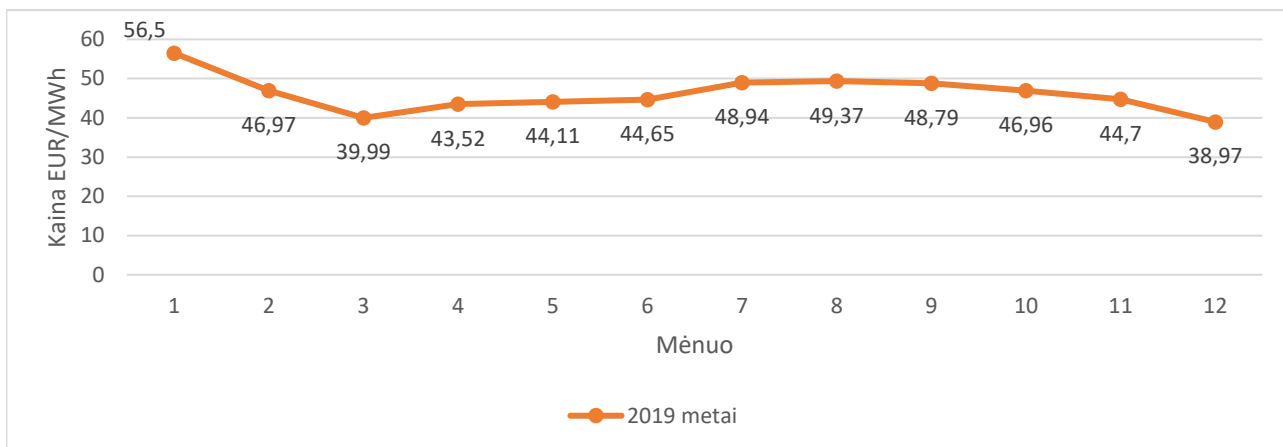
Pelningumo tyrimas atliekamas remiantis tiksliai istoriniais 120 buitinių vartotojų duomenimis ir kitos paros biržos kainomis. Atlikus istorinių duomenų analizę ir pritaikius kitas prielaidas kuo labiau prie esamos rinkos galima pasiekti rezultatą nustatant ar pelninga būtų veikla telkėjo veikiant Lietuvos rinkoje esamomis sąlygomis. Tyrimui atlikti bus naudojami tokie 2019 m. duomenys:

- Nord Pool biržos dienos prieš kainų kiekvienos valandos duomenys [41] (duomenų pavyzdys pateikiamas 1 priede);
- 120 buitinių vartotojų, kurie turi įdiegtus išmaniuosius skaitiklius, kiekvienos valandos suvartojimo duomenys<sup>2</sup> (duomenų pavyzdys pateikiamas 2 priede);

#### 2.1.1. Kainų duomenys didmeninėje rinkoje ir vartotojų tarifai

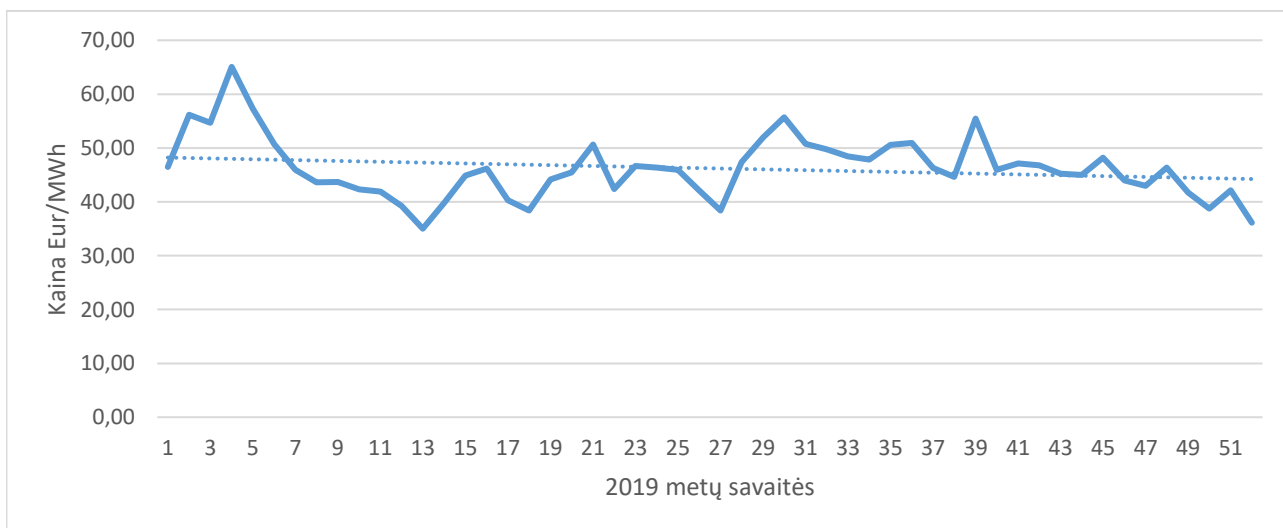
Tyrimui naudotos konkrečios valandos kitos paros kainos kaip pateikiama 1 priede. 2019 metais vidutinės kitos paros prekybos kainos rodomos diagramoje 13 paveiksle.

<sup>2</sup> Valandiniai suvartojimo duomenys pateikti AB „Energijos Skirstymo operatorius“



13 pav. Vidutinė mėnesinė 2019 metų kitos paros kaina Nord pool biržoje

Pagal 13 pav. matyti jog 2019 metais pirmąjį ketvirtį vidutinė mėnesio kaina didmeninėje rinkoje sumažėjo, nuo 4 iki 8 mėnesio augo – to pagrindinė priežastis buvo nepastovi vietinė generacija, kainų pokyčiai Švedijoje ir Suomijoje, mažesnis importas. Tačiau šis kainų pokytis buvo labai neženklaus ir jau nuo rugsėjo mėnesio kainos pradėjo kristi. Palyginus sausio ir gruodžio mėnesio kainas sumažėjimas net 31 proc. Savaitinių kainų pokyčiai irgi nebuvo ženklūs. Kaina nestipriai svyravo ir turėjo tendencija mažėti kaip galima matyti 13 pav. grafike. Pagal grafiką (žr. 14 pav.) matyti, kad vidutinė kaina pagal savaites svyravo tarp mažiausios 35,01 Eur/MWh 13 metų savaitę ir 65,06 Eur/MWh 4 metų savaitę. Vidutinė savaitės kaina buvo 46,23 Eur/MWh. Stebima kainos mažėjimo tendencija metų bėgyje.



14 pav. Kitos paros prekybos vidutinės savaitės kainos ir kainų tendencija

Tyrimui bus svarbi kiekvienos valandos kaina kaip pateikiama 1 priede. Siekiant iširti telkėjo pelningumo sąlygas kitos paros kaina bus vienas iš veiksnių nulemiančių kiek galėtų telkėjas uždirbti ir kokius kaštus patirs.

Be biržos kainos svarbūs yra ir vartotojų tarifai. Kadangi šiuo metu buitinių vartotojų rinkos liberalizavimas yra tik prasidėjęs ir didžiausias yra visuomeninis tiekėjas, tai svarbu tyrime į tokią informaciją atsižvelgti per atlygio vartotojui schemą. 6 lentelėje pateikiama 2019 metų populiariausio

vartotojų tarifo informacija. Pagal VERT duomenis populiariausias buvo „standartinis“ vienos laiko zonos tarifas [42].

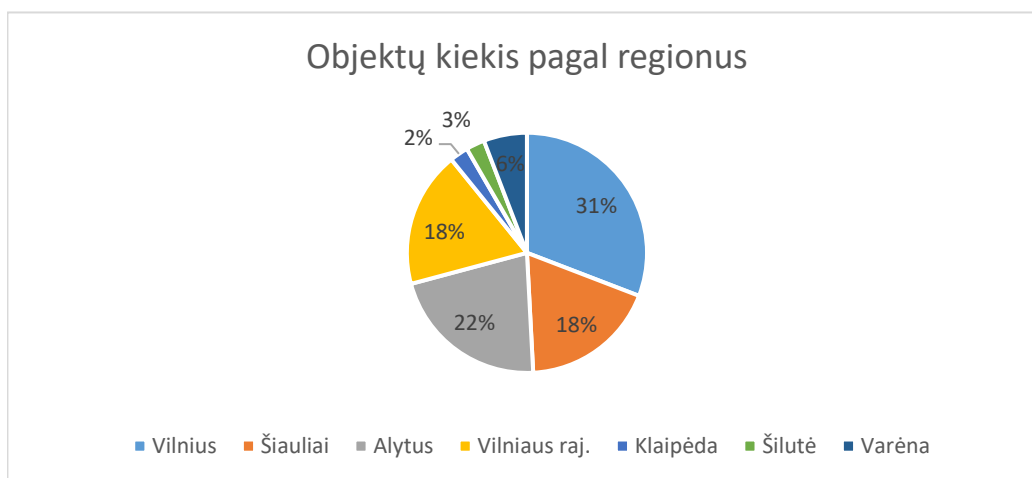
6 lentelė. Vienos laiko zonos tarifas

Laiko zonos	Pavadinimas	2019 m. Eur/kWh (su PVM)	2019 m. Eur/MWh (su PVM)	2019 m. Eur/MWh (be PVM)
Viena laiko zona	„Standartinis“	0,13	130	107,44

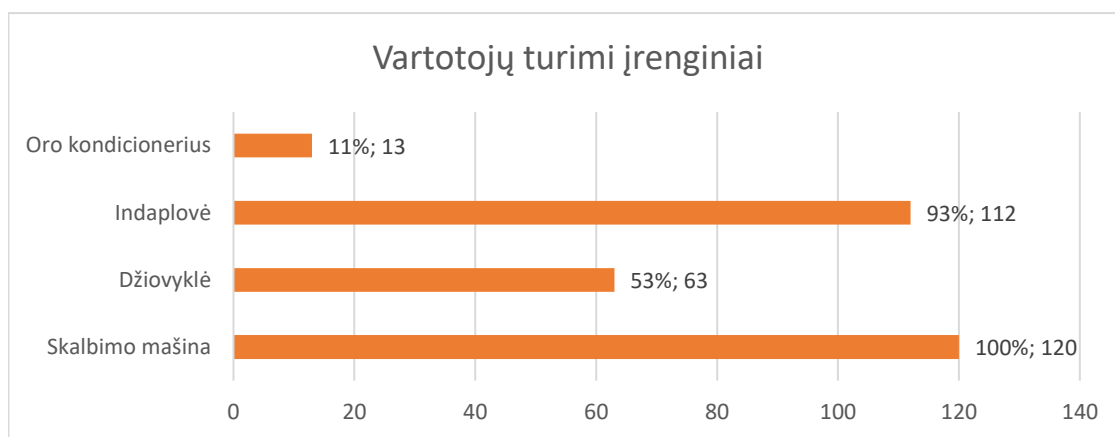
Pagal 2019 m. vartotojams taikomą tarifą už MWh be PVM vienos laiko zonos tarifas viršija vidutines didmeninės rinkos savaitės kainas. Tačiau iš kitų šalių pavyzdžių ir atliktų tyrimų galima daryti išvadą, kad labiausiai vartotojus domina tos priemonės kurios atneša tiesioginę finansinę naudą ir siūlomas atlygis turėtų būti ne mažiau nei 30 proc. nuo įprastos kainos. Taigi įvertinus, kad vartotojams siūlomas atlygis susietas su tarifu bus apie 30 proc. nuo taikomo tarifo gali būti ir tokių dienų kai atlygis viršys tos dienos prekybos kainą. Taigi be kitų veiksnių, būtent siūlomas atlygis ir bus vienas iš pelningumą nulemiančių veiksnių kuris analizuojamas šiame tyrime.

### 2.1.2. Suvartojimo ir vartotojų duomenys

Priimama, kad nagrinėjamas telkėjas veikia Lietuvos rinkoje ir yra sudaręs sutartis su 120 buitinių vartotojų visoje Lietuvoje. Šių vartotojų pobūdį – gyvenantys name ar bute, vidutinis mėnesio suvartojimas, regionas, turimi įrenginiai, kurie bus naudojami paklausos valdymui pateikiami 3 priede. Susisteminti duomenys pateikiami 15-16 paveiksluose esančiuose grafikuose.



15 pav. Tyrime naudojamų objektų pasiskirstymas pagal regionus



16 pav. Tyrimui naudojami vartotojų įrenginiai

Iš pateiktos informacijos žinoma, kad vartotojai yra ganėtinai skirtingi, daugiausia jų turi tik mažos galios įrenginius, t. y. skalbimo mašinas, indaploves, džiovykles. Tokie įrenginiai nėra labai galingi ir tokie vartotojai negalės pasiūlyti telkėjui daug apkrovos, tačiau yra populiarius tarp buitinių vartotojų ir gali sėkmingai būti naudojami paklausos valdyme.

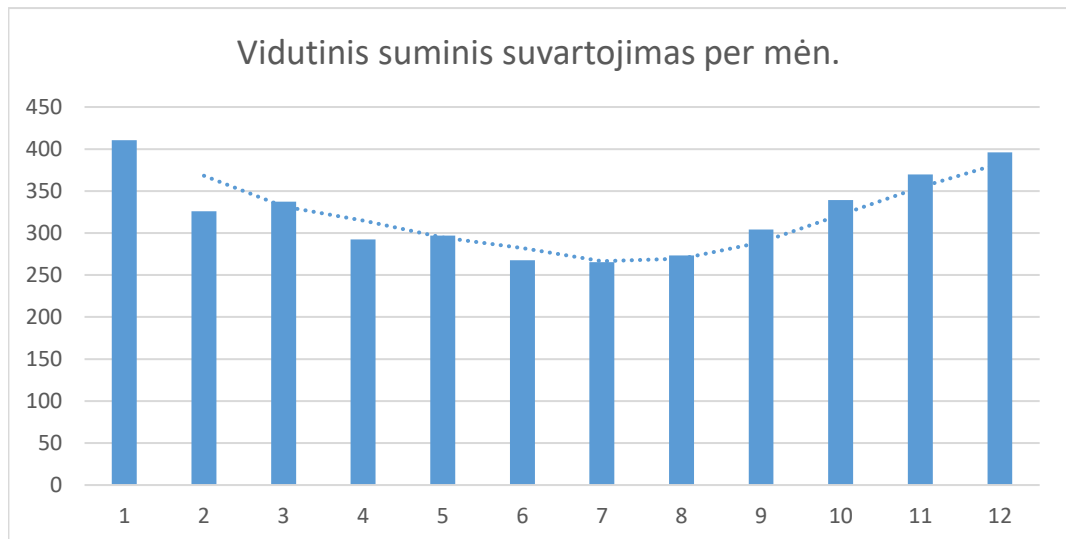
Pasirinktų vartotojų vidutinio suvartojimo pasiskirstymas pateikiama 7 lentelėje.

7 lentelė. Vidutinis suvartojimas

Vidutinis suvartojimas per mėn. kWh	Kiekis vartotojų	Procentas
0-99	10	8%
100-199	34	28%
200-499	55	46%
500-999	17	14%
1000-..	4	3%
	120	100%

8 proc. vartotojų suvartoja mažiau nei 100 kWh per mėnesį – greičiausiai tokie vartotojai galės labai retai dalyvauti arba visai nedalyvaus paklausos valdyme. Tačiau siekiant kuo labiau nustatyti realias veikimo sąlygas tokie vartotojai irgi įtraukiami į tiriamus duomenis. Tačiau 17 proc. vartotojų suvartoja virš 500 kWh per mėn. Tokie vartotojai turėtų dažniau naudotis turimais įrenginiais taip pat modeliuojama, kad visi suvartojantys virš 1000 kWh per mėn. turi ir oro kondicionierius kuriuos galės naudoti šildymui ir šaldymui taigi beveik visus metus.

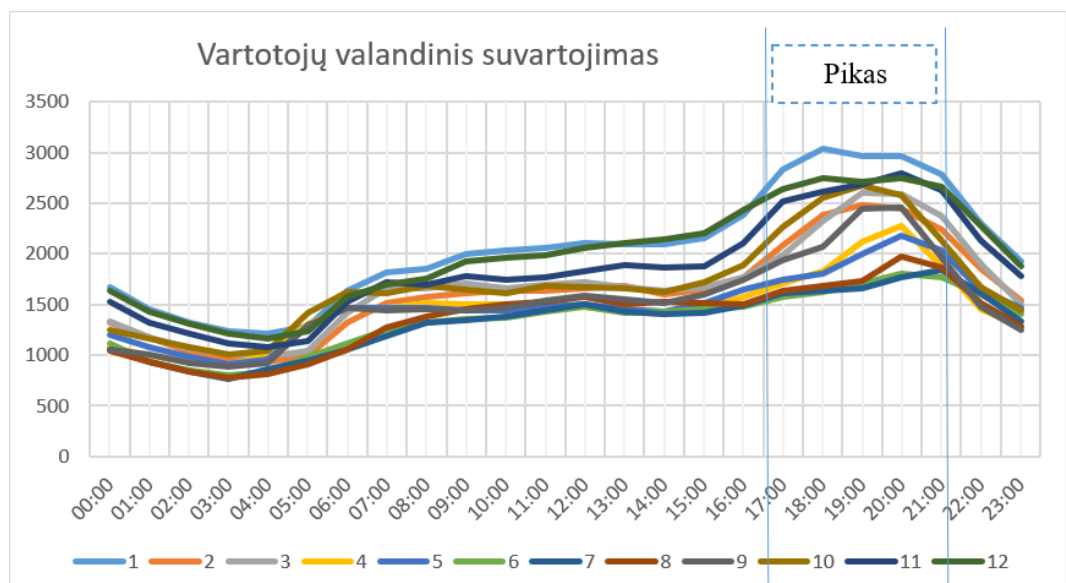
Visų vartotojų suminis suvartojimas per metus siekia 465 MWh. Kiekvieno mėnesio vidutinis vartotojų suvartojimas pavaizduotas grafike.



17 pav. Vidutinis suminis visų tyrime dalyvaujančių vartotojų suvartojimas pagal mėnesius

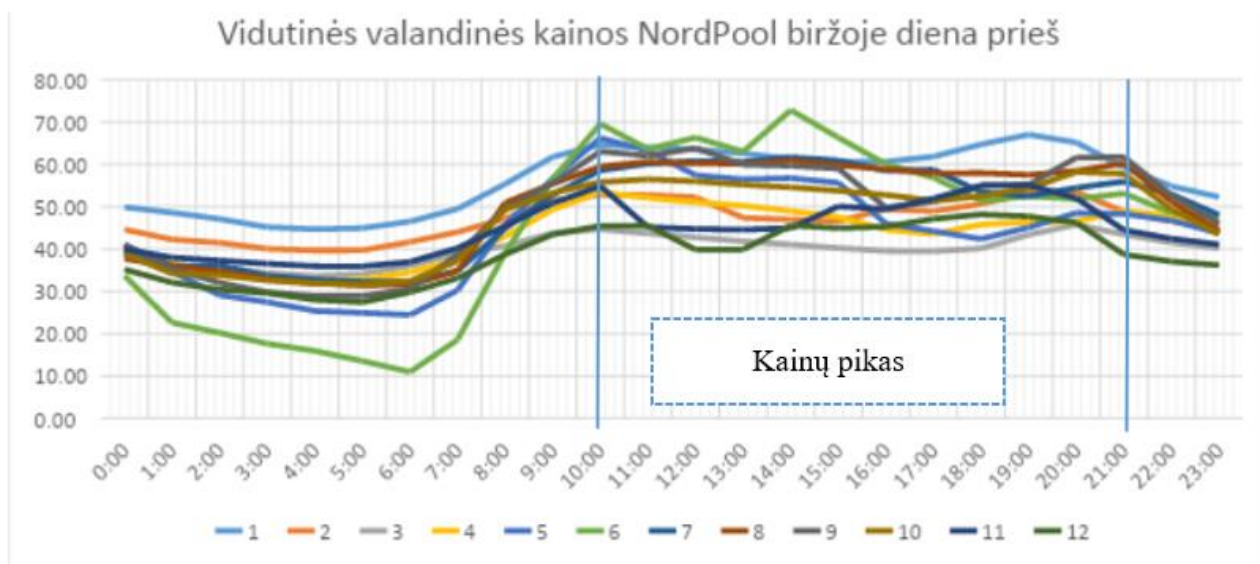
Iš 17 pav. diagramos darytina išvada, kad didžiausias suvartojimas yra žiemos sezono mėnesiais. Tuo metu gali būti dažniau naudojamas oro kondicionierius šildymui, ypač pereinamuoju laikotarpiu 09-11 mėn. jei tuo metu dar nėra įjungtas miestų centrinis šildymas. Tyrime nebus vertinama jei vartotojai naudojami šildymą elektra. Siekiama bus ištirti labiau paplitusius įrenginius, kurie gali būti randami pas daugelį vartotojų.

Taip pat atliekant tyrimą svarbu nustatyti kuriomis valandomis yra mūsų vartotojų suvartojimo pikas ir kiek jis sutampa su Lietuvos skirstymo tinkle buvusiu piku tuo pačiu laikotarpiu. Tai svarbu, nes daroma prielaida, kad telkėjas sieks pritaikyti paklausos valdymo programas ir prekiauti kitos paros biržoje per piko laikotarpį – kai kaina yra didžiausia ir jam labiausiai apsimoka prekiauti turima laisva apkrova. Vartotojų valandinis suminis suvartojimas pagal mėnesius parodytas 17 pav.



17 pav. Visų vartotojų kiekvienos valandos suminis suvartojimas pagal mėnesius

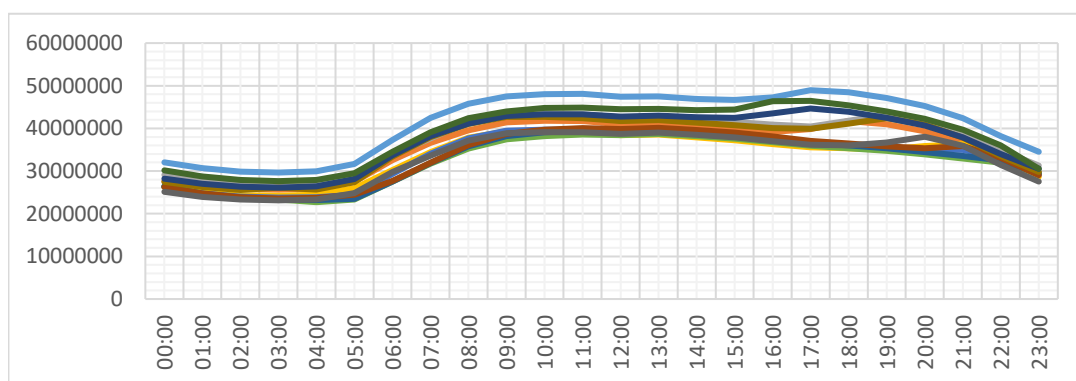
Pagal 17 pav. diagramą matyti, kad tyrime naudojamų vartotojų suvartojimo pikas yra tarp 17:00 ir 21:30 val. Pagal Nord Pool biržą pikas yra tarp 9:00 ir 21:00 val. Lietuvos laiku (žr. 18 pav.). Įvertinus abu grafikus (žr. 17 ir 18 pav.) matyti jog vartotojų pikas yra trumpesnis nei kainų pikas biržoje, tačiau vakaro metu jie sutampa. Tiriamo laikotarpio (2019 metai) kiekvieno mėnesio kainų diagrama pateikiama 18 paveiksle.



18 pav. Vidutinės kitos paros prekybos valandinės kainos Nord Pool biržoje pagal mėnesius

Iš 18 pav. matyti, kad biržoje kitos paros kaina metų bėgyje stipriai svyravo: nuo 10 iki virš 70 Eur už MWh. Aukščiausios kainos buvo tarp 09:00 val. ir 21:30 val. Bendrai pikas mūsų vartotojų ir biržos kainų sutampa, tačiau daliai vartotojų, kurie tik perkelia suvartojimą o ne sumažina reikės įsigyti energijos ir ne visada tai bus tik per žemų kainų periodą, t. y. tarp 23:00 ir 08:00 val.

Tyrimui svarbu pažiūrėti ir kada buvo suvartojimo pikas Lietuvoje. Pikas skaičiuojamas pagal gautą į skirstymo tinklą energiją<sup>3</sup>. 19 pav. rodomas kiekvienos valandos suminis suvartojimas 2019 metais.



19 pav. Energija paduota į skirstymo tinklą valandomis

Matome, kad iš esmės skirstymo tinklo kreivė atitinka kainų piką (žr. 18 ir 19 pav.). Apie 17 val. suvartojimas pakyla maksimaliai ir pradeda mažėti. Nėra ženklaus išsiskyrimo palyginus su analizuojamais vartotojais, kur pagal 17 paveikslo grafiką aiškiai matosi pikas nuo 17 val. iki 21 val.

<sup>3</sup> AB Energijos skirstymo operatorius pateikti duomenys

Kadangi šiame grafike yra ir verslo vartotojams tiekiamą energiją, o verslas veikia visą dieną tai sunku išskirti buitinių vartotojų piką. Tyrimui priimama, kad pikas yra pagal 17 pav. nes būtent šie vartotojai tiriami ir jų vartojimo įpročiai galėtų atspindėti ir visos Lietuvos buitinius vartotojus.

### 2.1.3. Vartotojų įrenginiai ir laisvos apkrovos

Priimama, kad telkėjas žino savo vartotojus ir yra nustatęs kokius įrenginius jie turi, kurie gali dalyvauti paklausos valdyme ir kokia būtų maksimali įrenginių apkrova. Duomenys apie įrenginių apkrovas sumodeliuoti remiantis D. Kuprio magistro projekto tyrimu [43]. 8 lentelėje pateikiami duomenys pagal laisvas arba perkeliamas apkrovas kurios galėtų būti naudojamos paklausos valdymo programose.

8 lentelė. Tyrime naudojamų įrenginių galios ir naudojimo laikas

Įrenginys	Galia, kW	Maksimalus laikas per dieną, h	Sunaudoja energijos per dieną maksimaliai, kWh
Oro kondicionavimas	1,65	6	9,9
Skalbimo mašinos	0,68	1,5	1,02
Džiovyklės	1,1	2	2,2
Indaplovės	0,65	2	1,3
<b>VISO</b>	<b>4,08</b>		<b>14,42</b>

## 2.2. Skaičiavimo modelio aprašymas

Priimame, kad telkėjas teikia dvi paklausos valdymo paslaugas: apkrovos perkėlimą ir apkrovos mažinimą (*angl. curtailment*). Siūlomas modelis paremtas Mahmoudi, Heydarian-Forushani, Shafiekhah, Saha, GolshanSiano 2017, aprašytu „iš apačios į viršų“ reagavimo į paklausą modeliu telkėjui dalyvaujant elektros rinkose [30]. Modelio esmė, kad telkėjas perka energiją iš apkrovos perkėlimo ir apkrovos mažinimo programų ir parduoda ją kitos paros rinkoje. Jeigu vartotojas tik perkėlė suvartojimą, tai telkėjas turi įsigyti perkeltą apkrovą kitu metu, kad patenkintų vartotojo poreikį. Siekiant ištirti kurios sąlygos nulemtų didžiausią pelningumą telkėjui bus modeliuojami skirtingi atsiskaitymo būdai su klientais, apkrovos perkėlimas ir atstatymas, klientų dalyvavimo neapibrėžtumas.

Tyrimui atlikti naudojama Microsoft Excel skaičiuoklė ir Microsoft Access bazė, apkrovos apribojimams nustatyti *pandas* [44] programinė įranga.

### 2.2.1. Apribojimai

Kiekviena taikoma paklausos valdymo programa turi savo pagrindinius apribojimus:

1. laikas, per kurį reikia įgyvendinti paklausos valdymo veiksmus;
2. apkrovos minimalus ir maksimalus potencialas;
3. vienos programos trukmė;
4. energijos limitas;
5. kiek kartų per dieną galima paleisti programas;
6. vartotojų galimybė sumažinti suvartojimą;



Toliau šie apribojimai aprašomi naudojant formules ir bus naudojami modeliuojant paklausos valdymo programas.

Naudojami indeksai formulėse pateikti 9 lentelėje

9 lentelė. Formuliu indeksų paaiškinimai

Indeksas	Paaiškinimas
$pvp$	paklausos valdymo programos indeksas apima $pvp = \{pm, pp, ppa\}$
$pm$	paklausos mažinimo programos indeksas
$ppa$	paklausos perkėlimo programos vartojimo atstatymo veiksmų indeksas
$pp$	paklausos perkėlimo programos indeksas
$t$	Laiko indeksas ( $t = 1, 2, \dots, T$ )
$w$	Scenarijaus indeksas ( $w \in \pi(w)$ )

$$P_{pvp}(t) \leq P_{pvp}^{\max}(t) \times U_{pvp}(t) \times T_{pvp}^{On}(t) \quad \forall pvp, t; \quad (1)$$

čia  $P_{pvp}(t)$  – maksimali apkrovos reikšmė laiko momentu  $t$ ;  $P_{pvp}^{\max}(t)$  – maksimali konkrečios paklausos valdymo programos apkrova laiko momentu;  $U_{pvp}(t)$  – binarinė reikšmė nustatanti ar programa tuo metu paleista;  $T_{pvp}^{On}(t)$  – programos veikimo trukmė.

Šis apribojimas taikomas nes konkrečiu momentu  $t$  taikomos programos apkrova yra ne didesnė nei nustatyta maksimali. Tyrimo maksimalios apkrovos nurodytos 8 lentelėje.

Taigi, jei pas vartotoją būtų visi įvardinti įrenginiai ir jis dažniausiai jos naudoja piko metu, o sutiktų visų jų nenaudoti per piką, tai maksimali apkrova kurią parduotų telkėjas rinkoje iš vieno vartotojo per vieną dieną būtų apie 14,42 kW.

Kiekviena paklausos valdymo programa turi savo maksimalią ir minimalią trukmę, kurių apribojimai aprašomi (2) ir (3) formulėmis.

$$\sum_{k=t}^{k+D_{pvp}^{\min}-1} U_{pvp}(t) \geq D_{pvp}^{\min} \times I_{pvp}(t) \quad \forall pvp, t; \quad (2)$$

čia  $U_{pvp}(t)$  – binarinė reikšmė nustatanti ar programa tuo metu paleista;  $D_{pvp}^{\min}$  – minimali laiko trukmė kai klientas sutinka naudotis paklausos valdymo programa;  $I_{pvp}(t)$  – binarinė reikšmė nustatanti ar laiko momentu  $t$  programa veikia.

$$\sum_{k=t}^{k+D_{pvp}^{\max}-1} S_{pvp}(t) \geq I_{pvp}(t) \quad \forall pvp, t; \quad (3)$$

čia  $S_{pvp}(t)$  – binarinė reikšmė reiškianti kad programa buvo sustabdyta laiko momentu  $t$ ;  $I_{pvp}(t)$  – binarinė reikšmė nustatanti ar laiko momentu  $t$  programa veikia.

Priimame, kad telkėjas nustato jog minimalus taikomos paklausos valdymo programos laikas yra ne mažiau nei 1 valanda, o maksimalus ne daugiau nei 4 val. per vieną dieną. Apribojimas iš kliento

pusės bus nustatytas 4 val. kas reikš, kad visą piko laikotarpį klientas gali nejungti turimų įrenginių ir dalyvauti paklausos valdymo programoje.

Taip pat (4) formule nustatomas apribojimas, kad maksimali pasiekama paklausos valdymo programoms apkrova negali būti didesnė nei pasiekama energija iš įrenginių pagal 8 lentelę.

$$\sum_{t \in T_{pvp}^{On}} P_{pvp}(t) \leq E_{pvp}^{\max}(t) \quad \forall pvp; \quad (4)$$

čia  $P_{pvp}(t)$  – maksimali apkrovos reikšmė laiko momentu  $t$ ;  $E_{pvp}^{\max}(t)$  – maksimali energija pasiekama paklausos valdymo programai;  $T_{pvp}^{On}(t)$  – programos veikimo trukmė.

Ir paskutinis apribojimas taikomas visoms paklausos valdymo programoms pagal (5) formulę nustato kiek kartų per dieną gali būti taikoma paklausos valdymo programa.

$$\sum_{t \in T_{pvp}^{On}} I_{pvp}(t) \leq N_{pvp}^{\max}(t) \quad \forall pvp; \quad (5)$$

čia  $I_{pvp}(t)$  – binarinė reikšmė nustatanti ar laiko momentu  $t$  programa veikia;  $N_{pvp}^{\max}(t)$  – kiek kartų per dieną paklausos valdymo programa gali būti paleista.

Telkėjas siekia parduoti energiją per piką todėl nustatytas apribojimas, kad per dieną paklausos valdymo programa bus taikoma tik vieną kartą – piko metu. Piko trukmė yra 4 valandos - tokia pat kaip ir maksimali programos trukmė.

Šie 5 apribojimai taikomi visais atvejais ir kai vartojimas sumažinamas ir kai vartojimas perkeliamas. Papildomai perkeliant vartojimą atsiranda dar vienas apribojimas, kuris nustato kiek iš sumažintos apkrovos vartotojas suvartos kitu laikotarpiu, pvz. ne per piką ar kitu su telkėju sutartu metu. Tai reiškia, kad vartotojai renkasi ar perkels pilnai visą nesuvaldytą kiekį į kitą laikotarpį ar tik kažkurią jo dalį. Tokiam vartotojo sprendimui dažniausiai darys įtaką siūloma kaina už perkėlimą ir už sumažinimą, ne piko metu jam taikomos kainos ir galimybė keisti įpročius.

$$\sum_{t \in T_{pp}^{On}} P_{pp}(t) = RCF \times \sum_{t \in T_{pp}^{On}} P_{ppa}(t); \quad (6)$$

čia  $P_{pp}(t)$  – paklausos perkėlimo apkrova  $t$  momentu;  $RCF$  – dydis tarp 0 ir 1 nustatantys kiek iš perkeltos apkrovos vartotojas norės atstatyti;  $P_{ppa}(t)$  – pradinė apkrova, kuri buvo panaudota per paklausos valdymo programą ir kurios dalį klientas atstatys;  $T_{pp}^{On}$  – programos trukmė.

Kokie tyrimo metu bus taikomi apribojimai parodyta 10 lentelėje.

10 lentelė. Tyrimo metu taikomų apribojimų dydžiai

$D_{pvp}^{\max}$	4 val.
$D_{pvp}^{\min}$	1 val.
$E_{pvp}^{\max}(t)$	15 kW
$N_{pvp}^{\max}(t)$	1
$p_{pvp}^{\max}(t)$	4,42 kW

$PF_{ppp}(t, w)$	tarp 0 ir 1 priklausomai nuo scenarijaus
$RCF$	0,5
$T_{ppp}^{On}(t)$	Iki 4 val.
$I_{ppp}(t)$	0 arba 1 priklausomai nuo kliento apkrovos pasiekiamumo ir scenarijaus

Šie apribojimai bus pritaikyti skaičiavimuose visai duomenų aibei kiekvieną dieną siekiant paskaičiuoti kiek apkrovos galės būti naudojama paklausos valdymui kiekvienai programai.

Nustačius paklausos valdyme naudojamas apkrovas pagal programas gali būti suskaičiuoti telkėjo patiriamai kaštai susiję su atlygiu klientui.

$$DR \text{ kašt}(t, w) = PF_{pp}(t, w) \times P_{pp}(t) \times \lambda_{pp}(t) + PF_{pm}(t, w) \times P_{pm}(t) \times \lambda_{pm}(t) - PF_{ppa}(t, w) \times P_{ppa}(t) \times \lambda_{ppa}(t); \quad (7)$$

čia  $PF_{pp}(t, w)$  – dalyvavimo paklausos perkėlimo programoje faktorius nustatomas pagal analizuojamą scenarijų;  $P_{pp}(t)$  – paklausos perkėlimo programos apkrova;  $\lambda_{pp}(t)$  – atlygis klientui už perkeltą apkrovą;  $PF_{pm}(t, w)$  – dalyvavimo paklausos mažinimo programoje faktorius nustatomas pagal analizuojamą scenarijų;  $P_{pm}(t)$  – paklausos mažinimo programos apkrova;  $\lambda_{pm}(t)$  – atlygis klientui už sumažintą apkrovą;  $PF_{ppa}(t, w)$  – dalyvavimo paklausos atstatymo programoje faktorius nustatomas pagal analizuojamą scenarijų;  $P_{ppa}(t)$  – paklausos atstatymo programos apkrova;  $\lambda_{ppa}(t)$  – klientu mokamas atlygis už atstatytą apkrovą;

Tai, ar klientas sudalyvaus programoje, kitaip tariant kliento neapibrėžtumas, nustatomas  $PF_{ppp}(t, w)$  parametru, kuris parenkamas atsitiktinai 0 arba 1. Tai reiškia, kad jeigu klientas nesudalyvautų suplanuotoje programoje tai telkėjui nepakaks laisvos energijos, kurią planavo parduoti rinkoje ir jis turės pirkti balansavimo paslaugas, kurių kaina yra didesnė nei kitos paros kaina. Tai gali nulemti didelius kaštus ir daryti įtaka pelningumui. Šiame tyrime nėra analizuojami atvejai kai klientas suvartoja daugiau nei sutarta ir telkėjui reikia didinti planuotą parduoti kiekį per balansavimo rinką.

(7) formulėje  $\lambda_{pp}(t)$ ,  $\lambda_{pm}(t)$ ,  $\lambda_{ppa}(t)$  yra atlygis kurį telkėjas sumokės vartotojui už dalyvavimą programose. Tyrimo metu siekiama nustatyti koks atlygis galėtų būti daugiau ir mažiau pelningas telkėjui priklausomai nuo pasirinkto atlygio modelio. Atkreiptinas dėmesys, kad  $\lambda_{ppa}(t)$  yra su neigiamu ženklu, nes tai yra apkrovos atstatymas, kai vartotojas vartos ne piko metu ir todėl mokės telkėjui o ne atvirkščiai kaip kitais atvejais.

Telkėjui gali atsirasti disbalansas tada kai klientas nesudalyvauja ir nesumažina savo apkrovos sutartu laiku o telkėjas yra pateikęs biržai nustatyto dydžio užsakymą. Žinoma, telkėjas privalo įvertinti įvairius su klientu susijusius faktorius, jo įpročius ir galimybes ir tokiu būdu optimizuoti planavimą siekdamas minimizuoti disbalanso kaštus.

$$DR \text{ disb}(t, w) = P^{neg}(t, w) \times \lambda^{disb, neg}; \quad (8)$$

čia  $P^{neg}(t, w)$  – apkrova kiek telkėjas negali parduoti rinkoje;  $\lambda^{disb, neg}$  – disbalanso kaina laiko momentu.

Nustačius kaštus pelno paskaičiavimui taip pat nustatomos ir telkėjo pajamos iš paklausos valdymo veiklos. Paklausos valdymo programos telkėjo pajamos apskaičiuojamos remiantis (9) formule

$$DR \text{ paj}(t, w) = \lambda^{DA}(t, w) \times (PF_{pp}(t, w) \times P_{pp}(t) + PF_{pm}(t, w) \times P_{pm}(t) - PF_{ppa}(t, w) \times P_{ppa}(t)); \quad (9)$$

čia  $\lambda^{DA}(t, w)$  – kaina kitos paros rinkoje;  $PF_{pp}(t, w)$  – dalyvavimo faktorius paklausos perkėlimo programoje;  $P_{pp}(t)$  – perkelta apkrova;  $PF_{pm}(t, w)$  – dalyvavimo faktorius paklausos mažinimo programoje;  $PF_{pm}(t, w)$  – sumažinta apkrova;  $PF_{ppa}(t, w)$  – faktorius ar buvo atstatyta perkelta apkrova;  $P_{ppa}(t)$  – atstatyta apkrova.

Telkėjo pajamos priklauso nuo to, kiek energijos jo vartotojai jam pasiūlė ir kitos paros rinkos kainos. Taip pat atsižvelgiama į tai, kad telkėjas turi įsigyti energijos vartotojams, kurie perkelia savo suvartojimą į kitą laiką.

Galutinai telkėjo pelnas bus apskaičiuojamas remiantis (10) formule, tuo tikslu iš paklausos valdymo pajamų bus atimtos visos su paklausos valdymu susijusios sąnaudos. Tyrimo bus skaičiuojama tik sąnaudos ir pajamos susijusios su kitos paros prekyba taigi nebus vertinami jokie kiti fiksuoti ar kintamieji kaštai susiję su paklausos valdymo programų vykdymo veikla ar kita telkėjo veikla.

$$\text{Pelnas}(w) = \sum_{t=1}^T DR \text{ paj}(t, w) - \sum_{t=1}^T DR \text{ kašt}(t, w) - \sum_{t=1}^T DR \text{ disb } t(t, w); \forall w; \quad (10)$$

čia  $DR \text{ paj}(t, w)$  – visų programų pajamų suma;  $DR \text{ kašt}(t, w)$  - visų programų kaštų suma;  $DR \text{ disb } t(t, w)$  – visų programų disbalanso kaštų suma.

### 3. Tyrimo rezultatai

#### 3.1. Maksimalių apkrovų nustatymas

Siekiant kuo tiksliau iširti pelningumo sąlygas visų pirma pagal istorinius suvartojimo duomenis išanalizuojama kiek vartotojų galėtų dalyvauti programose ir kokia apkrova galėtų būti pasiūlyta telkėjui.

Priimama, kad paklausos valdymo programos taikomos nuo 17:00 iki 21:00 val. t. y. per piką. Esant vartojimo perkėlimui jis perkeliamas į ne piko laikotarpį nuo 22:00 iki 9:00 val.

Siekiant nustatyti vartotojų dalyvavimo potencialą ir apkrovas pritaikytos tokios prielaidos:

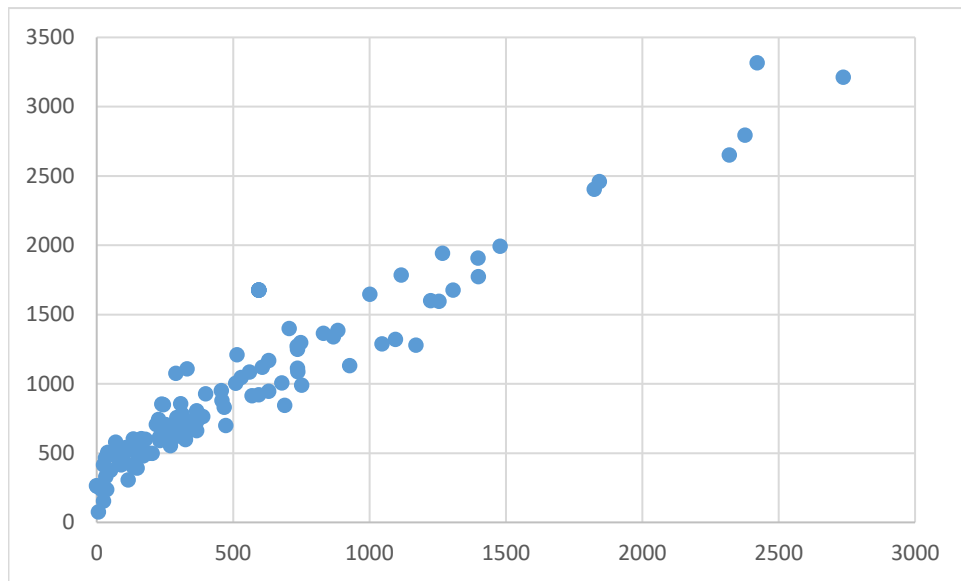
1. nustatytas kiekvieno vartotojo minimalus suvartojimas – bazinė riba žemiau kurios negalėtų būti mažinamas vartojimas. Jei vartojimas bus lygus nustatytai ribai tai skaičiuojama, kad suvartojimo mažinimas tą valandą nėra įmanomas, nes vartotojas vartoja tiek kiek reikia minimaliems poreikiams;
2. įrenginiai kurie turi dalyvauti šio tyrimo paklausos valdyme nėra naudojami kasdien. Todėl atsitiktine tvarka (pagal pasiekiamas laisvas galias ir įrenginių paplitimo pas vartotojus dažnį) priskiriamas dydis nustatantis įrenginių naudojimą konkrečiomis dienomis ir valandomis;

Apkrovos nustatymui analizuojame 120 buitinių vartotojų valandinio suvartojimo duomenis nuo 17:00 iki 21:00 val. Viso turime 175 200 valandų per piką per vienerius metus kurių metų šie vartotojai potencialiai galėtų mažinti savo suvartojimą. Atlikus skaičiavimus pagal aukščiau paminėtas prielaidas matyti, kad įvertinus bazinį valandinį suvartojimą bei minimalią galimų naudojamų įrenginių apkrovą lieka tik 31,4% iš piko valandų kai vartotojai suvartoja daugiau nei aprašyti apribojimai. Tačiau įvertinus suvartojimą tomis pačiomis sąlygomis skaičiuojama, kad apie 54% nuo suvartojimo piko metu gali būti naudojama paklausos valdymui. Agreguoti rezultatų duomenys pateikiami 11 lentelėje.

11 lentelė. Vartotojo apribojimų susisteminti rezultatai

Vartotojų kiekis, vnt.	120	-
Viso piko valandų, vnt.	175 200	100%
Viso pasiekiamų paklausos valdymui valandų įvertinus apribojimus vnt.	54 961	31,4%
Viso apkrova, kW	113 254,97	100%
Viso laisva apkrova, kW	91 642,84	81%
Viso laisva apkrova įvertinus vartotojo apribojimus, kW	61 296,62	54%

Įvertinus laisvos apkrovos pasiekiamumo pagal apribojimus sąsają su bendru suvartojimu matyti (žr. 11 lent.) esant didesniai bendram suvartojimui lieka daugiau ir laisvos apkrovos paklausos valdymui (žr. 21 pav.). Šių dydžių koreliacijos koeficientas  $r$  siekia 0,99 tai reiškia, kad iš laisva galia iš esmės turi priklausomybę nuo bendro suvartojamo kiekio, t. y. kuo didesnis suvartojimas tuo didesnė gali būti laisva galia.



20 pav. Suvartojimo ir laisvų apkrovų koreliacija

Tolimesniuose scenarijų skaičiavimuose bus atsižvelgiama į aukščiau aprašytus vartotojų apribojimus ir galimybes dalyvauti paklausos valdyme.

Kadangi telkėjo vykdomos paklausos valdymo programos turi apribojimus nurodytus (1) – (6) formulėse suprantama, kad ne visa laisva apkrova galės būti naudojama paklausos valdymo programose. Kaip matyti iš 11 lentelės nustatius vartotojų galimybes pagal suvartojimo apribojimus dalyvauti paklausos valdymo programose rezultate tik 54% nuo pradinės apkrovos galės būti panaudota. Vartotojo suvartojimo apribojimas yra nulemtas tokių pagrindinių prielaidų:

- piko metu nebūtinai yra jungiami įrenginiai, kurie gali būti naudojami paklausos valdyme;
- vartotojai nebūtinai turi įrenginius;
- vartotojo įpročiai skiriasi ir jie vartoja kitu metu kai pvz. pigesnis tarifas, ar kai jiems patogiau.

Norėdamas nustatyti maksimalią apkrovą kiek galėtų atlaisvinti vartotojas telkėjas turi atsižvelgti į konkrečių paklausos valdymo programų apribojimus kaip parodyta 10 lentelėje.

Atlikus skaičiavimus pagal šiuos apribojimus nustatyta, kad bus galimybė paklausos valdymui naudoti apie 90-94% maksimalios apkrovos. 12 lentelėje parodyta, kokie įrenginiai ir kaip dažnai buvo pasiekiami paklausos valdymo programoms ir kokia laisva apkrova galės būti naudojama prekyboje.

12 lentelė. Laisvų apkrovų nustatymas

Skalbimo mašina, h	Džiovyklė, h	Indaplovė, h	Kondicionierius, h	Viso valandomis h	Viso apkrova kW
21 196	2 684	21 133	4 452	49 465	37 835,79

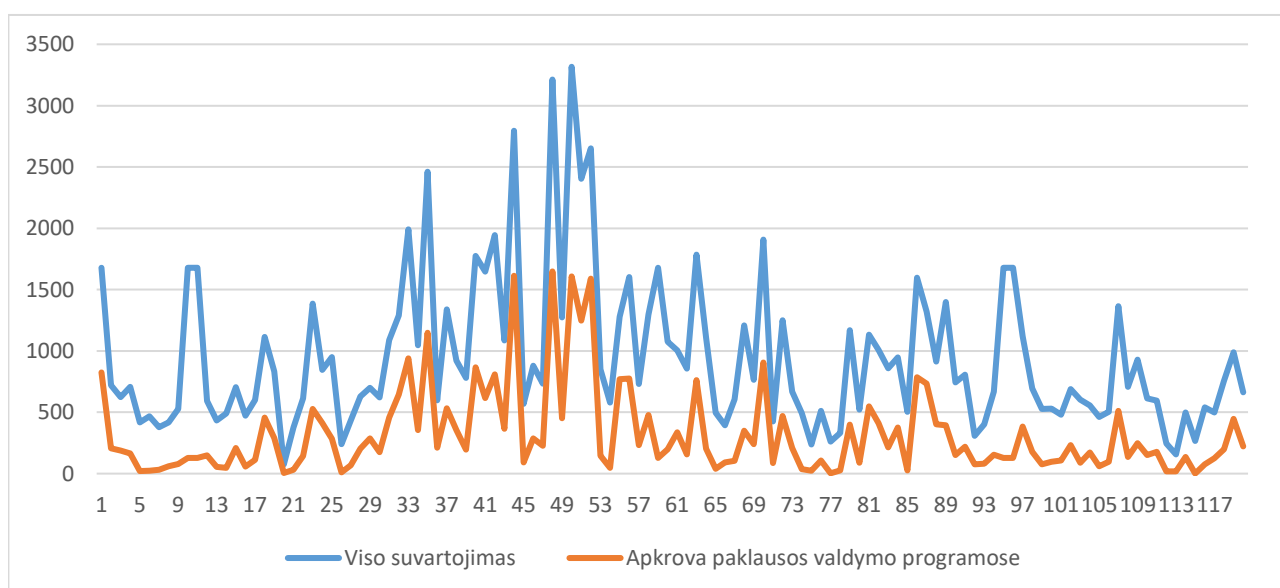
Palyginus su pasiekiamą laisva apkrova matyti, kad paklausos valdyme galės būti naudojama apie 63 proc. nuo maksimalios vartotojų apkrovos. Tokie rezultatai daugiausia nulemti apribojimų susijusių su per vieną valandą pasiekiamą maksimalia apkrova ir turimais įrenginiais. Apibendrinus 13 lentelėje pateiktus duomenis daroma išvada, kad pritaikius vartotojo ir telkėjo vykdomų programų

apribojimus tik 33,4 proc. nuo visos apkrovos per piko laikotarpį bus panaudota paklausos valdyme. Atkreiptinas dėmesys, kad šiuo atveju nebuvo taikomas neapibrėžtumo koeficientas, taigi analizė buvo atliekama priimant, kad jei užtenka apkrovos visiems turimiems įrengimams tai vartotojas turėtų sudalyvauti paklausos valdyme

13 lentelė. Pasiekiamos maksimalios apkrovos palyginimas

Viso analizuota apkrova per piką, kW	113 254,97	100%
Viso laisva apkrova per piką, kW	91 642,84	81%
Viso laisva apkrova įvertinus vartotojo apribojimus per piką, kW	61 296,62	54%
Viso panaudota apkrova paklausos valdymui įvertinus telkėjo programų apribojimus, kW	37 835,79	33,4%

Kiek vartojai sumažino ar perkėlė suvartojimą parodyta 21 paveiksle.



21 pav. Tiriamų vartotojų visas suvartojimas ir apkrova pateikta paklausos valdymui

Įvertinus kiek mažėjo suvartojimas pagal valandas galima nustatyti kiek yra potencialo sumažinti piko suvartojimą tik iš paprastų buitinių įrenginių. Šiam tikslui priimta, kad analizuojami vartotojai atspindi visos Lietuvos vartotojus. Jeigu visi vartotojai elgtųsi taip pat tai pikas sumažėtų kaip parodyta 14 lentelėje.

14 lentelė. Apkrovos sumažėjimas palyginus su piko laikotarpio apkrova

Valanda	Apkrovos sumažėjimas
17	34%
18	30%
19	32%
20	34%

Pagal duomenis darytina išvada, kad toks tolygus pasiskirstymas gaunamas dėl to, kad pas skirtingus vartotojus skirtingomis valandomis buvo jungiami įrenginiai. Taip pat toks tolygumas parodo, kad

telkėjai gali tikėtis, kad piko laikotarpiu visomis valandomis vartotojai galės sumažinti vartojimą panašiu procentu. Tai galėtų palengvinti optimalią prekybą biržoje.

### 3.2. Tiriama scenarijai

Nustačius maksimalias apkrovas atliktas kitas tyrimo žingsnis – nustatyti skirtingi scenarijai pagal taikomą atlygį vartotojams bei atlikta šiems scenarijams atskirų prielaidų pokyčio analizė.

Nustatyti du pagrindiniai scenarijai susiję su atlygiu vartotojams:

I scenarijus - vartotojui siūlomas atlygis priklauso nuo vartotojo tiekimo tarifo;

II scenarijus - nustatomas atlygis susietas su biržos kaina;

#### 3.2.1. I scenarijaus rezultatai

I scenarijaus atveju siekiama nustatyti koks būtų telkėjo pelningumas kai vartotojui sumokama už paklausos valdymą pagal jo turimą vienos laiko zonos tarifą. Visi taikyti kintamieji parodyti 15 lentelėje.

15 lentelė. I scenarijaus atlygio koeficientai ir apribojimai

$\lambda_{pp}(t)$	0,5 vartotojo tarifo už kiekvieną kWh (vienos laiko zonos tarifas)
$\lambda_{pm}(t)$	0,7 vartotojo tarifo už kiekvieną kWh (vienos laiko zonos tarifas)
$\lambda_{ppa}(t)$	- 0,3 vartotojo tarifo už kiekvieną kWh (vienos laiko zonos tarifas)
$PF_{ppp}(t, w)$	1
$RCF$	0,5

Koeficientai nustatyti remiantis literatūros šaltinių analize, kad atlygis vartotojui turėtų siekti nuo 30 proc. nuo įprastos kainos, kad skatintų vartotoją dalyvauti programoje. Siekiant, kad vartotojui būtų juntamas atlygis pasirinkti aukštesni nei 30 proc. nuo tarifo koeficientai. Pritaikius tokius koeficientus vartotojų gautas atlygis už dalyvavimą paklausos valdyme vidutiniškai siekė apie 15 Eur per metus, maksimaliai – 80 Eur.

Šiuo metu tik prasidėjus buitinių vartotojų rinkos liberalizavimo etapui vis dar daugelis klientų yra pas visuomeninį tiekėją. Siekiant, kad pelningumo tyrimas geriausiai atspindėtų esamą rinkos situaciją pasirenkame populiariausią tarifą. Tad modeliuojame telkėjo pelningumą remiantis tokiu siūlomu atlygiu:

- už vartojimo sumažinimą: 0,075208 Eur/kWh
- už vartojimo perkėlimą: 0,05372 Eur/kWh
- už vartojimo atstatymą: -0,032232 Eur/kWh

Gauti I scenarijaus finansiniai rezultatai pateikti 16 lentelėje ir statistiniai rodikliai 17 lentelėje.



16 lentelė. Finansiniai I scenarijaus rezultatai

$DR$ kašt( $t, w$ ) Kaštai, Eur	1840,43
$DR$ paj( $t, w$ ) Pajamos, Eur	1928,82
$DR$ disb $t(t, w)$ Disbalanso kaštai, Eur	0,00
Pelnas ( $w$ ) Pelnas, Eur	88,40
Atlygis vidutiniškai už 1 kWh, Eur	0,04857
Pelnas tenkantis vienai sutaupyta kWh, Eur	0,00223

17 lentelė. Pagrindiniai statistiniai rodikliai

Pelno ir atlygio koreliacija	0,72
Pelno ir apkrovos koreliacija	0,75

Pelno ir atlygio koreliacija bei pelno ir apkrovos koreliacija yra panašūs. Tai reiškia, kad egzistuoja stipri priklausomybė tarp atlygio ir pelno bei tarp atlygio ir apkrovos. Šis rodiklis nenurodo priešastingumo, tačiau galima teigti, kad šie dydžiai turi tiesinį ryšį. Kadangi mūsų naudojamuose formulėse pagrindiniai finansinius rezultatus lemiantys dydžiai yra pasiekama apkrova ir atlygis tai galima teigti kad tarp šių dydžių yra stiprus ryšys.

Iš pateiktų duomenų skaičiuojame, kad telkėjo pelnas buvo 4,5% nuo uždirbtų pajamų. Kadangi vartotojui buvo mokamas atlygis nesusietas su biržos kaina, tai pasitaikė atveju, kai atlygis vartotojui už dalyvavimą programoje viršijo telkėjo pajamas iš kitos paros prekybos. Tokiu atveju buvo stebimas neigiamas pelnas ir tai sudarė 8 proc. nuo visų atvejų. Analizuojant rezultatus nepastebėta ryškios priklausomybės tarp neigiamo pelningumo ir apkrovos, kartu kiek vartotojas sudalyvavo skaičiaus bei apkrovos sumažinimo ir suvartojimo perkėlimo santykio. Darytina išvada, kad didžiausią įtaką daro biržos kainos neapibrėžtumas.

Gauto pelningumo rodiklio palyginimui su panašia veikla trūksta duomenų. Tačiau jei spręsti pagal įmonių veiklos grynąjį pelningumo rodiklį tai 4,5% veiklos pelningumo rodiklis būtų laikomas nepatenkinamu ir tokia veikla laikoma nepelninga [45].

### 3.2.2. II scenarijaus rezultatai

II scenarijaus atveju analizuojama atlygio schema kai vartotojui siūlomas atlygis už dalyvavimą programoje yra susietas su biržos kaina, t. y. jei vartotojas sumažina savo suvartojimą kai yra aukštesnė kaina biržoje tai jo atlygis didesnis ir atvirkščiai. Taip pat nustatoma, kad vartotojas ir atstatydamas perkeltą apkrovą vartos ir mokės pagal biržos kainą su 15 proc. antkainiu. Toks antkainis pasirinktas išanalizavus įvairias nepriklausomų tiekėjų kainodaras verslo vartotojams, kai siūlomas planas pagal biržos kainą su 10-30 proc. antkainiu. Siekiant aiškumo pasirinktas vidutinis dydis. Tyrimo atlikimo metu nėra tikslios informacijos kokias kainas siūlys nepriklausomi tiekėjai vartotojams kurie rinksis dinaminę kainodarą, nes 2021 m. esant mažam išmaniųjų skaitiklių paplitimui dinaminis planas nėra viešai siūlomas. Praktiniam tokio scenarijaus įgyvendinimui svarbu, kad vartotojai galėtų rinktis dinaminę kainodarą bei būtų informuojami apie kainos biržoje pokyčius ir būtent tai lemtų jų sprendimą mažinti apkrovas ar ne. Analizuojamu atveju į šį neapibrėžtumą nėra atsižvelgiama. Vartotojų dalyvavimas nustatomas pagal programos vykdymo apribojimus (1) – (6) formulėse. Taikomi parametrai nurodyti 18 lentelėje.

18 lentelė. II scenarijaus atlygio koeficientai ir apribojimai

$\lambda_{pp}(t)$	15 proc. nuo biržos kainos už kiekvieną kWh
$\lambda_{pm}(t)$	30 proc. nuo biržos kainos už kiekvieną kWh
$\lambda_{ppa}(t)$	-10 proc. nuo biržos kainos už kiekvieną kWh
$PF_{ppp}(t, w)$	1
$RCF$	0,5

Atlikus skaičiavimus gauti rezultatai pateikti 19 ir 20 lentelėse.

19 lentelė. II scenarijaus finansiniai rezultatai

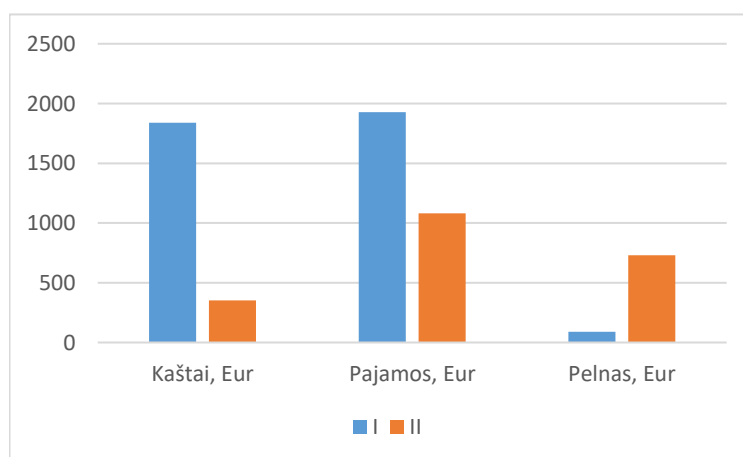
$DR$ kašt( $t, w$ ) Kaštai, Eur	352,50
$DR$ paj( $t, w$ ) Pajamos, Eur	1082,27
$DR$ disb $t(t, w)$ Disbalanso kaštai, Eur	0
Pelnas ( $w$ ) Pelnas, Eur	729,77
Atlygis vidutiniškai už 1 kWh, Eur	0,00932
Pelnas tenkantis vienai sutaupyta kWh, Eur	0,019287828

20 lentelė. II scenarijaus koreliacijos koeficientai

Pelno ir atlygio koreliacija	1,00
Pelno ir apkrovos koreliacija	1,00

Iš šių duomenų matyti, kad telkėjo pelningumas siekia 6,7 %. Pelningumas padidėjo visų pirma dėl mažesnių kaštų už mokamą atlygį vartotojams. Kadangi atlygis vartotojams yra tiesiogiai susijęs su biržos kaina tai telkėjas tokiu atveju nepatiria galimų nuostolių dėl atlygio ir biržos kainos skirtumo. Šio scenarijaus atveju koreliacijos koeficientas yra 1 kas reiškia, kad yra stipri priklausomybė tarp atlygio ir pelno. Taip yra todėl, kad abu dydžiai susiję su biržos kaina, o pirmuoju scenarijumi priklausomybė buvo mažesnė nes vartotojui taikomas atlygis buvo susijęs su kaina bet nepriklausomas nuo biržos kainos dydis.

22 pav. pateikiamas I ir II scenarijaus finansinių rezultatų palyginimas.



22 pav. I ir II scenarijaus finansinių rezultatų palyginimas

Pagal 22 pav. matyti, kad II scenarijau atveju pelnas yra didesnis 8 kartus nei I scenarijumi, kaštai yra mažesni 5 kartus, tačiau ir pajamos yra mažesnės beveik per pusę nei I scenarijumi. Toks pajamų sumažėjimas galėtų būti paaiškinamas tuo, kad už vartojimo atstatymą ne piko metu vartotojas mokėjo mažesnę kompensaciją nei pirmuoju atveju. Vartotojas mokėjo 10 proc. nuo biržos kainos kuri buvo tuo metu kai jis pasirinko atstatyti vartojimą taip galėdamas susireguliuoti kad jam būtų taikomas mažesnis mokestis (tyrimo metu taikyti atsitiktiniai dydžiai). Taigi palyginus pelningumo rodiklius turime tik 2,2 proc. pelningumo augimą.

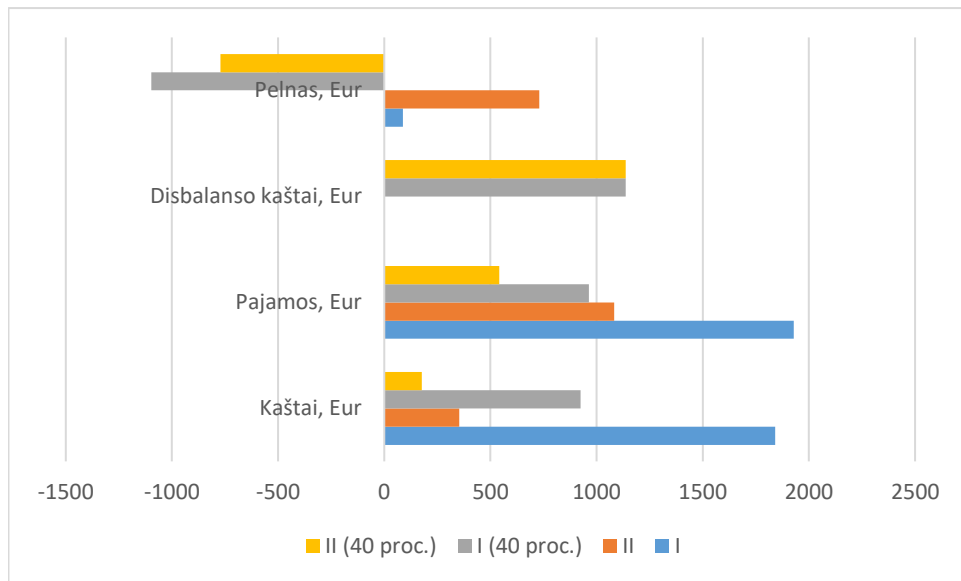
Taip pat II scenarijumi svarbu pažymėti, kad vartotojo atlygis buvo maždaug 5 kartus mažesnis nei I scenarijumi. Jei toks atlygis vartotojui pasirodytų nepatrauklus jis galėtų nuspręsti nedalyvauti paklausos valdymo programose tai atvejais kai biržos kaina yra žema o jam nėra patogu atsisakyti suvartojimo.

### 3.2.3. Vartotojų neapibrėžtumo vertinimas

Iš esmės sėkmingam ir pelningam paklausos valdymui nepakanka tik nustatyti tinkamo atlygio vartotojui. Vartotojų elgesys yra neapibrėžtas ir jeigu nėra sutarta dėl nuotolinės įrenginių kontrolės (kai telkėjas pats kontroliuoja kada išjungti ar įjungti vartotojo prietaisus) tai galima susidurti su vartotojų atsisakymų dalyvauti programoje sutartu laiku. Tokiu atveju telkėjui papildomai atsiranda disbalanso kaštai – jis negalės pateikti planuoto kiekio prekybai kitos paros biržoje ir turės įsigyti šį kiekį iš balansavimo tiekėjo. Siekiant nustatyti kiek vartotojų dalyvavimas nulemia pelningumą I ir II scenarijumi atlikta analizė kai atsitiktinai nustatyta ar vartotojas sudalyvaus ar ne paklausos valdyme ir 60 proc. atveju vartotojai nebedalyvavo paklausos valdyme. Šių scenarijų rezultatai ir bazinių scenarijų rezultatai pateikiami apibendrintai 19 lentelėje ir 23 paveikslo grafike.

21 lentelė. I ir II scenarijaus rezultatai įvertinus vartotojų dalyvavimo neapibrėžtumą

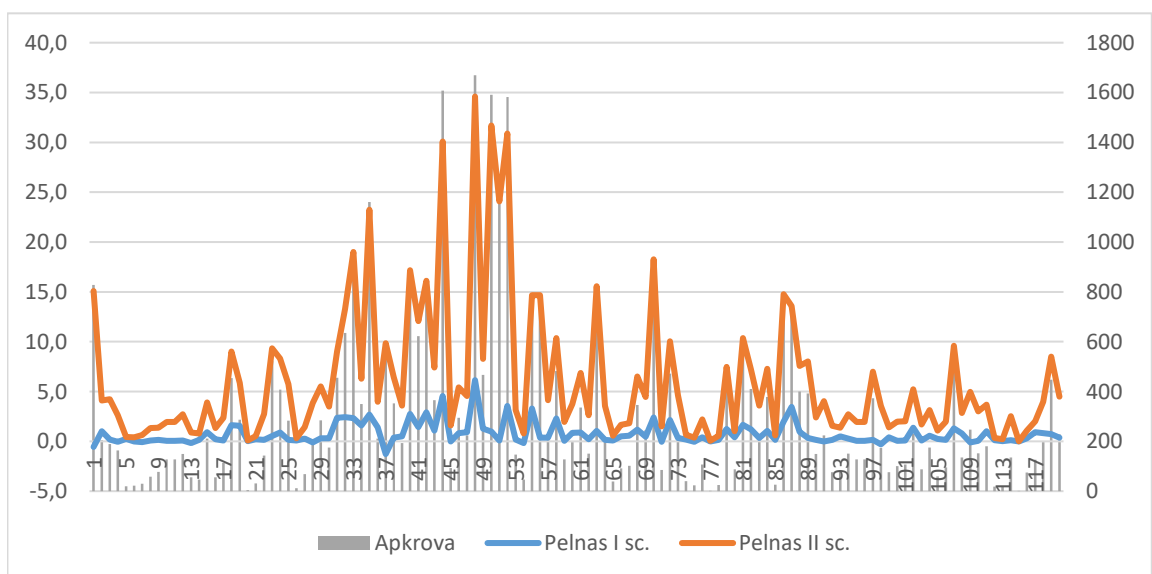
	I	II	I (40 proc.)	II (40 proc.)
Kaštai, Eur	1840,43	352,50	924,65	176,97
Pajamos, Eur	1928,82	1082,27	964,14	542,17
Disbalanso kaštai, Eur	0,00	0,00	1136,52	1136,52
Pelnas, Eur	88,40	729,77	-1097,04	-771,32



23 pav. I ir II scenarijus rezultatai įvertinus vartotojų dalyvavimo neapibrėžtumą

Iš suskaičiuotų rezultatų matyti (žr. 23 pav.), kad nors vartotojams sumokamas atlygis proporcingai mažėja atsiranda disbalanso kaštai kurie daro ženkliai įtaką pelnui. Disbalanso kaštų santykis su pelnu atitinkamai I ir II scenarijumi yra 0,97 ir 0,68. Tai rodo, kad būtent šie kaštai iš esmės mažina pelną. Ir I ir II scenarijumi pridėjus neapibrėžtą vartotojų elgesį pelnas tapo neigiamas o atitinkamai pelningumas -1,13 proc. ir -1,42 proc. Toks pelningumas parodo, kad nėra tikslinga telkėjui tik pasitikėti, kad vartotojai sudalyvaus turi būti taikomos papildomos priemonės, kurios skatintų vartotojus laikytis įsipareigojimo mažinti apkrovą. Taip pat telkėjai turėtų investuoti į savo vartotojų pažinimą ir prekybos optimizavimo algoritmų sukūrimą, kurie leistų sumažinti disbalanso įtaką pelningumui.

Taip pat galima pastebėti, kad ir I ir II scenarijų pelnas yra didesnis tada kai vartotojas siūlo daugiau laisvos apkrovos. Kaip rodo 21 grafikas pelnas buvo tiesiogiai susijęs su apkrovos dydžiu II scenarijaus atveju ir mažiau susijęs I scenarijaus atveju.



24 pav. Pelno ir apkrovos priklausomybė

Tokia priklausomybė nulemia ir didelius nuostolius jei vartotojai nesudalyvauja sutartu laiku paklausos valdyme.

Pagal skaičiavimus matoma, kad pagrindiniai kintamieji nulemiantys telkėjo pelningumą yra mokamas atlygis ir disbalanso kaštai. Iš esmės, kuo telkėjas pasiūlys atlygį artimiausia biržos kainai tuo didesnė tikimybė jam dirbti pelningai. Taip pat, telkėjas turėtų pasirūpinti automatizuotais valdikliais ar sutarti dėl aiškių signalų ir vartotojo reakcijos į signalus dėl poreikio mažinti apkrovas, kad nereikėtų įsigyti energijos balansavimo rinkoje.

## Išvados

1. Atlikus teorinę paklausos valdymo priemonių bei poreikio paklausos valdymui analizę nustatyta, kad paklausos valdymo priemonių taikymas visų pirma reikalingas siekiant sumažinti investicijas į skirstomąjį tinklą. Siekiant ambicingų tikslų kai 2030 m. net 45 proc. galutinės suvartotos energijos bus iš atsinaujinančių energijos išteklių reikia užtikrinti naujai pajungiamų AEI į tinklą efektyvumą bei ir toliau užtikrinti tinklo patikimumą. Vartotojų įtraukimas į lanksčiau paslaugas per paklausos valdymo priemones leistų reguliuoti maksimalias apkrovas per piką bei skatintų vartotojus energetiškai efektyviau vartoti. Vartotojus paklausos valdyme daugiausia skatina vartoti kaininės paskatos kai siūlomas atlygis bent 30 proc. mažesnis už tarifą mokamą už elektros energiją. Tačiau ypač buitinius vartotojus yra sudėtinga įtraukti į paklausos valdymą dėl jų mažo suvartojimo ir suinteresuotumo. Todėl šiam tikslui atsiranda nauja rolė – telkėjas, kuris sutelkdamas vartotojų laisvas apkrovas gali siūlyti paslaugas kitiems rinkos dalyviams.
2. Išnagrinėjus galimus telkėjo veiklos modelius matoma, kad telkėjai dažniausiai dalyvauja balansavimo ir rezervinėse rinkose ir rečiau sutelkta apkrova prekiauja biržoje. Iš nagrinėtų Jungtinės Amerikos Valstijų, Jungtinė Karalystės, Prancūzijos, Suomijos, Australijos, Singapūro, Pietų Korėjos ir Kinijos rinkų dažniausiai pasitaikantis modelis buvo kai lankstumo paslaugų rezultatas parduodamas balansavimo ar rezervinėse rinkose.
3. Nustatant galimas laisvas apkrovas buvo įvertintas vartotojų bazinis (minimalus) suvartojimas, paklausos valdymo įrenginių pasiekiamumas, laisvos apkrovos kiekis konkrečiomis valandomis ir skaičiavimų rezultatai parodė, kad paklausos valdymui vartotojai galės suteikti tik 33,4% nuo visos piko metu buvusios apkrovos. Šis rezultatas parodo, kad telkėjas norėdamas veikti pelningai turi diversifikuoti savo klientus bei sutelkti didesnę jų kiekį, kad piko metu galėtų gauti daugiau laisvos apkrovos. Jeigu priimti, kad analizuojami vartotojai atspindi visą Lietuvos suvartojimą, tai nustatytas apkrovos mažinimas dėl dalyvavimo paklausos valdymo programose galėtų apie 30 proc. sumažinti piko metu esantį suvartojimą (nevertinant kitų sąlygų ir skirtingų vartotojų įpročių).
4. Tyrimo metu nagrinėti du skirtingų atlygių modeliai – kai siūloma kaina susijusi su vartotojo tiekimo tarifu bei kai siūlomas atlygis susijęs su biržos kaina. Pirmuoju modeliu klientui mokamas didesnis atlygis 0,049 Eur už kWh, antruoju scenarijumi 0,009 Eur. Abu atlygiai siekia bent 30 proc. nuo vartotojo tarifo. Tačiau II scenarijaus atveju vartotojams siūlomas atlygis buvo labai mažas todėl iškyla rizika, kad vartotojai galėtų nedalyvauti paklausos valdyme.
5. Rezultatai parodė, kad esant siūlomam atlygiui priklausomam nuo biržos kainos telkėjo pelnas yra 8 kartus didesnis nei kito scenarijaus atveju ir siekia vidutiniškai 0,019 Eur už kiekvieną kWh, o pirmojo scenarijaus atveju tik 0,002 Eur už kWh. Pelningumas II scenarijumi siekia 6,7 proc. ir tai trečdaliu (2,2 proc.) daugiau nei pirmojo atlygio modelio atveju.
6. Nustatyta, kad mažiausiai rizikingas telkėjo veiklai atlygio siūlymas būtų prisirišimas prie biržos kainos. Tokiu atveju telkėjas yra apsaugotas nuo didelių išlaidų vartotojams, nes visada mokės jiems kainą ne didesnę už tą kuria prekiaujama tuo momentu biržoje. Tokiam scenarijui įgyvendinti būtinos techninės priemonės kaip išmanieji skaitikliai bei informacinė ir programinė įranga.
7. Skaičiuojant, kad 60 proc. vartotojų nedalyvautų paklausos valdymo programose telkėjams atsirado disbalanso kaštai ir abiem atvejais, nepriklausomai nuo taikyto atlygio, prekybos veikla tapo nepelninga (pelningumas atitinkamai -1,13 proc. -1,42 proc.). Šis rezultatas parodo, kad telkėjas turėtų siekti geriau suprasti vartotojų įpročius, suteikti jiems priemones geriau stebėti biržos kainas ir laiku teikti signalus dėl poreikio dalyvauti paklausos valdymo programoje. Taip

pat esant galimybei nustatyti automatines priemones, kurios pačiam leistų valdyti vartotojo apkrovas.

8. Įvertinus visus nagrinėtus scenarijus ir skirtingus apribojimus nustatyta, kad iš esmės pelningumas tik iš prekybos laisva apkrova biržoje nėra pakankamas veiklai vykdyti. Šiame tyrime nebuvo vertinti jokie papildomi kaštai kuriuos turėtų patirti telkėjas pasiruošdamas prekybai bei pastoviai patiriamas sąnaudos tokios kaip biržos mokesčiai.

## Literatūros sąrašas

1. EUROPEAN COMMISSION. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-05-06]. Prieiga per: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773>
2. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija. Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-05-18]. Prieiga per: [https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija\\_2018\\_LT.pdf](https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija_2018_LT.pdf)
3. KOLIOU, ELTA, BARTUSCH, CAJSA, PICCIARIELLO, ANGELA, EKLUND, TOBIAS, SÖDER, LENNART and HAKVOORT, RUDI A., 2015, Quantifying distribution-system operators' economic incentives to promote residential demand response. [interaktyvus] Utilities Policy. 2015. Vol. 35, p. 28-40. [žiūrėta 2021-05-16] DOI 10.1016/j.jup.2015.07.001. Prieiga per: Elsevier BV
4. AB „Litgrid“. Elektros gamybos ir vartojimo balanso duomenys [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-05-18]. Prieiga per: <https://www.litgrid.eu/index.php/energetikos-sistema/elektros-energetikos-sistemas-informacija/elektros-gamybos-ir-vartojimo-balanso-duomenys/2287>
5. LAMPRINOS, ILIAS, HATZIARGYRIOU, NIKOS D., KOKOS, ISIDOROS and DIMEAS, ARIS DIMEAS, 2016, Making Demand Response a Reality in Europe: Policy, Regulations, and Deployment Status. [interaktyvus] IEEE Communications Magazine. 2016. Vol. 54, no. 12, p. 108-113. [žiūrėta 2021-05-16] DOI 10.1109/mcom.2016.1600323cm. Prieiga per: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
6. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-05-30]. Prieiga per: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32012L0027>
7. OSÓRIO, GERARDO J., SHAFIE-KHAH, MIADREZA, LOTFI, MOHAMED, FERREIRA-SILVA, BERNARDO J. M. and CATALÃO, JOÃO P. S., 2019, *Demand-Side Management of Smart Distribution Grids Incorporating Renewable Energy Sources*. [interaktyvus] Energies. 2019. Vol. 12, no. 1, p. 143. [žiūrėta 2020-05-06] DOI 10.3390/en12010143. Prieiga per: MDPI AG
8. PONNAGANTI, PAVANI, PILLAI, JAYAKRISHNAN R and BAK-JENSEN, BIRGITTE, 2017, *Opportunities and challenges of demand response in active distribution networks*. [interaktyvus] Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment. 2017. Vol. 7, no. 1, p. e271. [žiūrėta 2021-09-30] DOI 10.1002/wene.271. Wiley
9. KUIKEN, DIRK and MÁŠ, HEYD F., 2019, Integrating demand side management into EU electricity distribution system operation: A Dutch example. [interaktyvus] *Energy Policy*. 2019. Vol. 129, p. 153-160. [žiūrėta 2021-09-30] DOI 10.1016/j.enpol.2019.01.066. Elsevier BV
10. AB „Energijos skirstymo operatorius“. 2019–2028 m. INVESTICIJŲ PLANAS. žiūrėta 2020-05-31]. Prieiga per: <https://www.eso.lt/download/178990/lt%20eso%2010%20mip%202019-2028.pdf>
11. EUROPEAN COMMISSION. Clean energy for all Europeans package. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-05-06]. Prieiga per: [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en)
12. EUROPOS KOMISIJA. 2018 m. gegužės 30 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2018/844, kuria iš dalies keičiama Direktyva 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo ir



- Direktyva 2012/27/ES dėl energijos vartojimo efektyvumo. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-05-06]. Prieiga per: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/lt/ALL/?uri=CELEX:32018L0844>
13. HSIEH, ERIC and ANDERSON, ROBERT, 2017, Grid flexibility: The quiet revolution. [interaktyvus] The Electricity Journal. 2017. Vol. 30, no. 2, p. 1-8. [žiūrėta 2020-05-06] DOI 10.1016/j.tej.2017.01.009. Prieiga per: Elsevier BV
  14. GOULDEN, MURRAY, SPENCE, ALEXA, WARDMAN, JAMIE and LEYGUE, CAROLINE, 2018, Differentiating ‘the user’ in DSR: Developing demand side response in advanced economies. [interaktyvus] Energy Policy. 2018. Vol. 122, p. 176-185. [žiūrėta 2020-05-16] DOI 10.1016/j.enpol.2018.07.013. Prieiga per: Elsevier BV
  15. AB „Litgrid“. Įrengtoji galia [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-16]. Prieiga per: <https://www.litgrid.eu/index.php/energetikos-sistema/elektros-energetikos-sistemas-informacija/irengtoji-galia/502>
  16. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA, 2019. *Elektros energija gaminantys vartotojai vs atsinaujinančių išteklių energijos bendrijos* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-16]. Prieiga per: [https://www.lrs.lt/sip/getFile3?p\\_fid=19260](https://www.lrs.lt/sip/getFile3?p_fid=19260)
  17. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA, 2020. *Gaminančių elektros vartotojų – jau 10 tūkstančių*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-18]. Prieiga per: [https://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/gaminanciu-elektros-vartotoju-jau-10-tukstanciu?fbclid=IwAR1k4eC5Q58Pkx2W0ogSv\\_d3h2plSQJZR7PJWgBO4F4Jx4B6tqgTvx\\_-Hsl](https://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/gaminanciu-elektros-vartotoju-jau-10-tukstanciu?fbclid=IwAR1k4eC5Q58Pkx2W0ogSv_d3h2plSQJZR7PJWgBO4F4Jx4B6tqgTvx_-Hsl)
  18. MÜLLER, THERESA and MÖST, DOMINIK, 2018, Demand Response Potential: Available when Needed?. [interaktyvus] Energy Policy. 2018. Vol. 115, p. 181-198. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.1016/j.enpol.2017.12.025. Prieiga per: Elsevier BV
  19. DARBY, SARAH J. and MCKENNA, EOGHAN, 2012, Social implications of residential demand response in cool temperate climates. [interaktyvus] Energy Policy. 2012. Vol. 49, p. 759-769. [žiūrėta 2020-09-22] DOI 10.1016/j.enpol.2012.07.026. Prieiga per: Elsevier BV
  20. HAIDER, HAIDER TARISH, SEE, ONG HANG and ELMENREICH, WILFRIED, 2016, A review of residential demand response of smart grid. [interaktyvus] Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 59, p. 166-178. [žiūrėta 2020-09-28] DOI 10.1016/j.rser.2016.01.016. Prieiga per: Elsevier BV
  21. HALE, E., LORI B., R. PADBANAHMAN, and C. VOLPI. 2018. Potential Roles for Demand Response in High-Growth Electric Systems with Increasing Shares of Renewable Generation. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. [interaktyvus] NREL/TP-6A20-70630. . [žiūrėta 2021-05-16] Prieiga per: <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/70630.pdf>.
  22. LU, XIAOXING, LI, KANGPING, XU, HANCHEN, WANG, FEI, ZHOU, ZHENYU and ZHANG, YAGANG, 2020, Fundamentals and business model for resource aggregator of demand response in electricity markets. [interaktyvus] Energy. 2020. Vol. 204, p. 117885. [žiūrėta 2021-04-20] DOI 10.1016/j.energy.2020.117885. Prieiga per: Elsevier BV
  23. OKUR, Ö, HEIJNEN, P.W, & LUKSZO, Z. Aggregator's business models: Challenges faced by different roles. [interaktyvus] Iš: Proceedings of 2020 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, ISGT-Europe 2020. IEEE. [žiūrėta 2021-04-20] Prieiga per: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
  24. SHI, WENBO, LI, NA, XIE, XIAORONG, CHU, CHI-CHENG and GADH, RAJIT, 2014, Optimal Residential Demand Response in Distribution Networks. [interaktyvus] IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2014. Vol. 32, no. 7, p. 1441-1450. [žiūrėta 2021-04-20] DOI 10.1109/jsac.2014.2332131. Prieiga per: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

25. AB „ENERGIJOS SKIRSTYMO OPERATORIUS“ VERT suderino ESO išmaniųjų skaitiklių projekto investicijas. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-05-31]. Prieiga per: <https://www.ismaniejiskaitikliai.lt/naujienos/vert-suderino-eso-ismaniuju-skaitikliu-projekto-investicijas/7>
26. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija. Rinkos plėtros įgyvendinimo planas. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-05-30]. Prieiga per: <http://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Naujienos/RPP%20galutinis.pdf>
27. LIETUVOS RESPUBLIKOS ELEKTROS ENERGETIKOS ĮSTATYMO NR. VIII-1881 2, 9, 12, 16, 30, 31, 33, 35, 391, 59, 69 STRAIPSNIŲ PAKEITIMO IR ĮSTATYMO PAPILDYMO 611 STRAIPSNIŲ ĮSTATYMAS (2020). [interaktyvus] [žiūrėta 2020-05-31]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAP/2c3aff106cd111eaa38ed97835ec4df6?jfwid=-fvogcg46m>
28. Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymas (2020). [interaktyvus] [žiūrėta 2020-05-31]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.106350/asr>
29. ZHANG, CHUNYU, DING, YI, NORDENTOFT, NIELS CHRISTIAN, PINSON, PIERRE and ØSTERGAARD, JACOB, 2014, FLECH: A Danish market solution for DSO congestion management through DER flexibility services. [interaktyvus] Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. 2014. Vol. 2, no. 2, p. 126-133. [žiūrėta 2020-05-31] DOI 10.1007/s40565-014-0048-0. Prieiga per: Springer Science and Business Media LLC
30. MAHMOUDI, NADALI, HEYDARIAN-FORUSHANI, EHSAN, SHAFIE-KHAH, MIADREZA, SAHA, TAPAN K., GOLSHAN, M.E.H. and SIANO, PIERLUIGI, 2017, A bottom-up approach for demand response aggregators' participation in electricity markets. [interaktyvus] Electric Power Systems Research. 2017. Vol. 143, p. 121-129. [žiūrėta 2021-04-01] DOI 10.1016/j.eprsr.2016.08.038. Prieiga per: Elsevier BV
31. PARVANIA, MASOOD, FOTUHI-FIRUZABAD, MAHMUD and SHAHIDEHPOUR, MOHAMMAD, 2013, Optimal Demand Response Aggregation in Wholesale Electricity Markets. [interaktyvus] IEEE Transactions on Smart Grid. 2013. Vol. 4, no. 4, p. 1957-1965. . [žiūrėta 2021-04-01] DOI 10.1109/tsg.2013.2257894. Prieiga per: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
32. AYÓN, X., GRUBER, J.K., HAYES, B.P., USAOLA, J. and PRODANOVIĆ, M., 2017, An optimal day-ahead load scheduling approach based on the flexibility of aggregate demands. [interaktyvus] Applied Energy. 2017. Vol. 198, p. 1-11. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.1016/j.apenergy.2017.04.038. Prieiga per: Elsevier BV
33. WU, DI, ALIPRANTIS, DIONYSIOS C. and YING, LEI, 2012, Load Scheduling and Dispatch for Aggregators of Plug-In Electric Vehicles. [interaktyvus] IEEE Transactions on Smart Grid. 2012. Vol. 3, no. 1, p. 368-376. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.1109/tsg.2011.2163174. Prieiga per: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
34. CORREA-FLOREZ, CARLOS ADRIAN, MICHIORRI, ANDREA and KARINIOTAKIS, GEORGES, 2018, Robust optimization for day-ahead market participation of smart-home aggregators. [interaktyvus] Applied Energy. 2018. Vol. 229, p. 433-445. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.1016/j.apenergy.2018.07.120. Prieiga per: Elsevier BV
35. XU, ZHIWEI, HU, ZECHUN, SONG, YONGHUA and WANG, JIANHUI, 2017, Risk-Averse Optimal Bidding Strategy for Demand-Side Resource Aggregators in Day-Ahead Electricity Markets Under Uncertainty. [interaktyvus] IEEE Transactions on Smart Grid. 2017. Vol. 8, no. 1, p. 96-105. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.1109/tsg.2015.2477101. Prieiga per: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

36. IRIA, JOSÉ and SOARES, FILIPE, 2019, A cluster-based optimization approach to support the participation of an aggregator of a larger number of prosumers in the day-ahead energy market. [interaktyvus] Electric Power Systems Research. 2019. Vol. 168, p. 324-335. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.1016/j.epsr.2018.11.022. Prieiga per: Elsevier BV
37. NAN, SIBO, ZHOU, MING and LI, GENGYIN, 2018, Optimal residential community demand response scheduling in smart grid. [interaktyvus] Applied Energy. 2018. Vol. 210, p. 1280-1289. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.1016/j.apenergy.2017.06.066. Prieiga per: Elsevier BV
38. NILSSON, ANDERS, LAZAREVIC, DAVID, BRANDT, NILS and KORDAS, OLGA, 2018, Household responsiveness to residential demand response strategies: Results and policy implications from a Swedish field study. [interaktyvus] Energy Policy. 2018. Vol. 122, p. 273-286. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.1016/j.enpol.2018.07.044. Prieiga per: Elsevier BV
39. KESSELS, KRIS, KRAAN, CAROLIEN, KARG, LUDWIG, MAGGIORE, SIMONE, VALKERING, PIETER and LAES, ERIK, 2016, Fostering Residential Demand Response through Dynamic Pricing Schemes: A Behavioural Review of Smart Grid Pilots in Europe. [interaktyvus] Sustainability. 2016. Vol. 8, no. 9, p. 929. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.3390/su8090929. Prieiga per: MDPI AG
40. SPENCE, ALEXA, DEMSKI, CHRISTINA, BUTLER, CATHERINE, PARKHILL, KAREN and PIDGEON, NICK, 2015, Public perceptions of demand-side management and a smarter energy future. [interaktyvus] Nature Climate Change. 2015. Vol. 5, no. 6, p. 550-554. [žiūrėta 2021-04-22] DOI 10.1038/nclimate2610. Prieiga per: Springer Science and Business Media LLC
41. Nord Pool biržos kitos paros prekybos duomenys (2019) [interaktyvus] [žiūrėta 2021-04-22] prieiga per: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/#/nordic/table>
42. VALSTYBINĖ ENERGETIKOS REGULIAVIMO TARYBA. 2019 m. tarifų informacija. [interaktyvus] [žiūrėta 2021-05-01] Prieiga per: <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2018-metai/2018-lapkritis/2018-11-30/komisija-patvirtino-2019-m-elektros-energijos-tarifus-buitiniams-vartotojams.aspx>
43. KUPRYS, D. Vartotojų Įtraukimo į Lankstų Elektros Sistemos Valdymą Lietuvoje Vertinimas: Magistro Darbas. Kauno Technologijos Universitetas. [interaktyvus] [žiūrėta 2021-04-25] Prieiga per: ELABa – Nacionalinė Lietuvos Akademinė Elektroninė Biblioteka, 2020.
44. MCKINNEY, W., & others, 2010. *Data structures for statistical computing in python*. In Proceedings of the 9th Python in Science Conference (Vol. 445, pp. 51–56). [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-02] Prieiga per: <https://conference.scipy.org/proceedings/scipy2010/pdfs/mckinney.pdf>
45. LABONAITĖ G. SUBAČIENĖ G. Grynojo pelningumo vertinimo metodika. Vilniaus universitetas. Buhalterinės apskaitos teorija ir praktika [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-04-25] ISSN 1822-8682. Prieiga per: <https://www.zurnalai.vu.lt/BATP/article/download/13013/11872/>

## Priedai

### 1 priedas. Nord Pool kitos paros kainų duomenų pavyzdys

Hourweighted price pr. hour (EUR/MWh)

Source: Nord Pool

Date	Hour								Kjøredag	Døgnpris
	1	2	3	21	22	23	24			
2018-12-31	49,85	49,13	48,28	45,82	43,03	38,54	25,70	2018-12-31	47,40	
2019-01-01	28,32	10,07	10,03	36,91	33,14	21,61	4,04	2019-01-01	22,58	
2019-01-02	9,70	2,15	1,17	53,86	52,71	48,84	39,01	2019-01-02	41,72	
2019-01-03	40,29	37,05	35,37	57,60	54,44	52,09	49,98	2019-01-03	54,73	
2019-01-04	49,87	47,97	47,07	54,22	50,45	49,79	49,02	2019-01-04	54,60	
2019-01-05	48,42	47,52	46,98	52,75	51,90	51,13	50,21	2019-01-05	52,19	
2019-01-06	50,29	49,03	48,81	51,95	51,57	50,71	49,94	2019-01-06	51,98	
2019-01-07	48,62	47,98	47,84	50,60	50,03	49,11	46,75	2019-01-07	58,72	
2019-01-08									58,80	
2019-01-09									58,65	
2019-01-10									65,08	
2019-01-11									55,15	
2019-01-12									48,66	
2019-01-13									47,95	
2019-01-14									48,54	
2019-01-15									53,56	
2019-01-16									55,58	
2019-01-17									52,80	
2019-01-18									61,71	
2019-01-19									55,41	
2019-01-20									55,05	
2019-12-24									36,97	
2019-12-25									35,22	
2019-12-26									36,59	
2019-12-27									41,42	
2019-12-28									33,95	
2019-12-29	30,60	28,10	26,92	30,79	30,02	25,56	20,86	2019-12-29	28,53	
2019-12-30	11,07	11,84	6,16	30,68	29,67	28,96	24,33	2019-12-30	26,73	
2019-12-31	.....								29,51	

## 2 priedas. Vartotojų suvartojimo valandinių duomenų pavyzdys

OBJEKTO_NUMERIS	Data	Valandinis P+ (kW)
1	2019-01-01 00:00	0,784
2	2019-01-01 01:00	0,827
..	2019-01-01 02:00	0,91
	2019-01-01 03:00	0,279
	2019-01-01 04:00	0,149
	2019-01-01 05:00	0,256
	2019-01-01 06:00	0,069
	2019-01-01 07:00	0,146
	2019-01-01 08:00	0,045
	2019-01-01 09:00	0,274
	2019-01-01 10:00	0,52
	2019-01-01 11:00	0,967
	2019-01-01 12:00	0,186
	2019-01-01 13:00	0,263
	2019-01-01 14:00	0,397
	2019-01-01 15:00	0,301
	2019-01-01 16:00	0,487
	2019-01-01 17:00	0,526
	2019-01-01 18:00	0,452
	2019-01-01 19:00	0,357
	2019-01-01 20:00	0,995
	2019-01-01 21:00	1,041
	2019-01-01 22:00	0,201
	2019-01-01 23:00	0,066

### 3 priedas. Vartotojų dalyvaujančių tyrime duomenys

I D	Objekto tipas	Miestas	Vid. mėnesio suvartojimas	Skalbimo mašina	Džiovyklė	Indaplovė	Oro kondicionierius	I D	Objekto tipas	Miestas	Vid. mėnesio suvartojimas	Skalbimo mašina	Džiovyklė	Indaplovė	Oro kondicionierius
1	Namas	Vilnius	607,8	Taip	Taip	Taip	Taip	59	Namas	Vilniaus raj.	403,8	Taip		Taip	
2	Namas	Vilnius	207,1	Taip		Taip		60	Namas	Alytus	455,3	Taip		Taip	
3	Namas	Vilnius	220,2	Taip	Taip	Taip		61	Namas	Alytus	380,9	Taip	Taip	Taip	
4	Butas	Vilnius	192,5	Taip				62	Namas	Alytus	565,8	Taip	Taip	Taip	
5	Butas	Vilnius	150,5	Taip		Taip		63	Namas	Alytus	664,0	Taip	Taip	Taip	Taip
6	Butas	Vilnius	149,4	Taip		Taip		64	Namas	Alytus	507,7	Taip	Taip	Taip	
7	Butas	Vilnius	160,8	Taip		Taip		65	Namas	Alytus	265,1	Taip	Taip	Taip	
8	Butas	Vilnius	157,9	Taip		Taip		66	Namas	Alytus	178,8	Taip		Taip	
9	Namas	Vilnius	205,0	Taip	Taip			67	Namas	Alytus	251,5	Taip	Taip	Taip	
10	Butas	Vilnius	182,3	Taip		Taip		68	Namas	Alytus	369,0	Taip	Taip	Taip	
11	Butas	Vilnius	128,0	Taip		Taip		69	Namas	Alytus	234,5	Taip	Taip	Taip	
12	Butas	Vilnius	187,6	Taip		Taip		70	Namas	Alytus	599,2	Taip	Taip	Taip	Taip
13	Namas	Vilniaus raj.	152,6	Taip		Taip		71	Namas	Alytus	336,9	Taip	Taip	Taip	
14	Butas	Vilnius	203,9	Taip	Taip	Taip		72	Namas	Alytus	402,6	Taip	Taip	Taip	
15	Butas	Vilnius	321,8	Taip	Taip	Taip		73	Namas	Alytus	217,0	Taip		Taip	
16	Namas	Vilnius	164,2	Taip		Taip		74	Namas	Alytus	169,6	Taip		Taip	
17	Butas	Vilnius	197,3	Taip				75	Namas	Alytus	117,5	Taip		Taip	
18	Namas	Vilnius	437,8	Taip	Taip	Taip	Taip	76	Namas	Alytus	134,3	Taip		Taip	
19	Butas	Vilnius	206,1	Taip	Taip	Taip		77	Namas	Alytus	91,3	Taip		Taip	
20	Butas	Vilnius	22,6	Taip				78	Namas	Alytus	97,5	Taip		Taip	
21	Butas	Vilnius	145,9	Taip		Taip		79	Namas	Alytus	382,2	Taip	Taip	Taip	
22	Namas	Vilnius	242,4	Taip	Taip	Taip		80	Namas	Alytus	295,3	Taip	Taip	Taip	
23	Namas	Vilnius	495,0	Taip	Taip	Taip		81	Butas	Alytus	514,2	Taip	Taip	Taip	
24	Namas	Vilnius	223,4	Taip	Taip	Taip		82	Butas	Alytus	513,9	Taip	Taip	Taip	
25	Namas	Vilnius	351,7	Taip	Taip	Taip		83	Butas	Alytus	392,0	Taip	Taip	Taip	
26	Butas	Vilnius	76,0	Taip				84	Butas	Alytus	262,6	Taip	Taip	Taip	
27	Namas	Vilnius	163,3	Taip		Taip		85	Butas	Alytus	168,3	Taip		Taip	
28	Butas	Vilnius	188,6	Taip		Taip		86	Namas	Varėna	541,7	Taip	Taip	Taip	
29	Namas	Vilnius	201,5	Taip		Taip		87	Namas	Varėna	542,6	Taip	Taip	Taip	
30	Namas	Vilnius	191,1	Taip		Taip		88	Namas	Varėna	345,9	Taip	Taip	Taip	
31	Namas	Vilnius	415,4	Taip		Taip		89	Namas	Varėna	427,1	Taip	Taip	Taip	
32	Namas	Vilnius	586,5	Taip	Taip	Taip		90	Namas	Varėna	311,1	Taip	Taip	Taip	
33	Namas	Vilnius	690,4	Taip	Taip	Taip	Taip	91	Namas	Varėna	335,7	Taip	Taip	Taip	

34	Butas	Vilnius	325,5	Taip	Taip	Taip		92	Na mas	Varėna	86,6	Taip		Taip	
35	Na mas	Vilnius	879,0	Taip	Taip	Taip	Taip	93	Na mas	Šilutė	120,5	Taip		Taip	
36	Na mas	Vilnius	181,7	Taip		Taip		94	Na mas	Šilutė	264,6	Taip	Taip	Taip	
37	Butas	Vilnius	467,0	Taip	Taip	Taip		95	Na mas	Šilutė	26,1	Taip			
38	Na mas	Vilnius	247,7	Taip		Taip		96	Na mas	Klaipėda	87,6	Taip		Taip	
39	Na mas	Vilnia us raj.	321,2	Taip	Taip	Taip		97	Na mas	Klaipėda	292,5	Taip	Taip	Taip	
40	Na mas	Vilnia us raj.	476,2	Taip	Taip	Taip		98	Na mas	Klaipėda	197,5	Taip		Taip	
41	Na mas	Vilnia us raj.	662,3	Taip	Taip	Taip	Taip	99	Buta s	Šiauliai	147,2	Taip		Taip	
42	Na mas	Vilnia us raj.	655,4	Taip	Taip	Taip	Taip	100	Buta s	Šiauliai	256,7	Taip	Taip	Taip	
43	Na mas	Vilnia us raj.	403,2	Taip	Taip	Taip		101	Buta s	Šiauliai	172,4	Taip		Taip	
44	Na mas	Vilnia us raj.	1068,5	Taip	Taip	Taip	Taip	102	Buta s	Šiauliai	243,2	Taip	Taip	Taip	
45	Na mas	Vilnia us raj.	174,2	Taip		Taip		103	Buta s	Šiauliai	189,9	Taip		Taip	
46	Na mas	Vilnia us raj.	327,0	Taip	Taip	Taip		104	Buta s	Šiauliai	201,1	Taip		Taip	
47	Na mas	Vilnia us raj.	215,1	Taip		Taip		105	Buta s	Šiauliai	126,8	Taip		Taip	
48	Na mas	Vilnia us raj.	1003,4	Taip	Taip	Taip	Taip	106	Buta s	Šiauliai	172,2	Taip		Taip	
49	Butas	Vilnia us raj.	436,7	Taip	Taip	Taip		107	Buta s	Šiauliai	388,4	Taip	Taip	Taip	
50	Na mas	Vilnia us raj.	1374,3	Taip	Taip	Taip	Taip	108	Buta s	Šiauliai	203,6	Taip		Taip	
51	Na mas	Vilnia us raj.	958,5	Taip	Taip	Taip	Taip	109	Buta s	Šiauliai	259,6	Taip		Taip	
52	Na mas	Vilnia us raj.	1040,7	Taip	Taip	Taip	Taip	110	Buta s	Šiauliai	212,8	Taip	Taip	Taip	
53	Na mas	Vilnia us raj.	353,7	Taip	Taip	Taip		111	Buta s	Šiauliai	175,5	Taip		Taip	
54	Na mas	Vilnia us raj.	203,6	Taip		Taip		112	Buta s	Šiauliai	97,6	Taip		Taip	
55	Na mas	Vilnia us raj.	588,4	Taip	Taip	Taip		113	Buta s	Šiauliai	60,7	Taip			
56	Na mas	Vilnia us raj.	647,5	Taip	Taip	Taip		114	Buta s	Šiauliai	173,2	Taip		Taip	
57	Na mas	Vilnia us raj.	313,2	Taip	Taip	Taip		115	Buta s	Šiauliai	84,7	Taip			
58	Na mas	Vilnia us raj.	454,8	Taip		Taip		116	Buta s	Šiauliai	170,1	Taip		Taip	
								117	Buta s	Šiauliai	178,4	Taip		Taip	
								118	Buta s	Šiauliai	261,5	Taip	Taip	Taip	
								119	Buta s	Šiauliai	268,1	Taip	Taip	Taip	