



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizė

Baigiamasis magistro studijų projektas

Raigardas Jukonis

Projekto autorius

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizė

Baigiamasis magistro studijų projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

Raigardas Jukonis

Projekto autorius

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

Vadovė

Lekt. dr. Aistija Vaišnorienė

Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Raigardas Jukonis

Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizė

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Raigardo Jukonio, baigiamasis darbo tema „Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizė“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Jukonis, Raigardas. Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizė. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: Atsinaujinanti energetika, paramos schemos, rinka, kapitalo išlaidos.

Kaunas, 2019. 57 p.

Santrauka

Baigiamajame projekte aptariamas argumentas, kad esant dabartinei elektros energijos gamybos kainai, pagaminti pagal naujausias ir pažangiausias vėjo energijos technologijas, vėjo energijos konkurencingumui pasiekti papildoma parama nėra reikalinga. Kadangi tobulėjant technologijoms ir plečiantis vėjo energijos rinkai iš vėjo pagaminta elektros energijos kaina mažėja bei tampa konkurencinga nesuteikiant paramos. Dėl šios priežasties, manoma, kad suteikiant vėjo elektrinėms paramą užkraunama papildoma našta vartotojui, kai tuo metu normalios rinkos sąlygos yra iškraipomos.

Baigiamojo darbo analizė atliekama su dvejomis komercinės paskirties vėjo elektrinėmis. Abiejų elektrinių atveju atskirai sudaromi modeliai – be paramos, su supirkimo tarifu, priemokos tarifu, investicijų subsidija. Toliau atliekama lyginamoji analizė ir vertinimas. Baigiamojo darbo pagrindinis tikslas yra nustatyti ir įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo sąveiką.

Jukonis, Raigardas. Renewable energy sources support and market conditions application analysis. Final Master's Degree Project / supervisor doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė. Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: Renewable energy, support schemes, market, capital costs.

Kaunas, 2019. 57 pages.

Summary

The final project discusses the argument that, in the current price of electricity produced from the latest and most advanced wind energy technologies, no additional support is needed to achieve wind energy competitiveness. Because of the development of technology and the expansion of the wind energy market, the price of wind electricity is declining and becomes competitive without support. For this reason, providing support for wind power plants impose an additional burden on the user, while normal market conditions are distorted.

The analysis of the final project is carried out with two commercial wind power plants. In the case of both power plants, models are created separately – without incentives, with feed in tariffs, feed in premium, investment subsidy. Comparative analysis and evaluation are further steps. The aim of this thesis is to identify and evaluate the use of renewable energy resources in support and treatment interaction.

Turinys

Lentelių sąrašas	7
Paveikslų sąrašas	8
Santrumpų ir terminų sąrašas	9
Įvadas	10
1. Darni plėtros politika elektros energetikos sektoriuje	12
2. Žaliosios elektros energijos gamybos skatinimo schemų tipai	15
2.1. Žalieji supirkimo tarifai.....	16
2.2. Supirkimo priemokos schema	19
2.3. Žalieji sertifikatai – atsinaujinančio portfelio standartai.....	20
2.4. Kitos kainų rėmimo priemonės skatinančios atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą.....	21
2.5. Atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo sąveika rinkoje	22
2.6. Informacijos šaltinių analizės apibendrinimas	26
3. Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizės metodikos identifikavimas	29
3.1. Sisteminis patarėjo modelis ir jo pagrindimas	31
3.2. Elektros energijos gamybos sąnaudų apskaičiavimo metodas: elektros energijos gamybos svertiniai kaštai LCOE	32
3.3. Vėjo elektrinių projekto išlaidų parametrų apžvalga bei vertinimas	35
4. Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizė	38
4.1. Prognozuojamas vėjo elektrinių našumas	39
4.2. Kapitalo išlaidų pasiskirstymo ir investicijų į vėjo elektrines nustatymas	40
4.3. Supirkimo tarifų, priemokos bei subsidijų paramos reikšmių nustatymas	43
4.4. Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizės rezultatai.....	43
4.5. Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizės apibendrinimas	50
Išvados	52
Informacijos šaltinių sąrašas	53

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Kapitalo išlaidos	41
2 lentelė. „Vestas“ firmos 20 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelio rezultatai	45
3 lentelė. „EWT“ firmos 0,25 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelio rezultatai	47

Paveikslų sąrašas

1 pav. Sistemos, žmogaus, aplinkos prieštaravimai ir judėjimas	12
2 pav. Atsinaujinančios energetikos paramos skatinimo schema ir priemonės.....	15
3 pav. Fiksuotų tarifų skatinimo schema	16
4 pav. Vėjo elektros energijos gamybos svertinių kaštų kaita 2009–2018 m.....	25
5 pav. Analizės darbo etapų schema.....	30
6 pav. Įtakos vertinimo SAM modelyje schema.....	31
7 pav. AEI paramos ir rinkos sąlygų modeliai	39
8 pav. Vėjo elektrinių kapitalo išlaidų pasiskirstymas	40
9 pav. „Vestas“ firmos 20 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelis	44
10 pav. 20 MW galios elektrinės skirtingų analizės atvejų grynoji dabartinė vertė.....	45
11 pav. „EWT“ firmos 0,25 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelis	46
12 pav. 0,25 MW galios elektrinės skirtingų analizės atvejų grynoji dabartinė vertė.....	47
13 pav. Elektros energijos gamybos svertinių išlaidų palyginimas.....	48
14 pav. Skirtingų energijos technologijų LCOE reikšmės Europoje.....	50

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai;

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;

LEI – Lietuvos Energetikos Institutas;

SAM – Sisteminis Patarėjo Modelis (angl. *System Advisor Model*);

FIT – žalieji supirkimo tarifai;

O&M – eksploatacinės išlaidos (angl. *operating and maintenance*);

SAM – sisteminis patarėjo modelis;

WACC – vidutinė svertinė kapitalo kaina;

IRR – vidinė pelno norma;

NPV – grynoji dabartinė vertė;

LCOE – elektros energijos gamybos svertiniai kaštai;

VKEKK – Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija.

Įvadas

Prieiga prie energijos yra visų šalių ekonomikos pagrindas. Kai ekonomika auga ir tampa labiau priklausoma nuo sudėtingesnės infrastruktūros ir technologinių sistemų, energija tampa vis svarbesnė subjektams, įmonėms ir valstybėms. Vis dėlto pasaulyje vyrauja įvairios problemos ir apribojimai susiję su energijos sektoriaus plėtra, kurie gali kelti grėsmę tolesnei industrializacijai ir ekonomikos augimui. Vienas iš pagrindinių iššūkių yra klimato kaita.

Atsinaujinanti energija sudaro galimybių palaipsniui pereiti prie patikimesnės bei įvairesnės energetikos ekonominės sistemos. Vis didėjantys atsinaujinančių išteklių poreikiai užima ir įsitraukia į bendrą energetikos sistemą. Tai pastebima bendros energetinės sistemos apžvalgoje. Tačiau, reikia paminėti, kad atsinaujinantys energijos ištekliai, kol kas, nėra visiškai pajėgūs konkuruoti su tradiciniais energijos ištekliais. Norint išspręsti šią problemą ypač svarbu toliau skatinti ir remti atsinaujinančią energetiką.

Atsinaujinančių energijos išteklių plėtra ir vartojimas yra svarbi Lietuvos Respublikos ir visos Europos Sąjungos energetikos politikos dalis. Tvarus atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo skatinimas yra vienas reikšmingiausių būdų ne tik mažinti energijos naudojimo poveikį aplinkai, bet ir gerinti energetikos sektoriaus infrastruktūrą, didinti energijos tiekimo saugumą, skatinti naujų pramonės šakų plėtrą, modernių tausojančių aplinką technologijų ir produktų rinką. Todėl svarbu analizuoti atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo įtaką rinkai.

Plečiantis atsinaujinančiai energetikai plečiasi ir jos rinka, o kartu stiprėja ir sąveika tarp rinkos dalyvių. Atsinaujinančios energetikos integracijai daug įtakos gali turėti teisingas ir sąžiningas paramos padalinimas. Verta pabrėžti, kad parama ar skatinimo priemonė gali turėti ir neigiamą grįžtamąjį poveikį. Šiuo atveju, skiriama nemažai pastangų siekiant darnumo koncepcijos, kartu tai apima ir regioninę integraciją Europos Sąjungoje. Europos Sąjungos politikoje pažymėtinas bandymas apjungti valstybių narių aplinkosaugos, socialinius bei ekonominius skirtumus į bendrą sistemą. Iš to galima daryti išvadą, jog svarbu žinoti paramos skatinimo schemų ir priemonių įtaką energetikos rinkoje esantiems dalyviams.

Baigiamojo darbo tikslas – nustatyti ir įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo sąveiką. Tyrimo objektas – vėjo elektrinių plėtros skatinimui taikomos paramos priemonės.

Baigiamojo darbo uždaviniai yra:

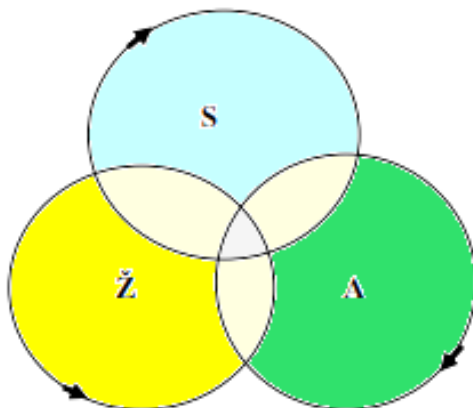
- ✓ atlikti atsinaujinančių energijos išteklių paramos schemų analizę bei įvertinti paramos priemonių teikiamą naudą/efektyvumą apžvelgiant jų privalumus bei trūkumus;

- ✓ išanalizuoti SAM modelio veikimo principus ir elektros energijos gamybos svertinių kaštų (LCOE) metodą;
- ✓ atlikti vėjo elektrinių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizę taikant LCOE metodą;
- ✓ atlikti skirtingos galios vėjo elektrinių svertinių kaštų palyginamąją analizę taikant skirtingas paramos priemones ir rinkos sąlygas.

Tyrimo metodai – literatūros analizė, duomenų paieška, modeliavimo, statistinės ir lyginamosios analizės metodai.

1. Darni plėtros politika elektros energetikos sektoriuje

Atsinaujinančios energijos koncepcija siejama su darnia elektros energetikos sektoriaus plėtra. Darnaus vystymosi atsiradimas nukelia į istorinius laikus, kai vyko modernių šalių persitvarkymai po Antrojo pasaulinio karo, kurie ne tik paveikė 40 milijonų žmonių gyvenimus, bet taip pat ir pagreitino aplinkos būklės blogėjimą. Karo padarinių likvidavimas perkūrė dalį pasaulio civilizacijos. Tačiau siekiant taikių tikslų, aplinkos blogėjimas nebuvo sustabdytas. Spartus statybų ir infrastruktūros bei pramonės, kasyklų, transporto, užtvankų, elektrinių, perdirbimo gamyklų ir uostų atstatymo vystymasis sukėlė drastišką aplinkos sąlygų pablogėjimą. Darni plėtra buvo laiku atsiradusi reakcija šiai problemai spęsti, jis plėtojosi palaipsniui iš pasaulinių problemų nuo 1970-ųjų, tam, kad būtų galima nustatyti vystymosi vietinius (taršos), regioninius (rūgštūs lietūs), pasaulinius (ozono sluoksnio nykimas) sutrikimus ir suderinti sistemos (S) ir žmogaus (Ž) bei aplinkos (A) prieštaravimus ir judėjimą skirtingomis kryptimis. Tai pavaizduota 1 paveiksle [1].



1 pav. Sistemos, žmogaus, aplinkos prieštaravimai ir judėjimas [1]

Pasaulyje didėjant gyventojų skaičiui ir augant ekonomikai, nepaliaujamai auga ir energijos suvartojimas. Nepaisant pasaulinės finansų krizės, tik 2009 metais G20 valstybėse fiksuotas 1,1 % energijos vartojimo smukimas, kuris jau 2010 metais padidėjo 5 %, o CO₂ emisija dėl energijos gamybos net 5,8 %. Tarptautinė energetikos agentūra prognozuoja, kad dabartinėms tendencijoms nesikeičiant ir ateityje, 2030 m. energijos poreikis pasaulyje išaugs apie 60 %, o anglies dvideginio emisijos padidės 62 %. Pasaulio lyderiai sutarė, kad tokios tendencijos nesutampa su tvarios (darnios) plėtros siekiais, tad jau 2002 m. vykusiam aukšto lygio darnios plėtros susitikime (angl. *World Summit on Sustainable Development*), buvo nutarta reikšmingai didinti AEI dalį energijos suvartojime. Europos Sąjunga (ES) teikia išskirtinį dėmesį atsinaujinančių energijos išteklių plėtrai ir energijos efektyvumo didinimui: nors 2008 m. atsinaujinantys ištekliai bendrajame ES energijos balanse sudarė tik 10,3 %, tais pačiais metais Europos Parlamentas priėmė

ambicingą sprendimą iki 2020 m. visoje ES sumažinti CO₂ taršą 20 %, tiek pat padidinti energijos vartojimo efektyvumą bei iki 20 % energijos išgauti iš atsinaujinančių išteklių [2].

Vertinant tolimesnę ateitį, po 2020 metų iškeliami ambicingesni tiksliniai rodikliai. Pagrindinis būsimos klimato ir energetikos politikos tikslas – užtikrinti, kad energija išliktų įperkama įmonėms, pramonės subjektams ir vartotojams. Todėl 2030 m. strategija ir joje numatyti tiksliniai rodikliai yra pagrįsti būtinybe klimato ir energetikos srities tikslus pasiekti kuo ekonomiškiau. Laikantis tokio požiūrio, valstybėms narėms suteikiama galimybė, atsižvelgiant į nacionalines aplinkybes, pačioms pasirinkti savo įsipareigojimų vykdymo būdą. Tuo remdamasi ES Komisija pasiūlė šiuos privalomus tikslinius rodiklius: išmetamą ŠESD kiekį iki 2030 m. sumažinti 40 % (palyginti su 1990 m. išmestu kiekiu) ir užtikrinti, kad 2030 m. bent 27 % suvartojamos energijos sudarytų atsinaujinančiųjų išteklių energija. Šie rodikliai – tarpiniai orientyrai siekiant ekonomiškai efektyviai iki 2050 m. sukurti konkurencingą mažo anglies dioksido kiekio technologijų ekonomiką, kuri prisideda prie tvarios plėtros [3].

Didelė suteikiama investicijų ar išduodama paskolų dalis yra skirta atsinaujinančios energijos gamybos tobulinimui. Akivaizdu, kad ES valstybėms norint įgyvendinti užsibrėžtus tikslus, artėjančiais dešimtmečiais reikės didinti finansavimą atsinaujinančių išteklių plėtrai, o šių lėšų panaudojimo efektyvumas darys stiprią įtaką regiono vystymuisi bei visuomenės gerovei.

Atsinaujinančių energijos išteklių paramos schema

Paramos schema – visuma skatinimo mechanizmų ar priemonių, kuriomis skatinama naudoti atsinaujinančių išteklių energiją, tarp jų mažinamos atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo sąnaudos, didinama energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių pardavimo kaina, nustatomi įpareigojimai naudoti atsinaujinančius energijos išteklius ar vartoti iš atsinaujinančių išteklių pagamintą energiją, taip pat kitos priemonės, skatinančios naudoti atsinaujinančius energijos išteklius energijai gaminti ir (ar) iš jų pagamintos energijos vartojimą [4].

Tai apima paramą investicijoms, neapmokestinimą ar mokesčių sumažinimą, mokesčių grąžinimą, paramos schemas atsinaujinančių išteklių energijos įpareigojimams vykdyti, įskaitant schemas, pagal kurias naudojamos žaliaisiais sertifikatais, ir tiesioginio kainų rėmimo schemas, įskaitant fiksuotus supirkimo tarifus ir priemokų mokėjimus. Paramos skatinimo schema ir priemonės pateikiamos 2 paveiksle.

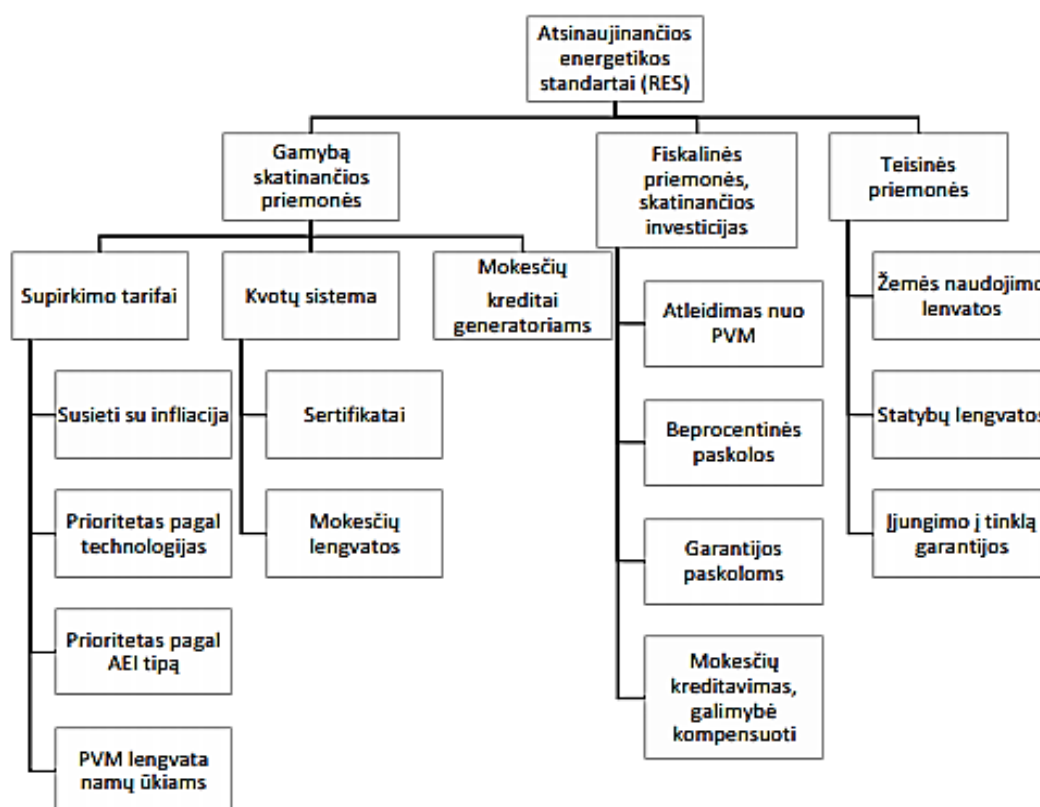
Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas skatinamas taikant nustatytą paramos schemą, kurią sudaro viena ar kelios skatinimo priemonės. Skatinimo priemonėmis yra laikoma [5]:

- fiksuotas tarifas;
- energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių supirkimas;
- atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių įrenginių prijungimo prie energetikos tinklų ar sistemų išlaidų kompensavimas;
- energetikos tinklų ar sistemų galios ir pralaidumo ar kitų atitinkamų techninių parametru rezervavimas atsinaujinančius energijos išteklius naudojantiems įrenginiams prijungti;
- energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių persiuntimas pirmumo teise;
- elektros energijos gamintojų atleidimas nuo atsakomybės už pagamintos elektros energijos balansavimą ir (ar) elektrinės gamybos galios rezervavimą skatinimo laikotarpiu;
- parama žemės ūkio produkcijos – biokuro, biodegalų, biotepalų ir bioalyvų gamybos žaliavos – gamybai ir perdirbimui;
- privalomo atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijai gaminti ir (ar) privalomo energijos iš atsinaujinančių energijos išteklių vartojimo, taip pat biodegalų naudojimo reikalavimai;
- parama investicijoms į atsinaujinančius energijos išteklius naudojančias technologijas;
- kitos įstatymų nustatytos lengvatos.

2. Žaliosios elektros energijos gamybos skatinimo schemų tipai

Šiuo metu AEI kol kas negali konkuruoti su tradiciniais, išskastinį kurą naudojančiais, energijos gamybos būdais. Pasaulio valstybės, siekdamos skatinti AEI gamybą, taiko įvairius skatinimo būdus: tiesiogiai nustato kainas ir kvotas, remia investicijas, taiko mokesčių nuolaidas. Šių būdų visuma bendrai apibrėžiama atsinaujinančios energetikos standartuose (angl. *Renewable Energy Standards*). Skirtingi AEI rėmimo būdai priklauso nuo įvairių faktorių, tokių kaip technologinė bazė, teisinės tradicijos ir pan. Vieni rėmimo mechanizmai gali būti nepriimtini valstybės institucijoms ar pagrindiniams akcininkams, kiti preferencijas teikia besivystančioms, o ne jau diegiamoms technologijoms [2, 6].

Atsinaujinančios energetikos standartų siekiai yra taikomi daugelyje šalių: 2011 m. 73 pasaulio valstybės buvo nusistačiusios tikslą siekti didesnės AIE dalies bendroje energijos gamyboje. Dažniausiai naudojama atsinaujinančios energetikos skatinimo sistema yra žalieji tarifai, kuriuos vienokia ar kitokia forma naudoja apie 50 pasaulio valstybių, tačiau dažnai naudojami ir kiti AIE rėmimo būdai ar kelių būdų deriniai. Gamybą skatinančias priemones galima sugrupuoti į dvi grupes (modelius): žalieji supirkimo tarifai (angl. *feed-in tariffs, FIT*) ir kvotas (angl. *quotas*), kurios dažnai vadinamos atsinaujinančio portfelio standartais (RPS) [2, 6]. Paramos skatinimo schema ir priemonės pateikiamos 2 paveiksle.

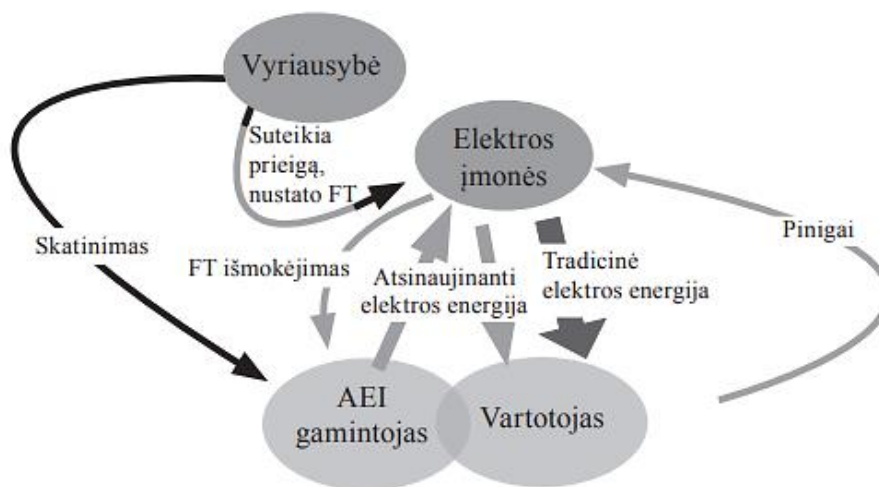


2 pav. Atsinaujinančios energetikos paramos skatinimo schema ir priemonės [6]

Bendraja prasme atsinaujinančios energetikos skatinimas galimai išskirstomas į tris pagrindines grupes, tai būtų gamybą skatinančios priemonės, fiskalinės priemonės skatinančios investicijas ir teisinės priemonės. Šie veiksniai tiek tiesiogiai, tiek netiesiogiai prisideda prie atsinaujinančių energijos išteklių paramos.

2.1. Žalieji supirkimo tarifai

Žalieji tarifai – tai schema, pagal kurią visą elektrą, pagamintą naudojant AEI, superka tinklų operatorius ar tiekėjas pagal nustatytą, paprastai aukštesnę nei rinkos, kainą. Ši prievolė galioja tam tikrą laikotarpį. Papildomą naštą už šią brangiau superkamą elektrą pasidalija visi energijos vartotojai. Supirkimo kainos nustatomos įvairiai – vienoje šalyse jos nustatytos įstatymuose ar poįstatyminiuose aktuose, kitose jas nustato reguliuotojas ar Vyriausybė. Dažniausiai nustatomi skirtingi supirkimo tarifai skirtingoms technologijoms (vėjo, saulės, biomasės elektrinėms), skirtingai galiai, netgi atsižvelgus į elektrinių statybos vietą. Kartais nustatomos ne supirkimo kainos, o tik priedas prie rinkos kainos, tam tikra premija. Šiuo atveju supirkimo kaina sunkiau prognozuojama, nes kinta kartu su rinkos kaina [7]. Kaip veikia fiksuotų tarifų skatinimo schema pateikiama 3 paveiksle.



3 pav. Fiksuotų tarifų skatinimo schema [8]

Kaip matyti iš 3 paveikslo, vyriausybė arba jos paskirtos institucijos nustato AEI plėtros skatinimo schemas bei įpareigoja elektros įmones, tiksliau – tinklo operatorius, savo aptarnaujamoje zonoje 15–20 metų laikotarpiu suteikti prieigą prie tinklo bei supirkti visą elektros energiją, pagamintą iš AEI už nustatytą fiksuotą tarifą.

Žalieji tarifai nustatomi ilgesniam laikotarpiui, paprastai 10–25 metams, tai užtikrina garantijas investuotojams, sumažina investicijų riziką. Žalieji tarifai yra patrauklus AEI rėmimo būdas investuotojams, nes paprastai jie apskaičiuoti taip, kad užtikrintų investicijų grąžą per tam tikrą

laikotarpį (10–15 metų). Investuotojai gali gauti palankiomis sąlygomis paskolas iš bankų, nes finansinė rizika labai nedidelė. Žalieji tarifai tapo populiariausiu elektros, pagamintos naudojant AEI, rėmimo būdu ES, jį naudoja net 21 šalis narė. 2009 m. šis būdas buvo taikomas net 69 pasaulio šalyse, įskaitant Braziliją, Kanadą ir Kiniją [7]. Svarbiausi žaliųjų tarifų pranašumai būtų šie:

- palaikomos įvairios (ne tik pigiausios ar labiausiai išplėtotos) technologijos, taip pat įvairios galios elektrinės (mažos elektrinės paprastai brangesnės);
- nustatomos aiškios ilgalaikės taisyklės, tuo būdu garantuojamos ilgalaikės paskolos palankiomis sąlygomis, vyriausybės pasikeitimas nekeičia sistemos, netgi mokesčių pasikeitimas neturi didesnės įtakos, nes finansuojama ne iš šalies biudžeto;
- palaikomos naujovės, nustatant kasmet mažėjančius tarifus (įvertinamas technologijų efektyvumo augimas);
- paprastas administravimas, jokių tiesioginių mokesčių, matoma aei rėmimo nauda prisideda prie visuomenės palaikymo panaudojant aei;
- vietinio kapitalo ir vietinės darbo jėgos dalyvavimas skatina tolesnį visuomenės palaikymą.

Taip pat, galimai iškeliami ir kai kurie žaliųjų tarifų trūkumai:

- jie nesiderina su laisvosios rinkos principais;
- neteisingai nustačius gamybos kainas, parama aei vartotojams gali tapti sunkia našta;
- nenustačius perskaičiavimo, įvertinančio technologijų kaitą, gali būti stabdomas naujų technologijų diegimas arba duodami didžiuliai pelnai investuotojams;
- prievolė supirkti visą žaliąją elektros energiją gali sukelti tinklų balansavimo problemas ir padidinti tinklų sąnaudas.

Nustatant žaliuosius tarifus svarbu įvertinti ir įvairius veiksnius. Pirmiausia tarifai turi būti teisingai apskaičiuoti – pakankamai aukšti, kad skatintų investuotojus ateiti į šią sritį, bet neduotų jiems nepagrįsto pelno. Antra, tarifai turi būti nustatyti pakankamai ilgam laikui (nuo 10 iki 25 metų, idealiais atvejais – nuo 15 iki 20 metų), šitaip garantuojant investicijų saugumą ir atsiperkamumą. Trečia, visi vartotojai turi prisidėti prie paramos, nepaisant to, kuriuose regionuose plėtojama AEI energetika. Ketvirta, turėtų būti nustatyta prievolė supirkti elektrą, pagamintą naudojant AEI. Penkta, turi būti pašalinti priėjimo prie tinklų barjerai, „žalioji“ elektra turėtų gauti priėjimo prie tinklų pirmenybę [7].

Be šių pagrindinių, galima išvardyti ir kitas svarbias aplinkybes. Tarifai turi būti ne tik pakankamai aukšti, skatinantys ateiti investuotojus, bet ir įvertinantys kiekvienos šalies sąlygas. Kita vertus, labai svarbu, kad skirtumas tarp rinkos kainų ir žaliųjų tarifų būtų nedidelis. Laikoma, kad

vidutinėje perspektyvoje šis skirtumas visai išnyks, nes brangs iškastinis kuras, didės aplinkosaugos reikalavimai, o AEI technologijos tobulės ir pils. Todėl ilgalaikėje perspektyvoje elektra, pagaminta naudojant AEI, turėtų tapti netgi pigesnė, nei pagaminta tradicinį kurą naudojančiose elektrinėse. Skaičiuojama, kad Vokietijoje dėl paramos elektros energetikai, naudojančiai AEI, vartotojų išlaidos per ateinančius 20 metų išsaugos 3 %; tai labai didelė paskata plėtoti šią energetikos šaką. Šalyse, kuriose tokia parama gerokai padidintų našą vartotojams, geriau taikyti mažesnius žaliuosius tarifus, nors tai ribotų investicijas ir žaliosios energetikos plėtrą, tačiau nesukurtų neigiamos visuomenės nuomonės. Kai kurios šalys, nebūdamos tikros, kad žalieji tarifai nustatyti teisingai, ir bijodamos, kad per trumpą laiką labai padidės elektros energijos, pagamintos naudojant AEI, dalis, įveda ribojimus – pavyzdžiui, nusprendžiama, kad bendra vėjo elektrinių galia turi būti ne didesnė nei kažkiek megavatų. Aišku, tai neigiamai veikia AEI energetikos plėtrą, tačiau leidžia įvertinti, kiek patrauklūs investuotojams nustatytieji žalieji tarifai, ir koreguoti juos arba ribas [7].

Žalieji tarifai turėtų būti diferencijuoti pagal technologijas (vėjo sausumoje, vėjo jūroje, biomasės, hidro- ir t. t.), taip pat pagal elektrinių galią, nes įrengti mažas elektrines paprastai kainuoja brangiau nei didelės (skaičiuojant vienam galios ar pagamintos energijos vienetui). Suprantama, kad įvedant žaliuosius tarifus didelė diferenciacija neįmanoma, sunkiai pagrindžiama, tačiau ilgainiui, sukauptus pakankamai informacijos apie gamybos sąnaudas įvairiose elektrinėse, naudojančiose skirtingas technologijas, skirtingas galias, būtina tarifus diferencijuoti, šitaip teisingiau paskirstant paramą AEI. Tolesnėje perspektyvoje, pavyzdžiui, net biomasę naudojančių elektrinių pagamintos elektros supirkimo tarifai galėtų būti diferencijuojami, atsižvelgus į kuro rūšį (medienos atliekos, šiaudai, energetiniai augalai ir pan.) [7].

Kaip minėta, tarifai turi būti nustatomi pakankamai ilgam laikotarpiui, tačiau tame slypi ir tam tikras pavojus: technologijų plėtra ir masto ekonomija gali atnešti nepagrįstus pelnus investuotojams. Išėjis – nustatyti vadinamąjį digresijos koeficientą, t. y. žalieji tarifai kasmet mažinami (numatyti (%)) ir naujiems įrenginiams jie mažesni negu anksčiau įrengtiesiems. Šitaip ribojamas pelnas, kurį investuotojai galėtų gauti, jei panaudojus efektyvesnes technologijas gerokai sumažėtų savikaina [7].

Viena esminių žaliųjų tarifų taikymo sąlygų – supirkimo prievolė. Visa elektra, pagaminta naudojant AEI, turi būti nupirktą nustatytu tarifu. Pirkėjas gali būti perdavimo tinklų operatorius ar tiekėjas (tiekėjai), svarbu, kad visi vartotojai pasidalintų šią atsinaujinančių išteklių paramos našą [7].

2.2. Supirkimo priemokos schema

Priemoka gali būti išreikšta kaip priedas prie rinkos kainos, kurią gauna žaliosios elektros gamintojai. Pagal supirkimo priemokų (angl. *feed-in premium*) schemą, elektros energija iš AEI paprastai parduodama elektros biržoje, o AEI gamintojai papildomai gauna priemoką už kiekvieną pagamintą kilovatvalandę. Supirkimo priemoka gali būti arba fiksuota (pvz. pastoviam lygyje nepriklausomai nuo rinkos kainos) arba kintanti (angl. *sliding*) (t. y. skirtingų lygių, priklausomai nuo rinkos kainos kitimo). Fiksuota priemoka yra paprastesnė paramos schema, tačiau kyla permokos pavojus, kai rinkos kaina yra pakankamai aukšta ir nepakankamas kompensacijos dydis, kai rinkos kaina yra per žema. Tokios problemos sprendimas lėmė kintančios supirkimo priemokos schemas atsiradimą. Pavyzdžiui vienas kintančios priemokos tipas iš anksto nustato mažiausią ir didžiausią priemokos lygį (angl. *floor and cap*) arba vienodai kintantį fiksuotą lygį prie rinkos kainos. Jeigu rinkos kaina yra didesnė nei numatytas tarifo dydis, supirkimo priemoka nėra išmokama [9].

Supirkimo priemokos paramos būdas labiau orientuotas į rinką, nes sukuria iniciatyvą AEI elektrinių savininkams ieškoti rinkos savo gaminamai elektros energijai ir taip maksimizuoti gaunamą pelną. Skirtingų šalių patirtis atskleidžia pagrindinius privalumus ir trūkumus naudojant priemokų tarifus [9]. Privalumai:

- labiau orientuotos į rinką nei supirkimo tarifai, nes supirkimo tarifo mokėjimai priklauso nuo vyraujančių elektros rinkos kainų. Ši struktūra sukuria paskatas gaminti elektrą kai energijos paklausa yra didelė ir įdiegti naujas AEI technologijas vietovėse, kuriose vidutinės rinkos kainos yra didesnės;
- palaikomos įvairios (ne tik pigiausios ar labiausiai išplėtos) technologijos, taip pat skirtingos galios elektrinės (mažos elektrinės paprastai brangesnės);
- nustatomos aiškios ilgalaikės taisyklės, tuo būdu garantuojamos palankios sąlygos ilgalaikėms paskoloms, mokesčių pasikeitimas neturi didesnio poveikio, nes finansuojama ne iš šalies biudžeto;
- padidinama konkurencija tarp naujas technologijas taikančių gamintojų;
- skatina efektyvesnį tinklo valdymą. Tokia rinkos orientacija sumažina tinklo perkrovas, kurios galėtų padėti geriau numatyti papildomų paslaugų teikimą.

Numatomi trūkumai:

- didesnės vidutinės išmokos už kWh. Priemokų kainų taikymas rinkoje parodė žemesnio lygio ekonominį efektyvumą, t. y. sukūrė didesnes vidutines išmokas už kilovatvalandę, nei

supirkimo tarifai. Toks poveikis sukuria investuotojams didesnę riziką, dėl mažiau nuspėjamo pajamų srauto;

- nenustačius perskaičiavimo metodikos, įvertinančios technologijų kaitą, gali būti stabdomas naujų technologijų diegimas arba investuotojams duodami didžiuliai pelnai;
- padidina riziką be supirkimo garantijos. Priemokos kainų tarifo politika paprastai ne apima pirkimo garantijos. Gamintojai parduoda elektros energiją rinkoje ir gauną atitinkamą rinkos kainą su papildoma priemoka. Investuotojai tai įžvelgia kaip papildomą riziką;
- atsižvelgiant į atliktas analizes, nustatyta, kad priemokų lygis didesnis nei supirkimo tarifų. Papildoma našta kompensuojama iš valstybės mokesčių mokėtojų ar energijos vartotojų.

2.3. Žalieji sertifikatai – atsinaujinančio portfelio standartai

Žaliųjų sertifikatų, arba kvotų, sistema yra labiau orientuota į rinką. Vyriausybė nustato privalomas elektros, pagamintos naudojant AEI, kvotas ir įpareigoja rinkos dalyvius (dažniausiai tiekėjus) nupirkti tam tikrą dalį elektros energijos, pagamintos naudojant AEI. Žalioji sertifikatas gali atitikti 1 MWh elektros, pagamintos naudojant AEI. Tiekėjai skelbia konkursus gamintojams, siekdami nusipirkti iš jų būtinus žaliosios energijos kiekius. Žaliosios energijos gamintojai konkuruoja tarpusavyje, siekdami pateikti būtinus šios energijos kiekius. Konkursų laimėtojai gauna nustatytam laikui supirkimo garantijas. Tokia prekybos schema leidžia atskirti fizinius elektros srautus nuo pinigų už ją srautų. Sistema įgalina rinkos dalyvius prekiauti rinkoje žaliaisiais sertifikatais, o surinktus pinigus kaupti atskirame fonde arba paskirstyti tiekėjams, kurie įvykdė įsipareigojimus [7].

Šios sistemos didžiausias pranašumas yra tai, kad ji orientuota į rinką, skatina konkurenciją, taigi pigiausias technologinius variantus, geriausias vietas, skatina mažinti sąnaudas ir technologijų kaitą. Jei sistema gerai sukonstruota, ji garantuoja nustatytą dalį žaliosios energijos bendrajame energijos balanse. Žaliųjų sertifikatų sistemos pagrindinis trūkumas yra tai, kad ji remia tik pigiausias (nebūtinai geriausias) technologijas, neskatina jų plėtros. Sistema yra gana sudėtinga, todėl mažoms kompanijoms gali būti sunku prekiauti žaliaisiais sertifikatais, sekti rinką, priimti geriausias sprendimus.

Taigi, nors atrodytų labiau orientuota į rinką, žaliųjų sertifikatų, arba kvotų, sistema netapo populiaria ES šalyse, nepaisant vis tolesnio rinkos santykių išsialėjimo. Šiuo metu ji taikoma tik Švedijoje, Lenkijoje, Belgijoje ir Rumunijoje, iš dalies Italijoje, o Anglija, buvusi net šios sistemos pradininkė Europoje, 2010 m. perėjo prie žaliųjų tarifų sistemos [7].

Žaliųjų sertifikatų, arba kvotų sistemos privalumai ir trūkumai [9]. Privalumai:

- AEI politikos tikslai gali būti pasiekti labai ekonomiškai efektyviu būdu, nes sertifikatų kainos yra nustatomos pagal rinkos kainą;
- sumažina bendras paramos schemos išlaidas elektros energijos vartotojams;
- AEI politikos tikslai bus pasiekti, jei yra pakankamai aukšti baudų lygiai už neįvykdytus kvotų įsipareigojimus;
- nėra nekontroliuojamo AEI augimo rizika, nes nėra paskatos gaminti papildomos AEI elektros energijos, kai kvotos įsipareigojimas įvykdytas;
- kvotų sistema orientuota į rinką. Įnešą skaidrumą į rinką, kuri didina konkurencingumą tarp gamintojų.

Trūkumai:

- bendros administravimo išlaidos dažnai yra didesnės, lyginant su supirkimo tarifų paramos schema;
- kintanti žaliųjų sertifikatų kaina sąlygoja didesnę investuotojų riziką;
- kvotų ir sertifikatų schemos mažiau tinkančios skatinti skirtingas energijos rūšis, taip pat technologijų plėtrą ir inovacijas, nes gamintojai nelinkę investuoti į brangesnes AEI technologijas;
- kvotų ir sertifikatų schemos labiau palankios stambiams AEI elektros gamintojams, kurių gamybos išlaidos mažiausios.

2.4. Kitos kainų rėmimo priemonės skatinančios atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą

Be tiesioginių paramos schemų, kurios remia tam tikras atsinaujinančių energijos išteklių technologijas, yra taikomos netiesioginės kainų rėmimo priemonės skatinančios atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą [8]. Pagrindinės priemonės:

- taršos mokesčiai, už kiekvieną energijos produktą ne iš atsinaujinančių energijos išteklių;
- CO₂ mokesčiai/leidimai;
- subsidijų panaikinimas anksčiau suteiktoms iškastinio kuro ar atominėms elektrinėms.

Žinomi du būdai, kaip remti atsinaujinančių energijos išteklių energijos gamybą įtraukiant energijos ir aplinkos apsaugos mokesčius [9]:

- atleidimas nuo mokesčių;
- jei nėra suteikta kitų lengvatų ar privilegijų, mokesčiai dalinai gali būti gražinami.

Tokie veiksniai daro atsinaujinančių energijos išteklių rinką daug konkurencingesnę, taikant netiesioginį skatinimą tiek naujoms, tiek senoms elektrinėms.

Į netiesioginės strategijos schemą įtraukiamos savanoriškos dvišalės sutartys [9]. Tokios sutartys leidžia lengviau planuoti ir prijungti įrenginius prie tinklo, pakeisti žemės paskirties naudojimo funkciją, kurie leidžia išvengti nepagrįstų kliūčių draudžiančių AEI plėtrą. Netiesioginės paramos strategijos taip pat įtraukia mokslo ir kitas švietimo institucijas. Galima tikėtis, kad mokslo ir technologijų pažanga sumažins AEI naudojančiose elektrinėse gaminamos elektros energijos gamybos išlaidas, ir šios elektrinės taps konkurencinės, ypač augant iškastinio kuro kainoms. [9].

Europos Sąjungoje nėra nustatytų vieningų atsinaujinančios energetikos rėmimo mechanizmų, tad pastaraisiais metais ES šalyse taikomos skirtingos schemos, tačiau visgi daugeliu atveju ES valstybės narės renkasi taikyti FIT tarifus, rečiau – kvotas su numatytais privalomais žaliaisiais sertifikatais (angl. *quota obligation systems with tradable green certificates*). Taip pat taikomos ir fiskalinės priemonės, tokios kaip mokesčių lengvatos, investicijų finansavimas ar kitos lengvatos.

2.5. Atsinaujinančių energijos išteklių skatinimo sąveika rinkoje

Europos Sąjungos konkurencijos politiką galima būtų apibūdinti, kaip kontroliuojančią susijungimus, monopolijas ir valstybių pagalbą. Tokios politikos tikslas – skatinti veiksmingą rinkos darbą ribojant didelių korporacijų dominavimą ir visišką vyriausybės kontrolę. Kliūčių konkurencijai šalinimas turi panašias pasekmes kaip ir prekybos kliūčių panaikinimas [10].

Kad paramos panaudojimas pasiektų tikslą, priklauso nuo daugelio veiksnių. Pagrindinis Europos Sąjungos struktūrinių fondų panaudojimo kriterijus yra tas, kad lėšos turėtų būti naudojamos efektyviai tam tikram tikslui pasiekti. Svarbu, kad ES lėšos būtų veiksmingai naudojamos visoje valstybėje, o sukurti mechanizmai atitiktų nacionalinius prioritetus [10].

Investicijos gali sukelti nepageidaujamų ekonominių padarinių. Paprastai projektai atrenkami pagal nustatytus kriterijus, o ne pagal rinkos poreikius, kurie gali keistis greičiau nei trunka projekto parengimo ir įgyvendinamo laikotarpis [10].

Papildomų paramos priemonių taikymas gali prisidėti prie verslo plėtros sąlygų. Struktūrinių fondų pagalbą gauna tik tie sektoriai, kuriems suteikta ES paramos pirmenybė. Tiems, kurie negauna tokio finansavimo, tampa daug sunkiau konkuruoti rinkoje. Įmonės, gavusios ES paramą, turi išskirtines sąlygas ir sėkmingai konkuruoja su tomis, kurios negavo. ES lėšos tampa priemone, kuria vyriausybė, o ne rinka paskirsto išteklius ekonominei struktūrai formuoti [10]. Taip galimai patiriami konkurencijos disbalansai.

Prieiga prie ES paramos gali keisti privataus sektoriaus motyvaciją. Tokių lėšų naudojimas gali tapti ne problemų sprendimo galimybe, pvz., žinių ar įgūdžių stoka, bet vienu iš pagrindinių verslo tikslų ir būdu išgyventi. Ištekliai, kurie galėtų būti naudojami siekiant sukurti pridėtinę vertę šalies ekonomikai, konkuruotų ne dėl prekių ar paslaugų kokybės, kurios geriau atitiktų vartotojų poreikius, bet dėl paramos, kuri nesukuria jokios pridėtinės vertės. Siekdami naudos sau, rinkos dalyviai dėl lėšų skyrimo, jų naudojimo kontrolės ir pan. gali siekti daryti įtaką ES fondų ar paramos valdymo subjektų sprendimams. Taigi lėšų įsisavinimo procesas gali sudaryti sąlygas šalyje atsirasti korupcijai [10].

Pasak Vidmanto Jankausko, „žalieji“ tarifai turi skatinti tik efektyvias investicijas, nereikia remti bet kokių investicijų į atsinaujinančių energijos išteklių naudojančias technologijas [7]. Per aukšti ar per žemi žalieji tarifai yra dažnai pasitaikanti klaida. Per žemi tarifai tiesiog neskatins investicijų ir aiškiai rodytų, kad su tokiais tarifais neįmanoma plėtoti atsinaujinančių energijos išteklių energetikos. Blogiau, jei nustatomi per aukšti tarifai. Investuotojai investuoja, tikėdamiesi investicijų atsipirkimo ir pelningo projekto. Vyriausybė, matydama, kad suklydo, stengiasi gelbėti padėti įvairiais būdais. Lengviausias būdas – nustatyti atsinaujinančių energijos išteklių kvotas, kurios leistų riboti investicijas, tačiau jų visai nesustabdytų. Tuomet, rėmimo schema sudėtingėja, atsiranda administravimo sąnaudų, kyla korupcijos pavojus. Panašiai Lietuvoje 2004 m. priimtas Elektros energetikos įstatymas, kuris įgaliojo Valstybinę kainų ir energetikos kontrolės komisiją nustatyti elektros, pagamintos vėjo, biomasės ir hidroelektrinėse, kainas. Nors vėjo elektrinėse pagamintai elektrai buvo nustatyta neitin aukšta supirkimo kaina, vyriausybė nustatė tokios energijos gamybos kvotas, o perdavimo tinklų įmonė, įvertinusi tinklų pralaidumą, skelbė konkursus tam tikroms galioms prijungti. Galiausiai Vyriausybės numatyti tikslai buvo nepasiekti [7].

Vienodos rinkos sąlygos

Analizuojant ES gaires buvo pastebėta, jog nesuderinta nacionalinė politika, susijusi su teisingais paramos paskirstymo principais, gali iškreipti vidaus rinką tiek, kad tarp elektros energijos gamintojų įsivyrąja itin skirtingos rinkos sąlygos. Todėl įdiegiant naujas technologijas ir plėtojant energetikos sektorių, kuriame vis labiau prekiaujama tarpvalstybiniu mastu, ES veiksmai turi didelę reikšmę užtikrinant vienodas sąlygas ir veiksmingesnius rinkos rezultatus visoms susijusioms šalims [11].

Pagal ES ir Jungtinės Karalystės atliktą studiją buvo įvertinta, jog įvairios politinės reformos rinkoje padidina vartotojų sąskaitas (nors jas gali sušvelninti mažesnės AEI paramos sąnaudos). Šios reformos gali būti politiškai sudėtingos, ir dėl to gali sumažėti visuomenės pritarimas klimato

ir energetikos politikai. Tai gali turėti įtakos investuotojų suvokimui dėl įsipareigojimų pasiekti dekarbonizacijos tikslus. Skatinamos politikos galimybės tam tikru mastu gali sumažinti investuotojų rizikos suvokimą, o kartu ir reikalingos paramos lygį. Tačiau, atsižvelgiant į elektros energijos vartotojų interesus, politikos pasirinkimo tikslas turėtų būti siejamas su noru gauti mažiausiai kaštų reikalaujantį AEI skatinimo būdą ir tokiu būdu sumažinti rinkos iškraipymus [11, 12].

Svarbus pasirinktos paramos schemos ekonominis efektyvumas yra tas, kad paramą gaunantys AEI gamintojai yra gerai integruoti į didmeninę rinką ir kad jie reaguoja į rinkos pasikeitimus. Taigi, toliau vertinant AEI politikos galimybes, svarstomi galimi rinkos iškraipymai ir su tuo susijusios alternatyvos.

Atsižvelgiant į ES ir Jungtinės Karalystės atliktą studiją bei remiantis atliktu vertinimu, padaryta išvada, kad ekonominio efektyvumo požiūriu geriausias būdas pasiekti pagrindinį tikslą yra teikti AEI paramą per vieną pirminį paramos mechanizmą – paramos gavimo aukcionuose. Šis mechanizmas turėtų apimti keletą aspektų [11]:

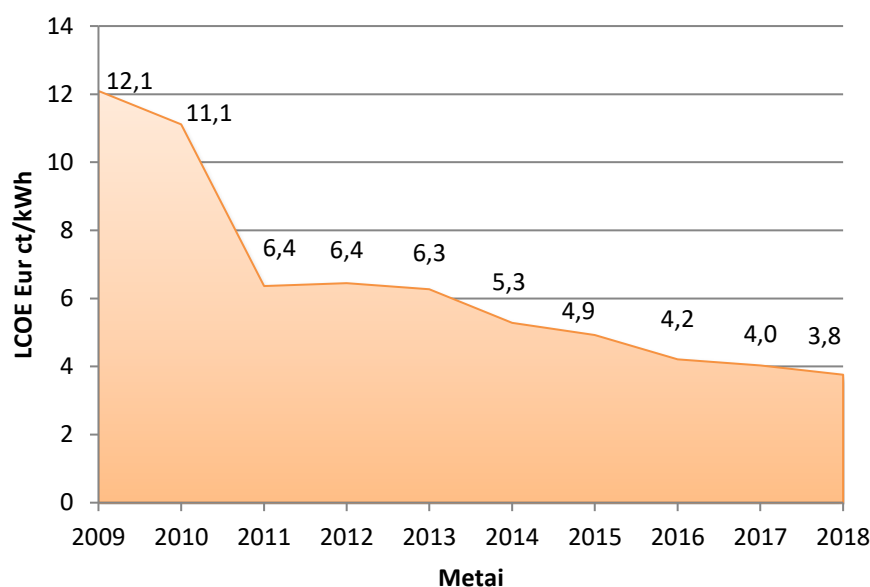
- technologinis neutralumas – leidžia tiesiogiai konkuruoti tarp įvairių AEI technologijų. Taip būtų užtikrintas naujas gamybos pajėgumas, reikalingas AEI tikslams pasiekti. Toks požiūris greičiausiai sumažintų bendrąsias AEI paramos išlaidas, išvengiant netinkamų nuostolių, atsiradusių technologijoms būdingose schemose, atsižvelgiant į tai, kad tarp investuotojų ir reguliavimo institucijų greičiausiai išliks informacijos problema dėl išlaidų pasiskirstymo. Technologijoms neutralūs mechanizmai nėra susiję su politika formuojančiais asmenimis ar išlaidomis. Dėl to, konkurencinis spaudimas investuotojams suteiktų paskatą atskleisti šias išlaidas savo pasiūlymuose. Šis požiūris taip pat skatintų inovacijas, nes paramos gavime ekonomiškesnės technologijos pasiūlymas AEI investuotojams suteiktų konkurencinį pranašumą. AEI investuotojai taip pat turėtų paskatą efektyviai įrengti elektrines vietas, kur bendra „švarios energijos“ gamybos kaina yra mažiausia;
- palaipsniui, turėtų būti atsisakyta įvairių konkurenciją ribojančių skatinimo priemonių – keletas anksčiau minėtų skatinimo schemų yra pripažinti neskatinantys konkurencijos (pvz., FIT), kurie greičiausiai lėmia didesnius rinkos iškraipymus;
- AEI parama neturėtų būti teikiama taip, kad būtų galima išskirti technologijas, tai negalioja technologijom, kurios yra perspektyvios be paramos;
- jei paramos teikimo mechanizmas leidžia dalyvauti tarpvalstybiniu mastu, jis turėtų priklausyti nuo kainos rinkoje. Šis aspektas užtikrina, kad elektros energijos rinkos kaina

skirtingose rinkose gali skirtis ir taip užtikrinama, kad AEI gamintojai atsižvelgiant į rinkos sąlygas nebūtų per daug kompensuojami.

- paramos lygio nustatymo administracinės procedūros turėtų būti naudojamos kaip paskutinė išeitis. Toks, neutralus požiūris turėtų maksimaliai padidinti konkurencijos lygį, ypač jei jis apima gana didelę geografinę teritoriją. Tik išimtiniu atveju paramos lygiai turėtų būti nustatyti administraciniu būdu.

ES gairėse taip pat nustatyti tam tikri AEI paramos schemų tipai, kuriuos rekomenduojama taikyti. Jos numato taikyti lankstesnius bei labiau gamybos kaštus atspindinčius AEI paramos metodus, pvz., fiksuotus tarifus ir žaliuosius sertifikatus palaipsniui keisti „rinkos kaina plus premija“ (angl. *feed in premium*). Konkrečiai, FIT turėtų būti naudojamas remti tik naujus, nedidelius įrenginius (3 MW vėjo, 500 kW kitoms AEI). Kvotų schemas neturėtų suteikti per didelių kompensacijų bei neturėtų būti suteikiamos ilgesniam nei numatyta laikui, tačiau jos taip pat neturi ir atstumti. Papildomą paramą teikiančios valstybės narės turėtų pagrįsti tokios paramos poreikį, pavyzdžiui, įrodydamos, kad egzistuoja rinkos nepakankamumas [11].

Žinoma, jog bėgant laikui, išaugus energijos rinkos poreikiams ir vis plačiau naudojant AEI, technologijos pinga, todėl daroma prognozė ir manoma, jog jos nupigs dar labiau. Tai pastebima „Lazard“ 2018 kasmetinėje energijos analizėje 4 paveiksle. Metinė kainų kaita rodo nuolatinį elektros energijos gamybos iš alternatyvių energijos šaltinių, ypač saulės ir vėjo, sąnaudų mažėjimą. Vėjo elektros energijos gamybos svertinės išlaidos nuo 2009 iki 2018 m. sumažėjo net 69 %. Kai kuriuose scenarijuose alternatyvios energijos sąnaudos sumažėjo tiek, kad dabar jos yra mažesnės už įprastinės gamybos ribines sąnaudas [13, 14].



4 pav. Vėjo elektros energijos gamybos svertinių kaštų kaita 2009–2018 m. [14]

Baigiamajame projekte aptariamas argumentas, kad esant dabartinei elektros energijos gamybos kainai, pagamintai pagal naujausias ir pažangiausias vėjo energijos technologijas, vėjo energijos konkurencingumui pasiekti reikalinga papildoma parama. Tačiau, tobulėjant technologijoms ir plečiantis vėjo energijos rinkai iš vėjo pagaminta elektros energijos kaina mažėja bei tampa konkurencinga nesuteikiant paramos. Dėl šios priežasties, manoma, kad suteikiant vėjo elektrinėms paramą užkraunama papildoma našta vartotojui, kai tuo metu normalios rinkos sąlygos yra iškraipomos.

Šiuo metu, vis labiau populiarėja teoriniai argumentai, kuomet AEI rinkai plečiantis elektros energijos gamyba tampa vis pigesnė, o tobulėjant ir pingant technologijoms siekiama paskatinti AEI elektros gamybą be paramos mechanizmų ir taip priartėti prie komercinio konkurencingumo [13]. Kalbant apie elektros energijos sektorių, yra naudojamas ilgalaikis elektros energijos rinkos modeliavimas su informacija, padedančia įvertinti įvairių energijos šaltinių ir skatinamos politikos veiksmingumą, kuris parodytų efektyviausią alternatyvą, palyginti su kitomis AEI skatinimo priemonėmis. Tačiau naudojant mažai į aplinką išskiriančių technologijų sąnaudų funkcijas ir supaprastintą elektros energijos rinkų vizualizaciją, nepakankamai įvertinamas AEI skatinimo priemonių ir įprastų rinkos sąlygų sąveika.

2.6. Informacijos šaltinių analizės apibendrinimas

Informacijos šaltinių analitinėje darbo dalyje analizuotos atsinaujinančių energijos išteklių paramos skatinimo schemas. Įvertinta atsinaujinančių energijos išteklių paramos priemonių teikiama nauda. Išnagrinėta „žaliosios“ elektros energijos gamybos skatinimo schemų tipai apžvelgiant jų privalumus bei trūkumus energetikos rinkoje.

Bendraja prasme atsinaujinančios energetikos skatinimas galimai išskirstomas į tris pagrindines grupes, tai būtų gamybą skatinančios priemonės, fiskalinės priemonės skatinančios investicijas ir teisinės priemonės. Skatinimo priemonės galima skirstyti į tiesioginio ir netiesioginio kainų lygio palaikymo būdus. Tiesioginio skatinimo – supirkimo tarifai ir žalieji sertifikatai. Netiesioginio rėmimo būdai apima investicijų subsidijas, nuolaidas mokesčiams ir kt.

Viena esminių žaliųjų tarifų taikymo sąlygų – supirkimo prievolė. Visa elektra, pagaminta naudojant AEI, turi būti nupirkta nustatytu tarifu. Ilgam laikotarpiui nustatoma elektros supirkimo kaina, kurią energijos gamintojams moka elektros skirstymo ar perdavimo bendrovės. Žalieji tarifai yra patrauklus AEI rėmimo būdas investuotojams, nes paprastai jie apskaičiuoti taip, kad užtikrintų investicijų grąžą per tam tikrą laikotarpį (10–15 m.). Investuotojai gali gauti palankiomis sąlygomis paskolas iš bankų, nes finansinė rizika labai nedidelė. Skatinamos įvairios technologijos nepriklausomai nuo investicijų ar įrengtosios galios, nustatoma aiški paramos struktūra,

finansuojama ne iš šalies biudžeto. Tačiau schema neveikia rinkos sąlygomis, neteisingai nustatius tarifą, parama vartotojams tampa sunkia našta, prievolė supirkti visą elektros energiją sukelia tinklų balansavimo problemas ir padidina tinklų sąnaudas.

Žaliųjų sertifikatų, arba kvotų, sistema yra labiau orientuota į rinką. Vyriausybė nustato privalomas elektros, pagamintos naudojant atsinaujinančius energijos išteklius, kvotas ir įpareigoja rinkos dalyvius (dažniausiai tiekėjus) nupirkti tam tikrą dalį elektros energijos, pagamintos naudojant AEI. Taip sistema įgalina rinkos dalyvius prekiauti rinkoje žaliaisiais sertifikatais, o surinktus pinigus kaupti atskirame fonde arba paskirstyti tiekėjams, kurie įvykdė įsipareigojimus. Gamintojai pagal pagamintą elektros energijos kiekį sertifikatus gauna nemokamai. Pagrindiniai privalumai – suteikia paskatą sumažinti išlaidas pasirenkant pigesnę, tačiau efektyvesnę technologiją, išvengiama neteisingos kainodaros. Tačiau sistema sukuria neapibrėžtumą investuotojams dėl investicijų gražos, jei gamintojų skaičius nepakankamas, galima susidurti su aukšta žaliųjų sertifikatų kaina.

Europos Sąjungoje nėra nustatytų vieningų atsinaujinančios energetikos rėmimo mechanizmų, tad pastaraisiais metais ES šalyse taikomos skirtingos schemos, tačiau visgi daugeliu atveju ES valstybės narės renkasi taikyti supirkimo tarifus, rečiau – kvotas su numatytais privalomais žaliaisiais sertifikatais. Taip pat taikomos ir fiskalinės priemonės, tokios kaip mokesčių lengvatos, investicijų finansavimas ar kitos lengvatos.

Didelė suteikiama investicijų ar išduodama paskolų dalis yra skirta atsinaujinančios energijos gamybos plėtrai. Akivaizdu, kad ES valstybėms norint įgyvendinti užsibrėžtus tikslus, artėjančiais dešimtmečiais reikės didinti finansavimą, o kartu ir skatinti paramos schemas atsinaujinančių išteklių plėtrai, o šių lėšų panaudojimo efektyvumas darys stiprią įtaką regiono vystymui bei visuomenės gerovei.

Papildomų paramos priemonių taikymas gali prisidėti prie verslo plėtros sąlygų, tačiau taip būna ne visada. Struktūrinių fondų pagalbą gauna tik tie sektoriai, kuriems suteikta ES paramos pirmenybė. Tiems, kurie negauna tokio finansavimo, tampa daug sunkiau konkuruoti rinkoje. Įmonės, gavusios ES paramą, turi išskirtines sąlygas ir sėkmingai konkuruoja su tomis, kurios negavo.

Manoma, jog vėjo energijos konkurencingumui pasiekti reikalinga papildoma parama. Tačiau, tobulėjant technologijoms ir plečiantis vėjo energijos rinkai iš vėjo pagaminta elektros energijos kaina mažėja bei tampa konkurencinga nesuteikiant paramos. Dėl šios priežasties, manoma, kad suteikiant vėjo elektrinėms paramą užkraunama papildoma našta vartotojui, kai tuo metu normalios rinkos sąlygos yra iškraipomos.

Tikėtina, jog taip galimai patiriami konkurencijos disbalansai ir parama tampa nebeefektyvi, tačiau tai nėra žinoma ir tam reikalingi papildomi tyrimai bei išsamesnė analizė. Į tai būtina atsižvelgti, pasirenkant ir taikant atsinaujinančių energijos išteklių paramos skatinimo priemones.

Toliau išsamiai aprašoma baigiamojo darbo metodika. Tuomet rezultatai aptariami ir konkurencingumo požiūriu palyginami vėjo elektros energijos gamybos svertiniai kaštai. Galiausiai grafiškai pateikiami rezultatai, išvados ir baigiamojo darbo pasiūlymai.

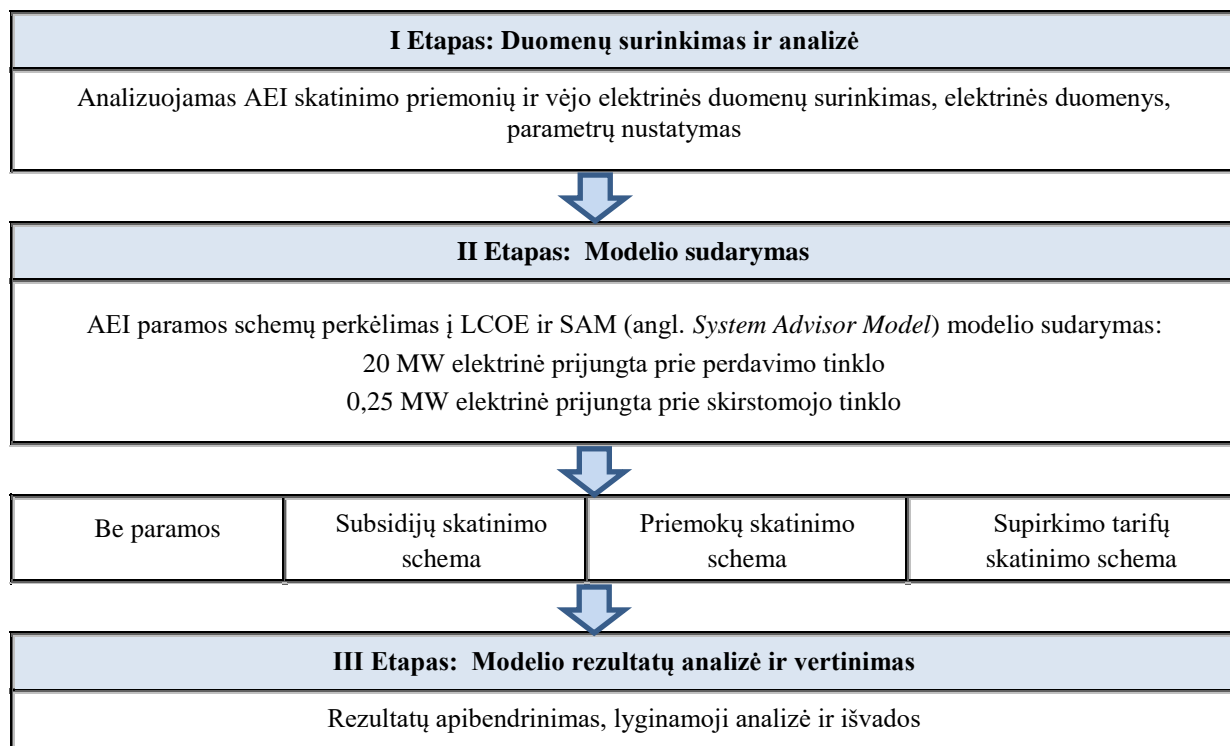
3. Atsinaujančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizės metodikos identifikavimas

Siekiant iškelto tikslo ir sprendžiant iškeltus uždavinius, teoriniams aspektams nagrinėti naudojama lyginamoji mokslinės literatūros, Europos Sąjungos direktyvų, strateginių reglamentų ir teisės aktų analizė. Metodologijos formavimui taikyti teorinių išvalgų apibendrinimo, situacijos modeliavimo, loginės analizės metodai. Empiriniam tyrimui naudojama statistinė (*Eurostat*) analizė. Atliekamas AEI technologijų (vėjo) paramos schemų modeliavimas su sisteminio patarėjo modelio (angl. *System Advisor Model (SAM)*) programine įranga, ekonominiam vertinimui taikomas energijos gamybos svertinių kaštų (LCOE) metodas.

Įgyvendinant atsinaujančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizės uždavinius siekiama palyginti AEI paramos skatinimo schemas skirtingos galios vėjo elektrinėms, kartu įvertinant elektros energijos gamybos svertinius kaštus (LCOE).

Prieš pradedant skaičiavimus surenkami pagrindiniai duomenys – AEI skatinimo priemonių rodikliai, pasirinktų energetinių objektų parametrai ir eksploatacinės išlaidos. Siekiant atlikti ekonominius skaičiavimus parenkama kompiuterinė programa., Pasitelkus parametrus sisteminis patarėjo modelis imituoja sistemos veikimą ir pateikia rezultatus. Rezultatai gali būti pateikiami lentelių ar grafikų pavidalu. Šiame darbe, atliekant analizę, remiamasi skaitmeniniu modeliavimu, kuris dažnai taikomas tiriant įvairias naujai kuriamas sistema.

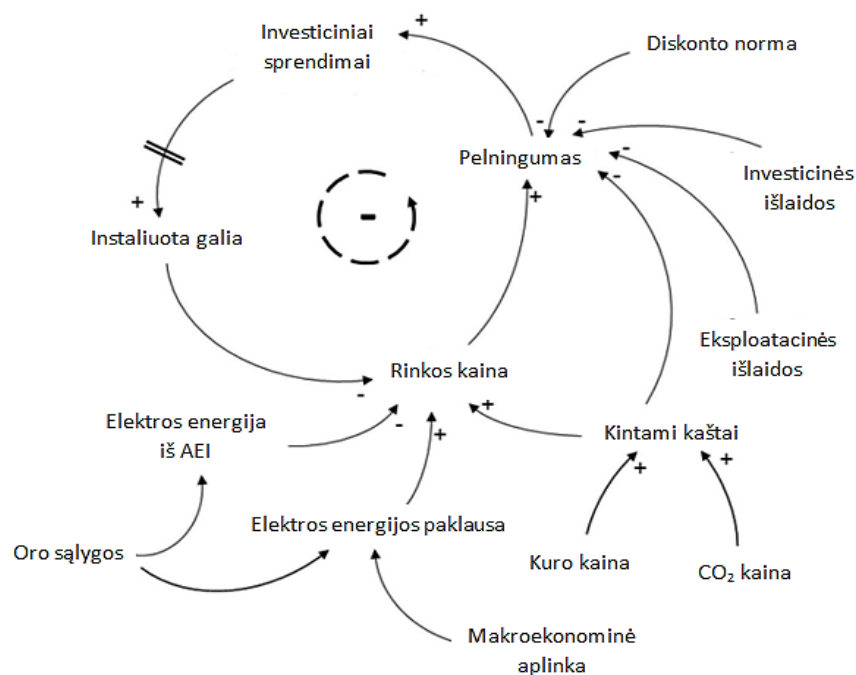
Pagal pateiktą paramos ir rinkos sąlygų analizės modelį ir suformuotą analizės organizavimo ir metodų tvarką, 5 paveiksle pateikiama darbo eiga bei loginė schema. Baigiamasis darbas ir analizių modeliai sudaromi 5 paveiksle nurodytais darbo etapais:



5 pav. Analizės darbo etapų schema

5 paveiksle matoma, jog pirmas etapas yra duomenų surinkimas, kurį sudaro AEI paramos priemonių analizė. Antrajame etape 0,25 MW ir 20 MW galios elektrinėms sudarinėjamas modelis, jame taikomos paramos schemas bei atliekami skaičiavimai esant įprastoms rinkos sąlygoms. Trečiajame etape pateikiami skaičiavimo rezultatai.

Atsižvelgiant į prielaidas – makroekonominis veiksnys, sudaromas energijos gamybos ciklas. Pritaikant SAM modelį grafinėje schemoje pavaizduojama ir pateikiama endogeninių sprendimų įtaka. 6 paveiksle pateikiama SAM modelio įtakos pasiskirstymo schema kartu su dinaminio modelio procesu. Priežastiniai ryšiai tarp dvejų sistemos kintamųjų rodomi rodyklėmis: simbolis „+“ – parodo teigiamą poveikį, simbolis „-“ – parodo neigiamą grįžtamąjį ryšį [16].



6 pav. Įtakos vertinimo SAM modelyje schema [16]

Naudojantis sudarytais nagrinėjamos sistemos modeliais atliekama pagrindinių parametų ir jų funkcionavimo analizė.

3.1. Sisteminis patarėjo modelis ir jo pagrindimas

Remiantis tarptautine energetikos agentūra (angl. *International Energy Agency (IEA)*), inovacijų teorija technologines naujoves apibūdina dviem būdais: technologijų stūmimo modeliu, kuriame naujos technologijos vystosi ir patenka į rinką; rinkos traukos modeliu, kurį pagal rinkos galimybes lemia investicijos į mokslinius tyrimus, taikomąją veiklą ir į naujoves [17].

Traukiantis rinkos modelio lygmuo labai priklauso nuo pasaulyje taikomos energetikos ir klimato kaitos politikos. Ateityje, kai bus vykdoma stipri energetikos ir klimato kaitos politika, paklausa, pvz., atsinaujinančių energijos technologijų srityje bus žymiai didesnės, kadangi tikimasi, jog naujovės bus išvystomos ir įgyvendinamos greičiau nei taikant mažiau ambicingus politikos tikslus arba visai jų netaikant. Tikimasi, kad tokia strategija dėl masto poveikio ekonomikos paskatins tiek efektyvesnes technologijas, tiek sąnaudų sumažinimą. Todėl, tikintis didesnių sąnaudų sumažinimo AEI technologijų srityje, svarbu atsižvelgti į taikomų paramos schemų sąveiką dėl augančios paklausos pasaulyje. To pasekoje, šiai paramos schemų ir rinkos sąlygų taikymo analizei atlikti taikomas sisteminis patarėjo modelis SAM.

Šiame projekte vėjo elektrinių modeliavimui naudojamas sisteminis patarėjo modelis SAM (angl. *System Advisor Model*). SAM yra kompiuterinė programa, kuri skaičiuoja

atsinaujinančių energijos šaltinių galimus gamybos kiekius. Naudojant šią programinę įrangą galima atskirai modeliuoti įvairius AEI – saulės, vėjo ar biokuro energijos sistemas. Taikant vienodus modelius nagrinėjant konkrečią sistemą yra galimybė įvertinti ir palyginti technologijas, apskaičiuoti, kiek kainuoja pasirinktos sistemos sąnaudos per metus arba per visą sistemos gyvavimo laikotarpį. SAM taip pat patogus tuo, jog jis, padeda įvertinti skatinimo schemų įtaką (supirkimo tarifas, priemoka ir subsidija). Šie skaičiavimai atliekami pasitelkiant pinigų srautų finansavimo modelį, tai leidžia pagrįsti AEI skatinimo schemų efektyvumą. Programa pateikia modeliavimo rezultatus pasirinkta forma: grafikais ar lentelėmis, taip pat apskaičiuojami ekonominiai rodikliai, pavyzdžiui, LCOE, NPV, projekto atsipirkimo laikas ir pan. [18]

Sistemos patarėjo modelis (angl. *System Advisor Model* (SAM)) yra sukurtas JAV Energetikos Departamento Nacionalinės Atsinaujinančių Energijos Laboratorijos (NREL). Kompiuterinė programa skirta padėti galimiems vartotojams nustatyti, ar AEI plėtros projektas taikant skirtingas paramos schemas pateisins lūkesčius [18].

SAM yra techninio ir ekonominio modeliavimo programa, skirta palengvinti sprendimų priėmimo procesą žmonėms, dėl AEI panaudojimo plėtros. Ji padeda įvairių kompetencijų atstovams: projektų vadovams ir inžinieriams, finansų ir politikos analitikams, technologijų kūrėjams, mokslininkams [18].

3.2. Elektros energijos gamybos sąnaudų apskaičiavimo metodas: elektros energijos gamybos svertiniai kaštai LCOE

Formuojant energetikos politiką ir atliekant analizę svarbu įvertinti elektros energijos gamybos išlaidas. Skirtingų AEI skatinimo instrumentų – priemokos, supirkimo tarifų ir subsidijos, įtakos įvertinimui naudojamas elektros energijos gamybos svertinių kaštų metodas (angl. *levelised cost of electricity* – LCOE). LCOE atitinka investuotojų lūkesčius, kurie užtikrina eksploataavimo sąnaudas ir stabilias elektros energijos kainas. LCOE apibūdinama kaip esamoji visų sąnaudų vertė, kurių reikėjo statant ir eksploatuojant elektrinę per jos visą gyvavimo laikotarpį, konvertavus į lygių dalių metines išmokas [19, 20]. LCOE metodo skaičiavimas gali apimti plačių pritaikymo galimybių. Tam tikrais atvejais, apsprendžiant politinių sprendimų poveikį, gali būti naudojama viena formulė, kitais atvejais galima ir visų pinigų srautų analizė [21].

Paprastai tariant, LCOE yra elektros energijos gamybos kaina, kuri padengtų visas išlaidas. LCOE kainą sudaro statybos, eksploataavimo ir projekto nutraukimo išlaidos. Paprastai įtraukiamos ir kapitalo, eksploataavimo ir techninės priežiūros išlaidos, kuro sąnaudos (vėjo jėgainėms netaikoma) ir visos išlaidos, susijusios su išmontavimu ir eksploataavimo nutraukimu.

Vienas iš LCOE metodo privalumų naudojant energijos gamybos technologijų sąnaudoms apskaičiuoti yra tai, jog visos (pastovios) sąnaudos, atsiradusios įrenginio eksploatavimo metu, yra sujungtos į vieną vertę. LCOE metodas taip pat leidžia palyginti įvairias technologijas. Tradiciniai elektrinės gali būti lyginamos su įvairiais, greitai kintančiais atsinaujinančiais energijos šaltiniais, pvz., vėjo ir saulės energija, net jei jie turi skirtingas sąnaudų struktūras [22].

LCOE metodas taip pat turi ir trūkumų. Pirma, šis metodas nepateikia įžvalgų apie konkretaus projekto finansinius rezultatus visais jo gyvenimo etapais. Detalus finansinis vertinimas reikalauja visapusiškos pinigų srautų analizės įvairiose projekto stadijose, kuomet projekto išlaidos ir pajamos negali būti fiksuoti visą laiką. Antra, vien tik LCOE nepakanka, kad būtų galima daryti išvadą apie projekto pelningumą ar konkurencingumą. Investuotojams reikia ir kitų parametrų kokią investicinį sprendimą geriau priimti, pvz., grynoji dabartinė vertė (NPV), vidinė grąžos norma (IRR), pelningumas ir kt. Be to, LCOE labai priklauso nuo pagrindinių duomenų ir prielaidų, kurios naudojamos skirtingoms sąnaudoms. Kartais naudojami intervalai, siekiant patikslinti parametrų ribas, pvz., kapitalo išlaidų, kuro sąnaudų ir anglies dioksido išsiskyrimo bei eksploatavimo sąnaudų. Elektros energijos rinkoje, visų LCOE tikslus parametrų vertinimas ir nustatymas gali pareikalauti didelių pastangų ir todėl gali kilti didesnių išlaidų grėsmė [22].

Elektros energijos gamybos kainą įtakojantys parametrai [22]:

- išlaidų parametrai:
 - įrangos išlaidos (sąnaudų etalonas technologijoms), pvz. turbinos, valdymo sistemos;
 - kitos investicijos ir planavimo išlaidos (statybos/įrengimo išlaidos, pamatai);
 - žemė (prieiga prie žemės, žemės pirkimas);
 - paramos administracinės išlaidos;
 - diskonto norma;
 - kapitalo sąnaudos (skola, nuosavas kapitalas);
 - eksploatavimo ir priežiūros išlaidos;
 - eksploatacijos nutraukimo išlaidos;
 - kuro sąnaudos (vėjo energijai netaikoma);
 - infliacija;
 - bendras tinklo prijungimo/tinklų stiprinimo vertinimo sąnaudos;
 - su tinklu susijusios išlaidos (priklausomai nuo tinklo prieigos režimo);
- Elektros energijos gamybos parametrai:
 - technologijų specifinės apkrovos valandos.

Elektros energijos gamybos svartiniai kaštai $LCOE$ apskaičiuojami pagal formulę [22]:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{I_t + O \& M_t + F_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_I \cdot 8760 \cdot LF}{(1+i)^t}}; \quad (1)$$

čia: $LCOE$ – elektros energijos gamybos svartiniai kaštai, Eur;

I_t – investicinės išlaidos laiko momentu t , Eur;

$O \& M_t$ – eksploatacinės išlaidos laiko momentu t , Eur;

F_t – išlaidos kurui laiko momentu t , Eur;

C_I – instaliuota galia, kW;

LF – apkrovos koeficientas, %;

i – diskonto norma, %;

t – įrenginio veikimo trukmė, m.

Išlaidos kurui tam tikru laiko momentu F_t apskaičiuojamos pagal [22]:

$$F_t = \frac{LF_t \cdot C_I \cdot 8760 \cdot P_F}{E}; \quad (2)$$

čia: LF_t – apkrovos koeficientas, %;

P_F – kuro kaina, Eur;

E – naudingo veiksmo koeficientas.

Eksploatacinės išlaidas sudaro kintamoji ir pastovioji išlaidų dalis, $O \& M_t$ išlaidos apskaičiuojamos pagal [22]:

$$O \& M_t = FC_t + VC_t; \quad (3)$$

čia: FC_t – pastovios išlaidos, Eur;

VC_t – kintamos išlaidos, Eur;

Kintama išlaidų dalis VC_t apskaičiuojama pagal [15]:

$$VC_t = C_I \cdot 8760 \cdot LF \cdot (VC'_t + ET_t); \quad (4)$$

čia: VC'_t – kintamos išlaidos energijos vienetui, Eur/kWh;

ET_t – aplinkosauginiai mokesčiai, Eur/kWh

Šiame projekte taikomas elektros energijos gamybos svertinių kaštų LCOE metodas svarbus įvertinant skirtingų finansavimo instrumentų įtaką. Jis apskaičiuojamas pagal [22]:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{I_t + O \& M_t + F_t - PTC_t - ITC_t - ATL_t}{(1+i)^t} - \frac{RV}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_I \cdot 8760 \cdot LF \cdot (1-DR)^t}{(1+i)^t}} \quad (5)$$

čia: PTC_t – subsidija elektros energijos gamybai, Eur;

ITC_t – investicijų subsidija, Eur;

ATL_t – apyvartinių taršos leidimų pajamos/išlaidos, Eur;

RV – likvidacinė vertė, Eur;

DR – amortizacijos norma, %.

Paprastai, pagal LCOE vėjo elektrinės eksploatavimo trukmė apskaičiuojama 10–40 metų laikotarpiui ir įvertinama vienam pagamintam elektros energijos vienetui (pvz., Eur/MWh). Skaičiavimuose taikomas analizuojamas laikotarpis yra 25 metai. Priklausomai nuo planuojamos paramos schemos išmokos ir trukmės, parama pritaikoma pagal LCOE: kuo trumpesnis paramos laikotarpis, tuo didesnis paramos lygis, kad būtų užtikrintas pelningumas. Paprastai LCOE apskaičiuojamas pagal pinigų srautų modelį, kuris apima atitinkamus techninius, ekonominius ir fiskalinius kintamuosius. Tačiau sudėtingumo ir išsamumo lygis gali labai skirtis [23].

Manoma, kad vėjo energijos integracija skatinama itin dideliu pelningumu, palyginti su investicijomis į tradicines elektrines, o tai skatina aukštesnes valandines elektros energijos kainas. To pasekoje, rinkos pagrindu sukuriama vėjo elektrinių projekto vertinimas naudojant JAV elektros energijos sektoriaus programą SAM. Šis metodas leidžia endogeniškai atkurti tris svarbius vėjo energijos plėtros padarinius: (1) neigiamas koreliacijos prieštaraujančios tradicinėms elektrinėms tarp valandinės vėjo energijos gamybos ir valandinės kainos; (2) palaipsniui mažėjančią vidutinę metinę kainą, plėtojant naujus AEI pajėgumus, kurie abu apsunkina fiksuotų sąnaudų susigrąžinimą ir (3) grįžtamasis ryšys, kurį sudaro vėjo energijos konkurencingumo tarpusavio sąveika ir veda į endogeninę vėjo energijos pajėgumų ribą [23].

3.3. Vėjo elektrinių projekto išlaidų parametrų apžvalga bei vertinimas

Vėjo elektrinės įrengimo sąnaudose dominuoja jų pradinė kapitalo kaina, o tai gali siekti net 84 % visų įdiegimo išlaidų. Panašiai kaip ir kitos AEI technologijos, nepaisant to, kad vėjo jėgainių parkas dar nėra pastatytas, didelė pradinė investicija į vėjo energiją gali būti kliūtis lėšų

įsisavinimui. Vėjo energijos projekto kapitalo sąnaudos gali būti suskirstytos į šias pagrindines kategorijas [24]:

- turbinos kaina: įskaitant mentes, bokštą ir transformatorių;
- statybos darbai: įskaitant statybvietės paruošimą ir bokštų pastatymą;
- tinklo prijungimo išlaidos: tai gali būti transformatoriai ir sujungimas su vietiniu paskirstymo ar perdavimo tinklu;
- kitos kapitalo sąnaudos: tai gali būti pastatų statyba, valdymo sistemos, projektų konsultavimo išlaidos ir kt.

Pirmas žingsnis yra nustatyti išlaidų parametrus. Toliau pateikiamos vėjo energijos gamybos išlaidos [25].

I. Su investicijomis ir kapitalu susijusios išlaidos

Kapitalo išlaidos technologijoms/įrangai, žemei, statybai ir projektų plėtrai (leidimų, tinklų sujungimo sutarčių ir konsultavimo išlaidos) kartu su turto nusidėvėjimu – lemia didelę kapitalo sąnaudų dalį. Kapitalo sąnaudos nustatomos pagal SAM programos rekomendacijas, t.y. pasirenkant pageidaujamos vėjo elektrinės tipą ir galią yra pateikiamos tiek sistemos balansavimo išlaidos, tiek turbinos kaina. Kitos kapitalo sąnaudos parenkamos nustačius skolos palūkanų normą pagal reikalingą nuosavo kapitalo grąžą, skolos ir nuosavo kapitalo santykį, laikotarpį, per kurį įsipareigojama ir mokesčius, mokamus už reikalingo kapitalo (struktūrizavimo finansavimas) ir nusidėvėjimo įgijimą.

Verta paminėti ir tai, kad vidutinės svartinės kapitalo išlaidos (WACC) priklauso nuo investavimo rizikos, kuri yra išreikšta kaip papildoma rizika (tam tikra šalies nustatyta palūkanų norma). Investicijų rizika apima visas projekto rizikas, t. y. technologijas, šalies, politikos, bankų ir investuotojų riziką. Yra žinoma, kad pagal skirtingai taikomą politiką skaičiuojant LCOE kapitalo išlaidos gali sudaryti 20–50 % visų LCOE išlaidų. Ir tai būdinga vėjo ar saulės fotovoltinėms elektrinėms, t.y. projektuose, kuriuose nėra degalų sąnaudų [26].

II. Eksploatacinės (O&M) išlaidos

Eksploatacinės išlaidos, t.y. kuro (vėjo jėgainėms netaikoma), techninės priežiūros išlaidos bei paslaugų sutarčių, garantijų ir draudimo išlaidos, su tinklu susijusios išlaidos (priklausomai nuo prieigos prie tinklo režimo), integracijos į rinką išlaidos (pvz., balansavimo išlaidos). O&M išlaidos gali būti tiek pastovios, tiek kintamos [27].

Palyginti su kitomis energetikos technologijomis, atsinaujinančių energijos technologijų projektų sąnaudos paprastai yra didelės, o eksploataavimo išlaidos yra labai mažos, kadangi tam tikri AEI neturi jokių kuro sąnaudų, pvz., saulės ir vėjo energijos.

SAM sistemoje sukuriama keli modeliai, susiję su vėjo elektrinėmis. Skaičiavimai atliekami 0,25 ir 20 MW vėjo elektrinėms. 20 MW vėjo elektrinę sudaro 10 vėjo turbinų po 2 MW. Rinkos pasirinkimas abiejų elektrinių vėjo modeliuose yra komercinės paskirties. Elektros energijos suvartojimas ir paklausa lyginami kiekvieną valandą. Pateikiama, kiek konkrečią valandą tokia sistema gali generuoti elektros energijos. Esant poreikiui, galima integruoti daugiau negu vieną vėjo turbiną. SAM daroma prielaida, kad pagaminta energija bus skirta patenkinti elektros paklausą. Atliekant skaičiavimus, pateikiami duomenys 4 skyriuje.

SAM pagal nutylėjimą sukuria kelis grafikus, kurie rodo finansų ir energijos gamybos rezultatus. Išlaidos apskaičiuojamos remiantis SAM įvesties sąnaudomis. Pagrindines išlaidas sudaro turbinos kaina ir instaliacija. Pasirenkama kaip bus skaičiuojama turbinos instaliavimo kaina: pagal turbinų kiekį ar pagal galią. Taip pat galimai apibrėžiama kaina sistemos balansui palaikyti. Turbinos kaina priklauso nuo instaliuojamos galios. Sistemos palaikymo išlaidos, žemės kaina (baigiamajame projekte netaikoma), projektavimo išlaidos ir priežiūros kaina apibrėžiama procentais nuo tiesioginės sumos. Pasirenkama kiek procentų sieks infliacija viso projekto metu – 25 metams 2 %, bei parenkama 6 % diskonto norma. Tokiu būdu sistema atsižvelgs į ekonominę padėtį ir bus labiau reali. Infliacija kinta metų bėgyje, tačiau sistemoje ji nustatoma visam laikotarpiui. Ekonominio nuosmukio ar pakilimo metu, duomenys taptų nepatikimi ir neatspindėtų realios situacijos.

Įvertinamas sistemos atsipirkimas per visą eksploatacinį laikotarpį. Laisvai pasirenkama turbinos gyvavimo trukmė, kuri lygi visos sistemos eksplotavimo trukmei. Įtraukiamos elektros pirkimo ir pardavimo kainos, bei jau minėtos įrangos ir eksploataavimo išlaidos. Pateikiama sistemos pagamintos elektros energijos optimaliausia reali ir nominali kaina Eur//MWh.

Parentant apkrovą yra pasirinktinai suvedami duomenys. Projekte taikoma vidutinė valandinė apkrova per mėnesį. Joje aprašomas elektros energijos sunaudojimas valandomis. Pasirinkus mėnesio apkrovą, suvedami duomenys kiekvieno mėnesio 24 valandoms. Galima pasirinkti suvesti savaitės ar savaitgalio poreikius. Suvedus duomenis, pateikiama kiekvieno mėnesio ir metinė apkrova. Taip galima stebėti metinius poreikių svyravimus ir nustatyti kada apkrova yra didžiausia.

Svarbu apibrėžti parduodamos elektros energijos kainas. Jos gali būti vienodos visam laikotarpiui arba kisti, priklausomai nuo vartojimo kiekio. Pasirinkus fiksuotą kainą pirkimui ir pardavimui, paprasčiau apskaičiuojami pinigų srautai. Tačiau, esant palankioms sąlygoms, pirkimo kaina gali kristi, kadangi bus statoma vis daugiau vėjo elektrinių ir valstybė gali sumažinti pastovios kainos

dydį. Šalyse taikomi vienodi mokesčiai, nepriklausomai nuo perkamo energijos kiekio, todėl pastovios kainos naudojimas taps šiame projekte analizuojamu atveju.

Modeliavimas orientuotas į modelius su parama ir be paramos, analizuojami atvejai kuomet pasiekiamas rinkos efektyvumas investuojant į atsinaujinančias technologijas. Norint išbandyti AEI skatinimo politiką, į energetikos rinkos modelį įtraukiamas pastovus procentinis paramos dydis ar kainos reikšmė. Ši paramos skatinimo kainodara atsižvelgia į valandinį elektros energijos rinkos kontekstą ir jų kainų nustatymą, susijusį su ribinėmis bendros sistemos sąnaudomis.

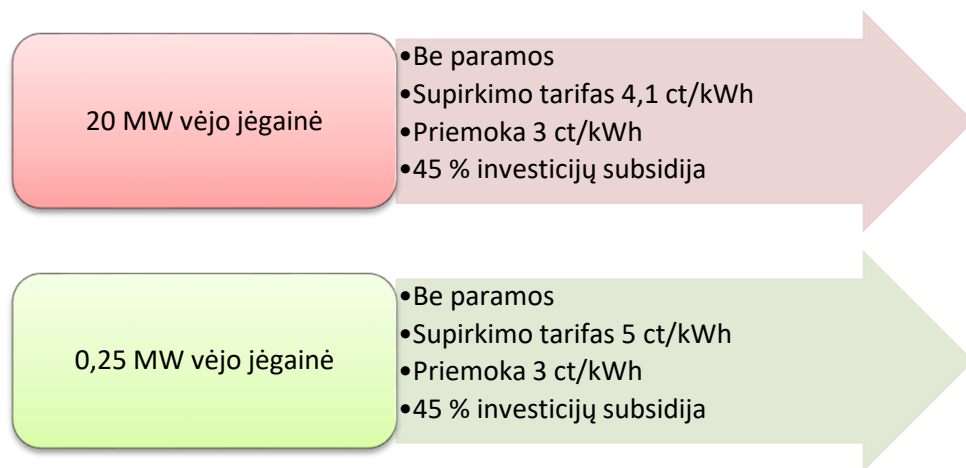
SAM sistemoje sukuriama keli modeliai, susiję su vėjo elektrinėmis:

- skaičiavimai atliekami 0,25 MW ir 20 MW galios vėjo turbinoms, 25 metų eksploataciniam laikotarpiui,
- pagal LCOE vertinama priemokų, supirkimo tarifų ir subsidijų paramos skatinimo schemų įtaka rinkos sąlygomis,
- skaičiuojami pinigų srautai, grynoji esamoji vertė ir kt.

Tiriamajame projekte aptariamas argumentas, kad esant dabartinei MWh kainai, pagaminti pagal naujausias ir pažangiausias vėjo energijos technologijas, vėjo energijos konkurencingumui pasiekti reikalinga papildoma parama. Tačiau, tobulėjant technologijoms ir plečiantis vėjo energijos rinkai iš vėjo pagaminta elektros energijos kaina mažėja bei tampa konkurencinga nesuteikiant paramos. Dėl šios priežasties, manoma, kad suteikiant vėjo elektrinėms paramą užkraunama papildoma našta vartotojui, kai tuo metu normalios rinkos sąlygos yra iškraipomos. Kadangi skaičiuojant LCOE siekiama atsižvelgti į vėjo energijos gamybos rinkos vertę, projekte pateiktose modeliavimo išvadose apsprendžiama, kokia paramos schema yra optimali siekiant konkurencijos. Toliau išsamiai aprašomi modeliavimo rezultatai trijuose AEI politikos rėmimo kontekstuose: su tarifų sistema, su priemokos sistema, su subsidijų sistema. Tada rezultatai aptariami ir lyginami su paprastu vėjo energijos konkurencingumo sąnaudų požiūriu. Galiausiai grafiškai pateikiami rezultatai, išvados ir baigiamojo darbo pasiūlymai.

4. Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizė

Modelio sudarymui naudojami duomenys parenkami pagal mokslines rekomendacijas, straipsnius ir esamus pranešimus. Baigiamojo darbo analizė atliekama su dvejomis komercinės paskirties vėjo elektrinėmis. Analizuojamas atvejų modelis pavaizduotas 7 paveiksle.



7 pav. AEI paramos ir rinkos sąlygų modeliai

Pagal 7 paveikslą modelius sudaro du analizės atvejai.

- A. 20 MW vėjo elektrinė prijungta prie perdavimo tinklo. Vėjo elektrinę sudaro 2 MW galios 10 vnt. „Vestas“ firmos vėjo jėgainės [28].
- B. „EWT“ firmos 0,25 MW vėjo elektrinės prijungta prie skirstomojo tinklo [29].

Abiejų elektrinių atveju atskirai sudaromi 4 modeliai – be paramos, su supirkimo tarifu, su priemokos tarifu, su investicijų subsidija. Plačiau apie paramas aprašoma 4.3 skyriuje.

SAM sistemoje sukuriama keli modeliai, susiję su vėjo elektrinėmis. Rinkos pasirinkimas abiejų elektrinių vėjo modeliuose yra komercinės paskirties. SAM daroma prielaida, kad pagaminta energija bus skirta patenkinti elektros paklausą ir visa pagaminta elektros energija yra tiekiamą į bendrą elektros energijos tinklą. Atliekant skaičiavimus seknačiuose skyriuose pateikiami duomenys.

4.1. Prognozuojamas vėjo elektrinių našumas

Vėjo elektrinės pagaminta metinė elektros energija labai priklauso nuo vidutinio vėjo greičio esamoje vietovėje. Vidutinis vėjo greitis priklauso nuo geografinės padėties (vakarų Lietuvos dalis siekia didžiausius vėjo pajėgumus), stiebo aukščio ir vietovės paviršiaus šiurkštumo. Kalnai ir kalvos taip pat turi įtakos vėjo srautui, tačiau, kadangi Lietuva yra labai plokščioje geografinėje padėtyje, vėjo sąlygos praktiškai atitinka lygaus paviršiaus šiurkštumą. Taip pat artimos kliūtys, pvz., miškas, pastatai, tvoros bei kitos vėjo jėgainės, sumažina vėjo greitį. Skaičiavimuose taikomas vėjo šiurkštumas nustatomas pagal danų energetikos agentūros katalogą, kuris Lietuvos sąlygomis yra II klasės – iš dalies atviras laukas su medžiais. Šiurkštumo ilgio reikšmė siekia 0,1 m [30].

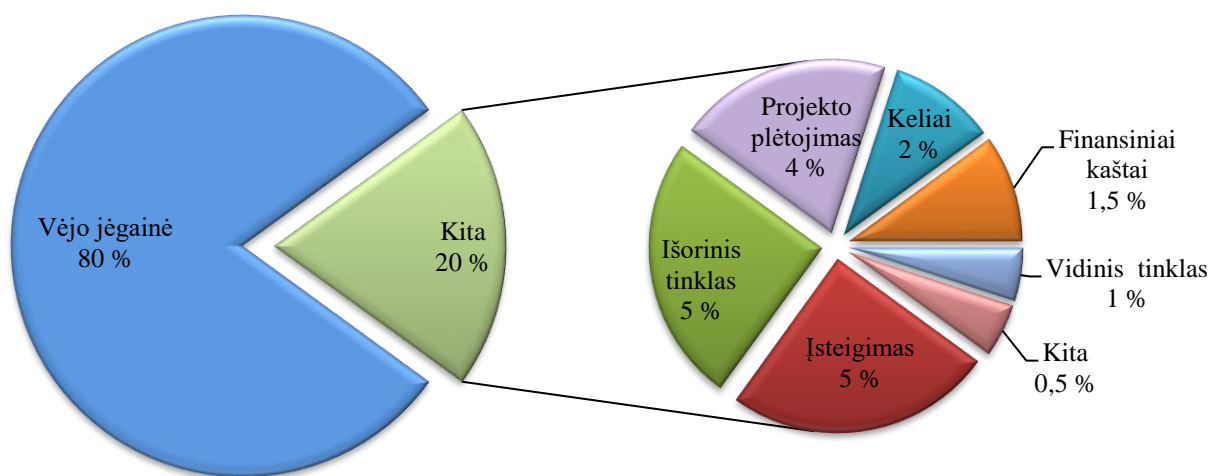
Planuojama, jog projekte vertinama vėjo elektrinės lokacija yra pajūrio regione. Pajūrio regiono vidutinis vėjo greitis parenkamas pagal išsamius kartografinius duomenis, remiantis LEI atlikto

tyrimo duomenimis bei Lietuvos vėjo atlasu. Analizuojamos vėjo elektrinės yra Klaipėdos regione, kur vidutinis metinis vėjo greitis 50 m aukštyje siekia apie 6 m/s [31].

Pilnos apkrovos laikas turi didelės reikšmės tiek sausumos, tiek ant vandens paviršiaus esančioms vėjo elektrinėms. Pilnos apkrovos laiką sudaro metinė elektrinės veikimo trukmė, kai ji išnaudoja visus savo pajėgumus. Pilnos apkrovos valandų skaičius yra laikas, per kurį tam tikros galios vėjo jėgainė pasiekia savo metinį pagamintą elektros energijos kiekį. Priklausomai nuo vėjo jėgainės padėties vėjo atžvilgiu, vidutinis pilnos apkrovos laikas sausumoje siekia nuo 1500 iki 3000 valandų, visų vidutinių vėjo jėgainių vidurkis siekia 2000 valandų [32].

4.2. Kapitalo išlaidų pasiskirstymo ir investicijų į vėjo elektrines nustatymas

Didžiausia vėjo elektrinės projekto kapitalo išlaidų dalis, t.y. 80 %, tenka vėjo jėgainės įrengimui, 20 % sudaro kitas išlaidas. 8 paveiksle parodytas projekto kapitalo išlaidų pasiskirstymas. Verta pažymėti, jog tinklo prijungimo išlaidas padengia perdavimo sistemos operatorius (PSO) todėl jos nėra įtrauktos į išlaidas. Elektros tinklai jėgainių parko viduje ir išorėje, jų statyba siekia 6 % visų investicijų išlaidų [33].



8 pav. Vėjo elektrinių kapitalo išlaidų pasiskirstymas [33]

Elektrinės projekto plėtra – planavimas, projektavimas ir tyrimai sudaro 9 % išlaidų. Kelių tiesimo ir drenažo statyba (medžiagos, darbai) siekia 2 % išlaidų. Finansinės išlaidos, t.y. palūkanos statybų metu, paskolos, įkeitimo mokesčiai siekia 1,5 % išlaidų. Visos kitos galimo išlaidos susijusios su projekto plėtra 0,5 %.

Į sąnaudų pasiskirstymą neįtrauktos šios papildomos projekto išlaidos:

- žemės kaina;

- kompensacija už netoliese esančio nekilnojamojo turto vertės sumažėjimą;
- esamų turbinų, kurios bus išmontuojamos vietoje ar netoliese, pirkimas;
- netoliese esančio nekilnojamojo turto įsigijimas, kad būtų atlaisvinta vieta projektui.

Priklausomai nuo projekto dydžio ir esamų aplinkybių šios išlaidos nuo visų investicijų sumos gali ženkliai kisti – nuo 0 % iki 25 %. Šių išlaidų dalis viršytu 8 paveiksle parodytas išlaidas.

Kapitalo išlaidos technologijoms/įrangai, statybai ir projektų plėtrai (projektavimo, leidimų, tinklų sujungimo sutarčių ir konsultavimo išlaidos) kartu su turto nusidėvėjimu – lemia didelę kapitalo sąnaudų dalį. Kapitalo sąnaudos nustatomos pagal SAM programos rekomendacijas, t.y. pasirenkant pageidaujamos vėjo elektrinės tipą ir galią yra pateikiamos tiek sistemos instaliavimo išlaidos, tiek turbinos kaina. Kapitalo išlaidos pateikiamos 1 lentelėje.

1 lentelė. Kapitalo išlaidos

–	„Vestas“ 20 MW vėjo elektrinė	„EWT“ 0,25 MW vėjo elektrinė
Lyginamieji elektrinės kaštai, Eur/kW	1 094	4 393
Visos elektrinės išlaidos, Eur	21 880 000	1 098 250
Sistemos pastatymo išlaidos, Eur/kW	360	2 996
Visos elektrinės sistemos pastatymo išlaidos, Eur	7 200 000	749 000
Iš viso kapitalo kaštų už 1 kW įdiegimą, Eur/kW	1 454	7 389
Iš viso kapitalo kaštų už visos elektrinės pastatymą, Eur	29 080 000	1 847 250

„Vestas“ firmos 2 MW galios vėjo turbinos išlaidos įvertinamos pagal išlaidas 1 kilovatui. Baigiamojo darbo atveju, jos sudaro 1 094 Eur/kW. Visos elektrinės atveju, t.y. 20 MW galios elektrinei, šios išlaidos sudaro 21 880 000 Eur. Sistemos pastatymo išlaidos įvertinamos taip pat pagal išlaidas 1 kilovatui, o tai sudaro 360 Eur/kW. Iš viso pastatymo išlaidos sudaro 7 200 000 Eur. Bendros kapitalo išlaidos už elektrinės pastatymą sudaro 29 080 000 Eur.

„EWT“ firmos 0,25 MW galios vėjo turbinos išlaidos įvertinamos taip pat kaip ir „Vestas“ firmos elektrinei – 1 kilovatui. Baigiamojo darbo atveju, jos sudaro 4 393 Eur/kW. Visos elektrinės atveju šios išlaidos sudaro 1 098 250 Eur. Sistemos pastatymo išlaidos įvertinamos taip pat pagal išlaidas 1 kilovatui, o tai sudaro 2 996 Eur/kW. Iš viso pastatymo išlaidos sudaro 749 000 Eur. Iš viso kapitalo išlaidos už elektrinės pastatymą sudaro 1 847 250 Eur.

Eksploatacinės (O&M) išlaidos

Baigiamojo darbo atveju, eksploatacinės išlaidos sudaro tiek pastovios, tiek kintamos išlaidos. Eksploatacinės išlaidos parenkamos pagal danų energetikos agentūros katalogą. Vėjo elektrinių statyba trunka 8–19 mėnesių. Planuojama, jog avarijos ar priežiūros metu būtų 1–2 tarnybiniai apsilankymai per metus, kurių trukmė yra ne ilgesnė kaip viena darbo diena.

20 MW vėjo elektrinei skaičiavimuose taikomos pastovios išlaidos sudaro 25 Eur/kW per metus, kai tuo metu kintamos išlaidos sudaro 3 Eur/MWh. Mažai vėjo elektrinei (0,25 MW) skaičiavimuose taikomos pastovios išlaidos sudaro 29 Eur/kW per metus, kai tuo metu kintamos išlaidos sudaro 4 Eur/MWh. Verta paminėti, jog baigiamajame projekte eksploatacinės išlaidos nėra didelės, kadangi vėjo elektrinės neturi jokių kuro sąnaudų.

Bėgant laikui elektrinės eksploatacinės išlaidos gali didėti dėl technologijų nusidėvėjimo. Pagal Jungtinės Karalystės atliktą tyrimą vėjo jėgainės nusidėvėjimo norma gali siekti $1,6 \pm 0,2$ % per metus. Projekte taikoma nusidėvėjimo norma siekia 1,5 % [34].

Nustatoma, kiek procentų viso projekto metu sieks infliacija. Įvertinama elektrinės gyvavimo trukmė, kuri lygi analizuojamai eksplotavimo trukmei – 25 metai. Šiam laikotarpiui parenkama 2 % infliacija, bei parenkama 6 % diskonto norma [35]. Tokiu būdu sistema atsižvelgs į ekonominę padėtį ir bus labiau reali. Infliacija kinta metų bėgyje, tačiau sistemoje ji nustatoma visam laikotarpiui. Ekonominio nuosmukio ar pakilimo metu, duomenys taptų nepatikimi ir neatspindėtų realios situacijos.

Kitos kapitalo sąnaudos parenkamos nustatant skolos palūkanų normą pagal reikalingą nuosavo kapitalo grąžą, skolos ir nuosavo kapitalo santykį, laikotarpį, per kurį įsipareigojama ir mokesčius, mokamus už reikalingo kapitalo ir nusidėvėjimo įgijimą.

EWT“ firmos 0,25 MW galios ir „Vestas“ firmos 20 MW galios vėjo elektrinių skaičiavimuose taikomą investicijų sumą sudaro 70 % skolinto ir 30 % nuosavo kapitalo dalys. Paskolos grąžinimo trukmė siekia 25 metus, o skolos palūkanų norma 6 %. Pelno mokestis sudaro 15 %. Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai (WACC) parodo projekto kapitalo išlaidas, įvertinant tiek skolintą, tiek nuosavą kapitalą. Jie priklauso nuo finansavimo šaltinių struktūros ir nuo atskirų finansavimo šaltinių išlaidų. Šiuo atveju vidutinės svertinės kapitalo išlaidos sudarys 6,64 % [36, 37, 38].

Svarbu apibrėžti parduodamos elektros energijos kainas. Projekte taikomos elektros energijos kainos yra vienodos visam laikotarpiui, nepriklausomai nuo vartojimo kiekio. Pasirinkus fiksuotą kainą pirkimui ir pardavimui, paprasčiau apskaičiuojami pinigų srautai. Šalyse taikomi vienodi

mokesčiai, nepriklausomai nuo perkamo energijos kiekio, todėl pastovios kainos naudojimas taps analizuojamu atveju šiame projekte.

4.3. Supirkimo tarifų, priemokos bei subsidijų paramos reikšmių nustatymas

Modeliavimas orientuotas į modelius su parama ir be paramos, kuomet investuojant į atsinaujinančias technologijas pasiekiamas rinkos efektyvumas. Norint išbandyti AEI skatinimo politiką, į energetikos rinkos modelį įtraukiamas pastovus procentinis paramos dydis ar kainos reikšmė.

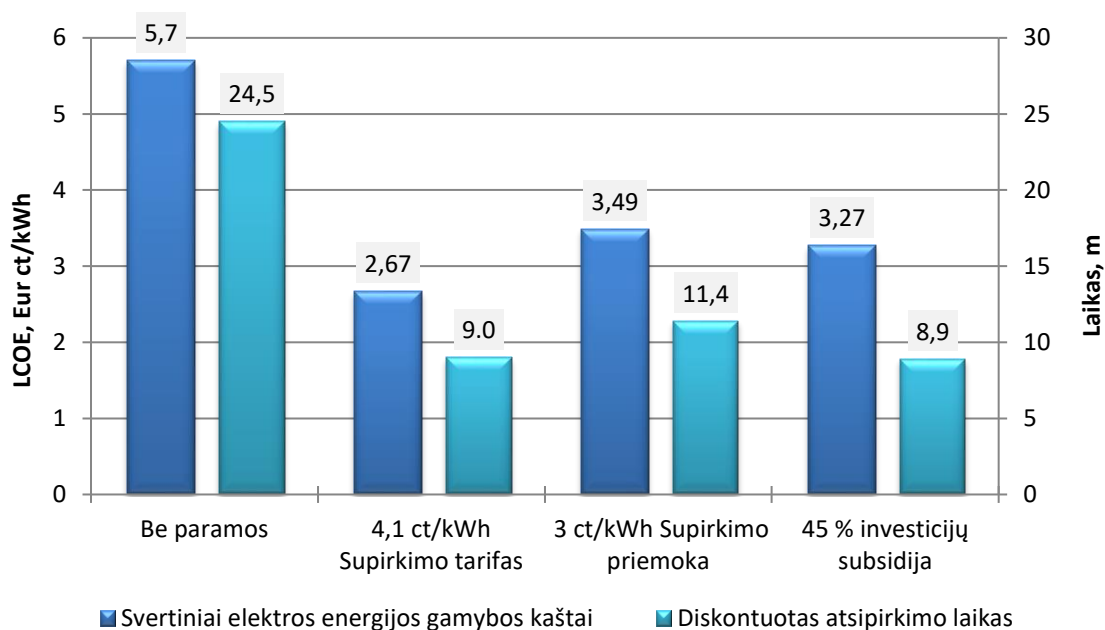
Paramos dydžiai parenkami pagal Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos ir kitų šalių skelbiamus duomenis. Supirkimo tarifų ir priemokos atvejais parama suteikiama 12 metų laikotarpiui. Toliau nustatomi suteikiamos paramos dydžiai [39].

- Lietuvoje analizuojamos 20 MW vėjo elektrinės maksimalus supirkimo tarifų dydis 4,1 ct/kWh (be PVM) yra taikomas >350 kW galios vėjo elektrinėms, kai tuo metu 0,25 MW elektrinės maksimalus supirkimo tarifas yra 5 ct/kWh, toks dydis taikomas ≤350 kW galios jėgainėms.
- priemokos tarifų dydžiai Lietuvoje nėra taikomi, tačiau abiejų elektrinių atveju, jos sudaro 3 ct/kWh.
- Suteikiamas subsidijų dydis abiejų elektrinių atveju sudaro 45 %.

4.4. Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizės rezultatai

Atlikus SAM programos skaičiavimus gaunami rezultatai. Iš sudarytų paramos modelių pateikiami „Vestas“ firmos 20 MW galios ir „EWT“ firmos 0,25 MW galios elektrinių rezultatai. Abiejų elektrinių atveju atskirai sudaromi 4 modeliai – be paramos, su supirkimo tarifu, su supirkimos priemoka, su investicijų subsidija.

9 paveiksle pateikiama „Vestas“ firmos 20 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelis, jame nurodomas investicijų atsipirkimo laikas ir svertiniai elektros energijos gamybos kaštai.



9 pav. „Vestas“ firmos 20 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelis

Atlikus „Vestas“ firmos 20 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizę buvo nustatyta, kad mažiausias projekto atsipirkimo laikas yra su 45 % investicijų subsidija, kurio reikšmė siekia 8,9 metų, o jo elektros energijos gamybos svertiniai kaštai yra 3,27 Eur ct/kWh. Kita paramos schema skatinanti greitą atsipirkimą yra supirkimo tarifas su 4,1 Eur/kWh paramos dydžiu. Jo atsipirkimo laikas siekia 9 metus, kai jo elektros energijos gamybos svertiniai kaštai yra 2,67 ct/kWh. Didžiausias projekto atsipirkimo laikas yra su 3 ct/kWh priemokos parama, jis siekia 11,4 metų, o jo LCOE siekia 3,49 ct/kWh. Be paramos vėjo elektrinės atsipirkimo laikas siekia 24,5 metų, o tai yra beveik visas 25 metų analizuojamas laikotarpis. Be paramos LCOE siekia 5,70 ct/kWh.

2 Lentelėje pateikiamas dvejų reikšmių LCOE. Realus LCOE apibrėžiamas kaip pastovus vertės srautas, išreikštas šiandienos realia valiuta (neįvertinus infliacijos), o nominali LCOE reikšmė apibrėžiama kaip pastovus nominalus valiutos srautas įvertinus infliaciją [40]. Skirtingose pramonės šakose ir įmonėse jų analizei naudojamos skirtingos LCOE reikšmės. Analizėje vertinamas nominalus LCOE.

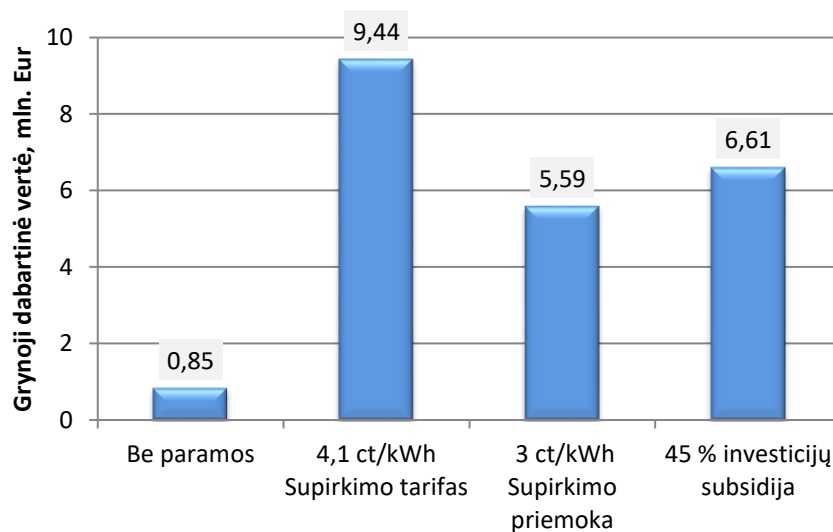
2 lentelėje pateikiami „Vestas“ firmos 20 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelio rezultatai.

2 lentelė. „Vestas“ firmos 20 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelio rezultatai

20 MW vėjo elektrinė				
–	Be paramos	4,1 ct/kWh Supirkimo tarifas	3 ct/kWh Supirkimo priemoka	45 % investicijų subsidija
Pagaminta metinė energija, kWh	49 935 040			
Pajėgumo koeficientas, %	28,50			
LCOE (nominalus), Eur ct/kWh	5,7	2,67	3,49	3,27
LCOE (realus), Eur ct/kWh	4,76	2,23	2,92	2,74
Grynoji esamoji vertė, Eur	845 811	9 436 815	5 593 303	6 608 288
Atsipirkimo laikas, metai	10	6,7	7,6	6,7
Diskontuotas atsipirkimo laikas, metai	24,5	9,0	11,4	8,9
Grynosios kapitalo išlaidos, Eur	29 080 000			15 994 000
Nuosavas kapitalas, Eur	8 724 000			4 798 200
Skolintas kapitalas, Eur	20 356 000			11 195 800

Pagal 2 lentelę įvertinus 20 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelio rezultatus pastebėta, jog elektrinės pagaminta metinė energija siekia 49 935 040 kWh, o pajėgumo koeficientas siekia 28,5 %. Grynosios kapitalo išlaidos sudaro 29 080 000 Eur, iš kurių 8 724 000 Eur yra nuosavo kapitalo, o 20 356 000 Eur skolinto kapitalo dalis.

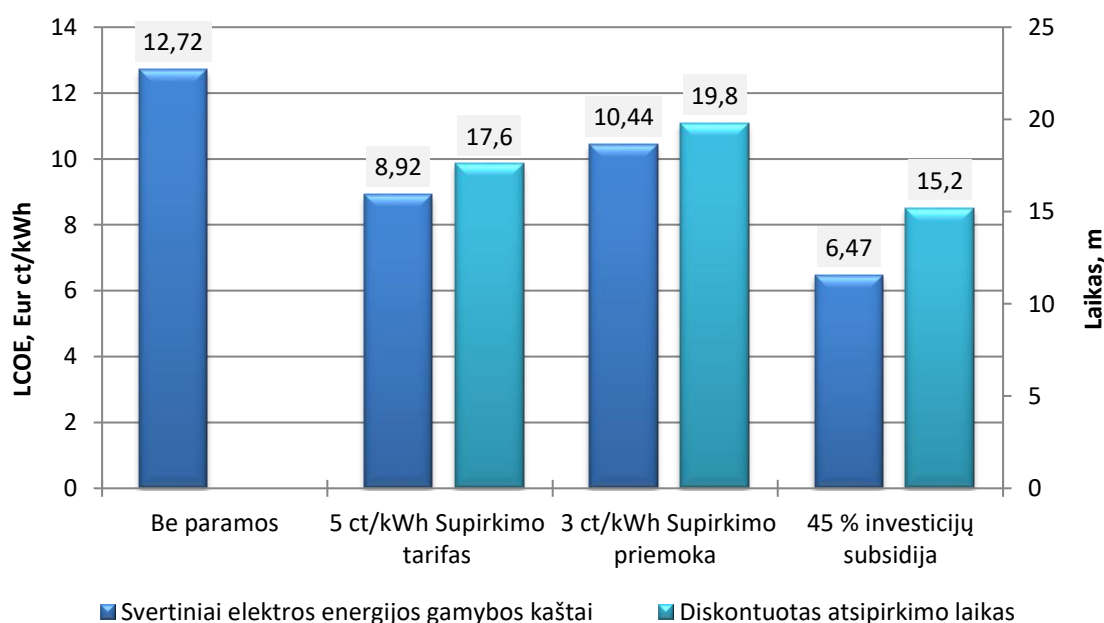
10 paveiksle pateikiama 20 MW galios elektrinės skirtingų analizės atvejų investicinio projekto grynoji dabartinė vertė (NPV).



10 pav. 20 MW galios elektrinės skirtingų analizės atvejų grynoji dabartinė vertė

Mažiausia grynoji dabartinė vertė (NPV) yra su scenarijumi be paramos – 845 811 Eur. Didžiausia NPV reikšmė siekia 9 436 815 Eur skatinant su 4,1 ct/kWh supirkimo tarifu. Taikant 3 ct/kWh supirkimo priemokos paramą NPV siekia 5 593 303 Eur. 45 % investicijų subsidijos atveju NPV siekia 6 608 288 Eur. Visais 20 MW galios elektrinės atvejais grynosios esamosios vertės rodiklis yra teigiamas ir tai pasako, jog per 25 metus projekto pinigų srautai (įskaitant pradines investicijas) atneš teigiamą naudą.

11 paveiksle pateikiama „EWT“ firmos 0,25 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelis, jame kaip ir pirmuoju atveju nurodomas investicijų atsipirkimo laikas bei svertiniai elektros energijos gamybos kaštai.



11 pav. „EWT“ firmos 0,25 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelis

Atlikus „EWT“ firmos 0,25 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizę buvo nustatyta, kad mažiausias projekto atsipirkimo laikas yra su 45 % investicijų subsidija, kurio reikšmė siekia 15,2 metų, o jo elektros energijos gamybos svertiniai kaštai yra 6,47 ct/kWh. Kita paramos schema skatinanti atsipirkimą yra supirkimo tarifas su 5,0 Eur ct/kWh paramos dydžiu. Jo atsipirkimo laikas siekia 17,6 metų, kai jo elektros energijos gamybos svertiniai kaštai yra 8,92 ct/kWh. Didžiausias projekto atsipirkimo laikas yra su 3,0 ct/kWh priemokos parama, jis siekia 19,8 metų, o jo LCOE siekia 10,44 ct/kWh. Be paramos vėjo elektrinės atsipirkimo laikas viršija 25 metų analizės laikotarpį, tad jis nėra pavaizduotas. Be paramos LCOE siekia 12,72 ct/kWh.

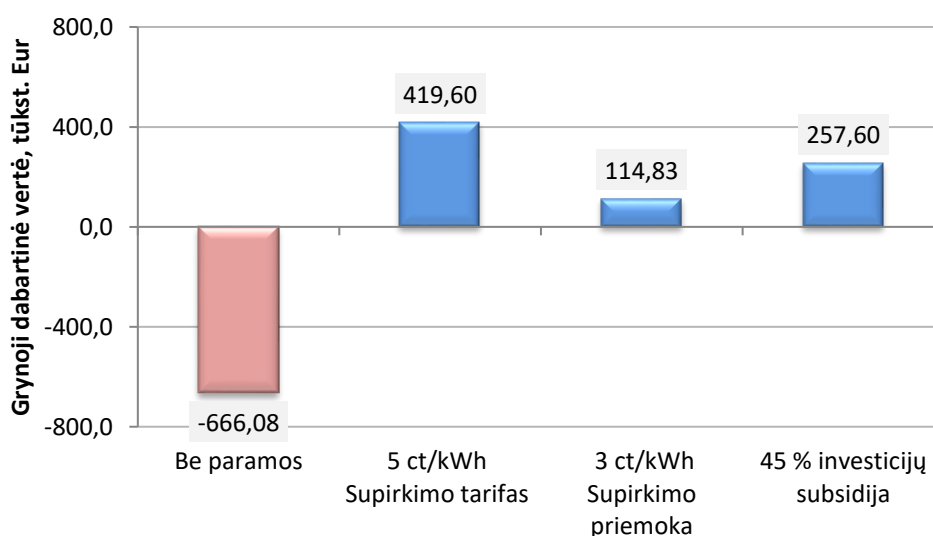
3 lentelėje pateikiami „EWT“ firmos 0,25 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelio rezultatai.

3 lentelė. „EWT“ firmos 0,25 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelio rezultatai

0,25 MW vėjo elektrinė				
–	Be paramos	5 ct/kWh supirkimo tarifas	3 ct/kWh supirkimo priemoka	45 % investicijų subsidija
Pagaminta metinė energija, kWh	1 245 934			
Pajėgumo koeficientas, %	56,90			
LCOE (nominalus), Eur ct/kWh	12,72	8,92	10,44	6,47
LCOE (realus), Eur ct/kWh	10,65	7,47	8,78	5,42
Grynoji esamoji vertė, Eur	-666 082	419 598	114 825	257 598
Atsipirkimo laikas, metai	23,3	11,3	12,2	9,7
Diskontuotas atsipirkimo laikas, metai	–	17,6	19,8	15,2
Grynosios kapitalo išlaidos, Eur	1 847 250			1 015 988
Nuosavas kapitalas, Eur	554 175			304 796
Skolintas kapitalas, Eur	1 293 075			711 191

Pagal 3 lentelę įvertinus 0,25 MW galios elektrinės paramos ir rinkos sąlygų taikymo modelio rezultatus pastebėta, jog elektrinės pagaminta metinė energija siekia 1 245 934 kWh, o pajėgumo koeficientas siekia 56,9 %. Grynosios kapitalo išlaidos sudaro 1 847 250 Eur iš, kurių 554 175 Eur yra nuosavo kapitalo, o 1 293 075 Eur skolinto kapitalo dalis.

12 paveiksle pateikiama 0,25 MW galios elektrinės skirtingų analizės atvejų investicinio projekto grynoji dabartinė vertė (NPV).

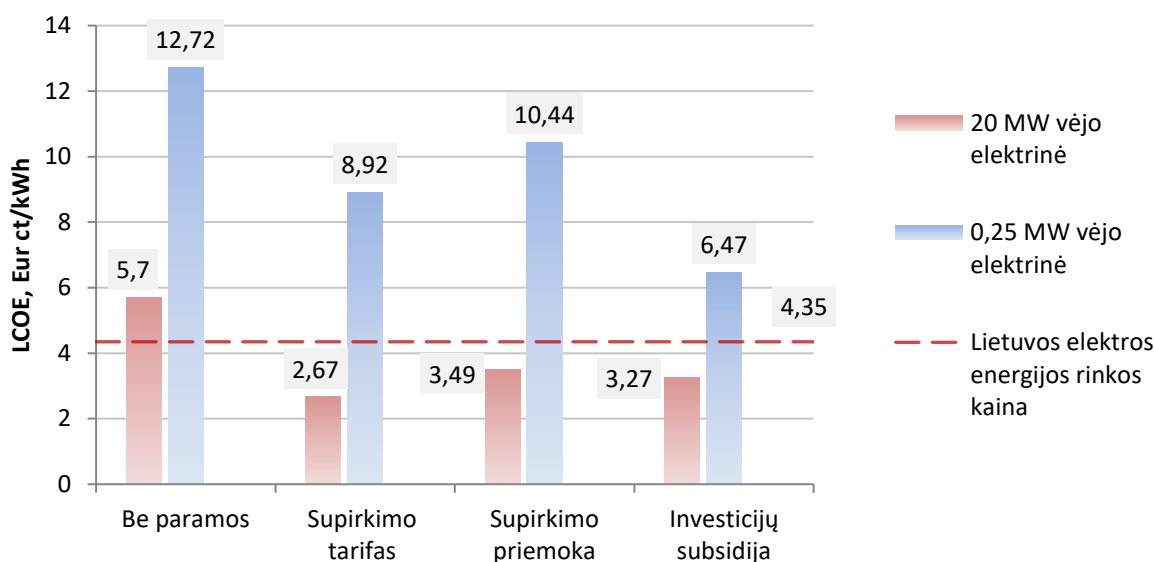


12 pav. 0,25 MW galios elektrinės skirtingų analizės atvejų grynoji dabartinė vertė

Didžiausia NPV reikšmė siekia 419 598 Eur skatinant su 5 ct/kWh supirkimo tarifu. Taikant 3 ct/kWh supirkimo priemokos paramą NPV siekia 114 825 Eur. 45 % investicijų subsidijos atveju NPV siekia 257 598 Eur. 0,25 MW galios elektrinės paramos atvejais grynosios esamosios vertės rodiklis yra teigiamas ir tai rodo, jog per 25 metus projekto pinigų srautai (įskaitant pradines investicijas) atneš teigiamą naudą. Tačiau be paramos sąlygomis grynoji esamoji vertė (NPV) siekia -666 082 Eur. Neigiamas rodiklis rodo, jog per 25 metus projekto pinigų srautai neatneš teigiamos naudos.

Baigiamajame projekte aptariamas argumentas, kad esant dabartinei elektros energijos gamybos kainai, pagamintai pagal naujausias ir pažangiausias vėjo energijos technologijas, vėjo energijos konkurencingumui pasiekti papildoma parama nėra reikalinga. Todėl, kad tobulėjant technologijoms ir plečiantis vėjo energijos rinkai iš vėjo pagaminta elektros energijos kaina mažėja bei tampa konkurencinga nesuteikiant paramos. Dėl šios priežasties, manoma, kad suteikiant vėjo elektrinėms paramą užkraunama papildoma našta vartotojui, kai tuo metu normalios rinkos sąlygos yra iškraipomos.

Šiuo atveju, žemiau esančiame 13 paveiksle pateikiama 20 ir 0,25 MW galios elektrinių elektros energijos gamybos sąnaudų palyginimas su Lietuvos elektros energijos rinkos kaina. Jame nurodomi suskaičiuoti svertiniai elektros energijos gamybos kaštai be paramos ir su ja.



13 pav. Elektros energijos gamybos svertinių išlaidų palyginimas

Atlikus elektros energijos gamybos svertinių išlaidų palyginimą su 2019 metais Lietuvos VKEKK nustatyta vidutinė elektros energijos rinkos 4,35 ct/kWh kaina, buvo pastebėta, jog 0,25 MW galios vėjo elektrinės elektros energijos gamybos išlaidos tiek su parama, tiek be jos, viršija Lietuvos elektros energijos rinkos kainą [41]. Be paramos atveju, 0,25 MW galios vėjo elektrinės LCOE net

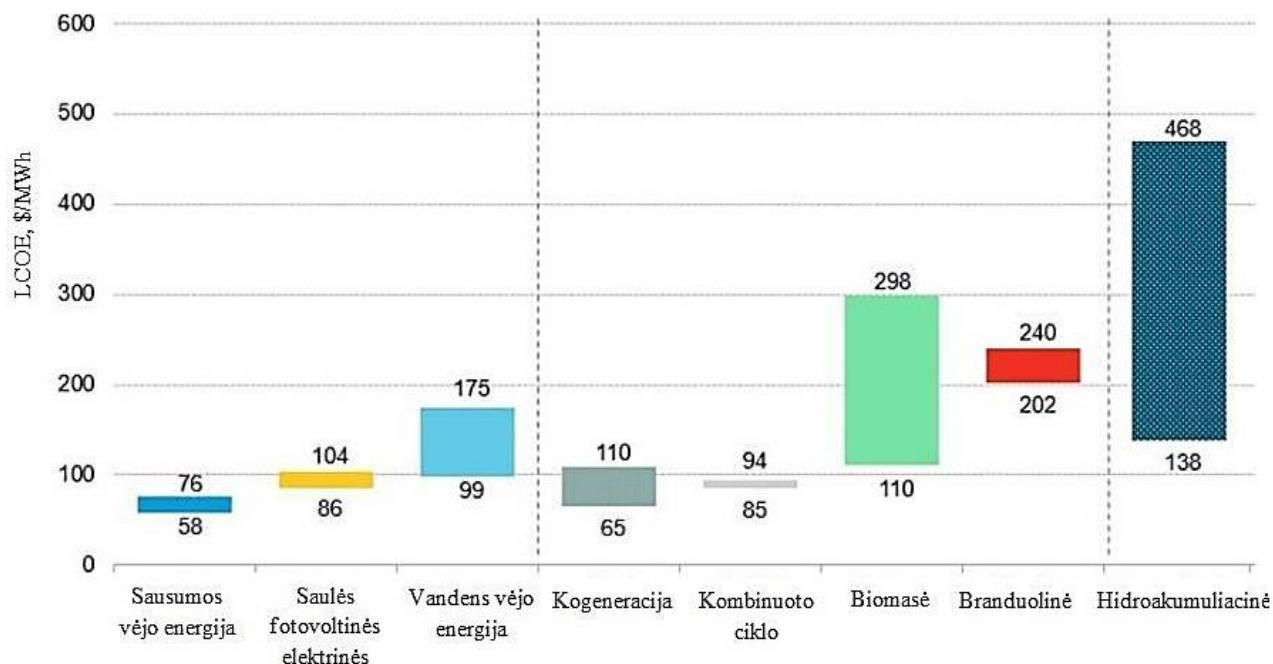
2,9 karto viršija bendrą elektros energijos gamybos rinkos kainą. Rinkos kainai artimiausia LCOE reikšmė yra su investicijų subsidijos parama, kuri yra tik 2,12 ct/kWh aukštesnė. LCOE reikšmės su supirkimo tarifu (2,1 kartus) ir su priemoka (2,4 kartus) viršija bendrą elektros energijos gamybos kainą.

Lyginant 20 MW galios vėjo elektrinės energijos gamybos svertinius kaštus buvo pastebėta, jog be paramos LCOE praktiškai atitinka Lietuvos elektros energijos rinkos kainą, ji skiriasi tik 1,35 ct/kWh dalimi. Visų paramų atveju, vėjo elektrinės LCOE reikšmė buvo žemesnė nei bendra elektros energijos gamybos rinkos kaina. Žemiausia apskaičiuota LCOE reikšmė buvo su supirkimo tarifų paramos modeliu, kuri 1,6 karto žemesnė nei bendra elektros energijos gamybos kaina. LCOE reikšmės su investicijų subsidija yra 1,3 karto ir su priemoka 1,2 karto žemesnė už vidutinę elektros energijos gamybos kainą.

Atlikus vėjo elektrinių elektros energijos gamybos svertinių išlaidų palyginamąją analizę pastebėta, jog 20 MW vėjo elektrinės atveju elektros energijos gamybą dalinai įmanoma ir be paramos skatinimo schemų, kadangi paramos atveju LCOE reikšmės yra gerokai mažesnės nei Lietuvos elektros energijos rinkos kaina – 4,35 ct/kWh. Situacijos analizė be paramos parodė, jog LCOE reikšmė yra 5,70 Eur ct/kWh, tai šiekia, kad sausumos vėjo elektros energijos gamyba įmanoma ir pajėgi konkuruoti energetikos sektoriuje be skatinimo schemų įtakos.

Tačiau 0,25 MW elektrinės analizė parodė, kad be paramos analizuojamos mažos galios elektrinė nėra pajėgi konkuruoti energetikos rinkoje, kadangi visais 4 modelio scenarijais LCOE viršijo Lietuvos elektros energijos rinkos kainą. Verta pažymėti, jog 45 % investicijų subsidija yra artimiausia vidutinei Lietuvos elektros energijos rinkos kainai.

Skirtingų energijos technologijų LCOE reikšmės Europos Sąjungoje pateikiamos 14 paveiksle. Atsižvelgiant į Europos Sąjungos energijos sektoriuje vyraujančias LCOE reikšmes pastebėta, kad apskaičiuotos sausumos vėjo elektrinių LCOE reikšmės atitinka rinkos kainą, iš to galima daryti išvadą, jog skaičiavimai buvo atlikti teisingai.



14 pav. Skirtingų energijos technologijų LCOE reikšmės Europoje [42]

Remiantis 2018 m. „Bloomberg New Energy Finance“ duomenimis, sausumos vėjo elektros energijos gamybos svertiniai kaštai Europoje svyruoja nuo 58 iki 76 \$/MWh [42]. Į LCOE vertinimą nėra įtraukti taršos mokesčiai ar suteikiamos paramos dydžiai. Pagal 14 paveiksle esančius duomenis galima teigti, jog sausumoje esančios vėjo elektrinės yra pats pigiausias elektros energijos gamybos šaltinis.

Baigiamojo darbo atveju, pagal 20 MW galios vėjo elektrinės atliktus skaičiavimus LCOE reikšmė siekia 63,6 \$/MWh. 0,25 MW galios vėjo elektrinės LCOE reikšmė be paramos siekia 142,1 \$/MWh, o tai žymiai daugiau nei Europos Sąjungos vidurkis.

4.5. Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizės apibendrinimas

Atsinaujinančių energijos išteklių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizė atlikta taikant JAV sukurtą sisteminio patarėjo modelio (SAM) kompiuterinę programą, o skirtingų AEI skatinimo instrumentų – priemokos, supirkimo tarifų ir subsidijos, įtakos įvertinimui buvo naudojamas elektros energijos gamybos svertinių kaštų metodas (LCOE). Su SAM programa buvo skaičiuojami AEI gamybos kiekiai, pinigų srautai ir kt.. Naudojantis šia programa buvo sumodeliuotos atskiros vėjo elektrinės sistemos. Sudaryti 8 modeliai su 2 vėjo elektrinėmis; pirmuoju atveju – 0,25 MW galios vėjo elektrinė prijungta prie skirstomojo tinklo; antruoju atveju – vėjo elektrinę sudaro 20 MW galios vėjo elektrinė prijungta prie perdavimo tinklo. Abi elektrinės yra komercinės paskirties. Taikant modelius ir nagrinėjant konkrečias sistemas įvertintos ir palygintos

technologijos, apskaičiuota, kiek kainuoja pasirinktos sistemos sąnaudos per visą sistemos gyvavimo laikotarpį.

Atlikus baigiamojo darbo literatūrinę analizę ir įvykdant išsikeltus uždavinius pastebėta, kad AEI rinkai plečiantis elektros energijos gamyba tampa vis pigesnė, o tobulėjant ir pingant technologijoms siekiama paskatinti AEI elektros gamybą be paramos mechanizmų ir taip priartėti prie savarankiško energetikos ekonomikos konkurencingumo.

Neužtikrintumas

Kaip minėta anksčiau, sausumos vėjo technologijos pinga ir užima vis didesnę rinkos dalį. Tačiau siekiant aukštesnių tikslų, technologijų tobulinimo ir sąnaudų sumažinimo prognozės ateityje nėra visiškai patikimos. Tai ypač susiję su sąnaudų sumažinimu, kadangi yra daug kitų veiksnių, kurie gali paveikti nuoseklų vėjo elektros energijos gamybos svertinių kaštų mažėjimą, pvz., rinkos sąlygų pasikeitimas, ekonominės krizės atsiradimas, gamtinių mineralų sumažėjimas (geležies, koblo), pilnos apkrovos laiko pasikeitimas ir kt. Jei ir toliau bus siekiama didinti AEI pajėgumus, nesikeičiant rinkos sąlygoms ateityje sausumos vėjo elektros energijos gamybos svertiniai kaštai gali dar labiau sumažėti, o vėjo energija tapti konkurescingesnė be paramos, taip nesukeliant papildomos naštos vartotojui.

Išvados

1. Atlikus atsinaujinančių energijos išteklių paramos schemų analizę buvo nustatyta, jog parama taikoma siekiant sumažinti iš AEI gaminamos energijos sąnaudas, tačiau neteisingai nustatius skatinimo priemonės dydį ir sparčiai didėjant įrengtai AEI galiai iškraipomi rinkos funkcionavimo principai, prievolė supirkti visą elektros energiją sukelia tinklų balansavimo problemas ir padidina tinklų sąnaudas.
2. Išanalizavus elektros energijos gamybos svertinių kaštų (LCOE) metodiką ir susipažinus su sisteminiu patarėjo (SAM) programos veikimo principais nustatyta, kad LCOE metodika leidžia įvertinti paramos schemų ir rinkos sąlygų įtaką AEI projektų ekonominiam rentabilumui.
3. Taikant LCOE metodą buvo atlikta skirtingų vėjo elektrinių paramos ir rinkos sąlygų taikymo analizė. Atlikus 20 MW galios elektrinės vertinimą buvo nustatyta, kad greičiausias projekto atsipirkimo laikas yra su 45 % investicijų subsidija – 8,9 metai, o LCOE yra 3,27 ct/kWh. Be paramos vėjo elektrinės atsipirkimo laikas siekia 24,5 metus, o tai yra beveik visas 25 metų analizuojamas laikotarpis, kurio metu LCOE siekia 5,70 ct/kWh. 0,25 MW galios elektrinės atveju nustatyta, kad trumpiausias projekto atsipirkimo laikas yra su 45 % investicijų subsidija, kurio reikšmė siekia 17,7 metų, o jo LCOE yra 6,47 ct/kWh. Be paramos LCOE siekia 12,72 ct/kWh.
4. 0,25 MW galios vėjo elektrinės lyginamoji LCOE analizė parodė, kad be paramos mažos galios elektrinė nėra pajėgi konkuruoti rinkoje, kadangi visais 4 analizuotais atvejais LCOE viršijo vidutinę elektros energijos rinkos kainą (4,35 ct/kWh). Verta pažymėti, kad taikant 45 % investicijų subsidiją elektros energijos gamybos kaina yra artimiausia rinkos kainai – 6,47 ct/kWh. LCOE reikšmė be paramos siekia 127,3 Eur/MWh, o ES LCOE reikšmės svyruoja nuo 51,9 iki 68,1 Eur/MWh.
5. 20 MW galios vėjo elektrinės lyginamoji LCOE analizė parodė, jog elektros energijos gamybą įmanoma ir be paramos, kadangi paramos atveju LCOE reikšmės yra gerokai mažesnės nei vidutinė elektros energijos rinkos kaina – 4,35 Eur ct/kWh. Taip pat analizė parodė, jog LCOE reikšmė yra 5,70 Eur ct/kWh, tai reiškia, kad sausumos vėjo elektros energijos gamyba įmanoma ir tokia elektrinė pajėgi konkuruoti energetikos sektoriuje be skatinimo schemų. LCOE reikšmė be paramos siekia 56,7 Eur/MWh, o ES LCOE siekia nuo 51,9 iki 68,1 Eur/MWh.

Informacijos šaltinių sąrašas

1. ŠIKŠNELYTĖ I. Elektros energijos rinkos modelių darnumo vertinimas. Vilniaus universitetas, Socialiniai mokslai, ekonomika (04S). Vilnius, 2015 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <http://talpykla.elaba.lt/elaba-fedora/objects/elaba:8281447/datastreams/MAIN/content>
2. RUDZKIS P. Investicijų į atsinaujinančių išteklių energetiką rizikos vertinimas. VGTU, Socialiniai mokslai, Ekonomika (04S). Vilnius, 2014 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: http://dspace.vgtu.lt/jspui/bitstream/1/1778/1/2283_Rudzkis_Disertacija_WEB.pdf
3. Europos Komisija. Komisijos komunikatas Europos parlamentui ir tarybai. Energijos vartojimo efektyvumas ir jo vaidmuo siekiant užtikrinti energetinį saugumą ir įgyvendinti 2030 m. klimato ir energetikos politikos strategiją (COM/2014/0520 final).
4. TEISINGUMO TEISMO (didžioji kolegija) SPRENDIMAS. 2014 m. liepos 1 d. „Prašymas priimti prejudicinį sprendimą – Nacionalinė paramos schema, numatanti žaliųjų sertifikatų, kuriais galima prekiauti, išdavimą įrenginiams, kuriais gaminama elektros energija iš atsinaujinančių energijos išteklių <...>” Direktyva 2009/28/EB. 2014 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX:62012CJ0573>
5. Nacionalinis atsinaujinančių išteklių energijos veiksmų planas 2010. Vilnius, 2010 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: http://www.ena.lt/pdfai/Veiksmu_planas.pdf
6. MIDTTUN, A.; GAUTESEN, K. 2007. Feed In or Certificates, Competition or Complementarity? Combining a Static Efficiency and a Dynamic Innovation Perspective on the Greening of the Energy Industry, *Energy Policy* 35(3): 1419–1422.
7. JANKAUSKAS V. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių rėmimo klaidos. *Energetika*. T. 57. Nr. 2. P. 78–84. VGTU. 2011, Vilnius [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <http://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/energetika/article/viewFile/2063/954>
8. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo elektros energetikoje skatinimo priemonių modeliavimas. Sveklaitė L., Stasiukynas A. Mykolo Romerio universitetas. Vilnius, 2014 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://www.mruni.eu/upload/iblock/2ee/6_Sveklaite_Stasiukynas.pdf
9. DRAGŪNAS, Ž. Atsinaujinančių energijos išteklių technologijų skatinimo schemų kaštų ir naudos analizė. Baigiamasis magistro projektas. Kauno technologijos universitetas. Elektros ir elektronikos fakultetas. Projekto vadovė: doc. dr. I. Konstantinavičiūtė. Kaunas, 2016. [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://core.ac.uk/download/pdf/51719425.pdf>

10. DUMČIUVIENĖ D., STRAVINSKAS T. Struktūrinės Paramos Įtaka Šalies Ekonominiam Augimui. Kauno technologijos universitetas, 2012 m. Kaunas [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <http://www.ecoman.ktu.lt/index.php/Ekv/article/viewFile/2999/2076>
11. European Commission. Supporting investments into renewable electricity in context of deep market integration of RES-e after 2020: Study on EU-, regional- and national-level options final report. 2016 Imperial College London [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/cepa_final_report_ener_c1_2015-394.pdf
12. European Commission. Regulation Of The European Parliament And Of The Council On The Internal Market For Electricity. Brussels, 2017 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9b9d9035-fa9e-11e6-8a35-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF
13. RINGAILAITĖ, I. Sugauta šiluma, įkinkytas vėjas: įdomiausi Baltijos jūros regiono energetiniai projektai, [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <http://www.dvi.lt/download.php/fileid/75>
14. Lazard. Levelized Cost of Energy and Levelized Cost of Storage 2018. NOV 8 2018 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-and-levelized-cost-of-storage-2018/>
15. Gollier, C., and J. Tirole. Negotiating effective institutions against climate change. Economics of Energy and Environmental Policy. 2015 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.5547/2160-5890.4.2.cgol>
16. M. PETITET, D. FINON, T. JANSSENA. Carbon Price instead of Support Schemes: Wind Power Investments by the Electricity Market. IAEE, The Energy Journal, 2016 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: http://www2.centre-cired.fr/IMG/pdf/4_petitet_finon_janssen_.energy_journal_109_140.pdf
17. Energy Technology Perspectives, International Energy Agency, 2012 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ETP2012_free.pdf.
18. System Advisor Model (SAM) developed by the U.S. Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory (NREL) 2018 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://sam.nrel.gov/>

19. 16 IEA/NEA (2010) Projected Costs of Generating Electricity, 2010 Edition [žiūrēta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://www.iaea.org/publications/freepublications/publication/projected_costs.pdf
20. 17 DECC (2012) Electricity Generation Costs [žiūrēta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65713/6883-electricity-generation-costs.pdf
21. IEA-RETD (2008): D. de JAGER ir M. RATHMANN: Policy instrument design to reduce financing costs in renewable energy technology projects. Ecofys by order of the IEA Implementing Agreement for Renewable Energy Technology Deployment [žiūrēta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: http://iea-retd.org/wp-content/uploads/2011/10/Policy_Main-Report.pdf
22. De VISSER E., HELD A. Methodologies for estimating Levelised Cost of Electricity (LCOE). Implementing the best practice LCOE methodology of the guidance. Ecofys 2014, European Commission [žiūrēta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: http://res-cooperation.eu/images/pdf-reports/ECOFYS_Fraunhofer_Methodologies_for_estimating_LCoE_Final_report.pdf
23. A. HELD, M. RAGWITZ, F. I. M. GEPHART, E. DE VISSER, C. KLESSMANN. Design features of support schemes for renewable electricity Task 2. Ecofys 2013 [žiūrēta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_design_features_of_support_schemes.pdf
24. IRENA. Renewable energy technologies: cost analysis series. Wind Power. 2012 [žiūrēta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://www.irena.org/documentdownloads/publications/re_technologies_cost_analysis-wind_power.pdf
25. KLESSMANN, C.; RATHMANN, M.; DE JAGER, D.; GAZZO, A.; RESCH, G.; BUSCH, S.; RAGWITZ, M.: Policy options for reducing the costs of reaching the European renewables target. (2013) *Atsinaujanti energetika* 57, p. 390-403 [žiūrēta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://pdfs.semanticscholar.org/f502/ff8a3cb72d0345b0d946ed096f95e96d962d.pdf>
26. RATHMANN, M.; DE JAGER, D.; DE LOVINFOSSE, I.; BREITSCHOPF, B.; BURGERS, J.; WEÖRES, B.: Towards triple-A policies: more renewable energy at lower cost. A report compiled within the European research project RE-Shaping. (2011) [žiūrēta 2019-05-30] Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/ieeprojects/files/projects/documents/re-shaping_more_renewable_energy_at_lower_cost_en.pdf

27. SCHRÖDER, A.; KUNZ, F.; MEISS, J.; MENDELEVITCH, R. AND VON HIRSCHHAUSEN, C. (2013): Current and Prospective Costs of Electricity Generation until 2050. 2013 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.424566.de/diw_datadoc_2013-068.pdf.
28. Vestas V90. 2 MW. [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/16-vestas-v90>
29. EWT direct wind 54-250 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/1538-ewt-dw-54-250>
30. Danish Energy Agency. Technology Data for Energy Plants for Electricity and District heating generation. 2016 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_catalogue_for_el_and_dh_-_0001.pdf?fbclid=IwAR2qzoeGORX3pz8ecmRJUPZNdnXQc_qfRHMDIMIGVakPhky_SEQZ69E7S9E
31. MARČIUKAITIS M., ERLICKYTĖ-MARČIUKAITIENĖ R., TUMOSA A. Vėjo greičio kitimo dėsniumų Lietuvos pajūrio regione tyrimas. Energetika. 2009. T. 55. Nr. 1. P. 27–34 LEI, Kaunas [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <http://mokslozurnalai.lmaleidykla.lt/publ/0235-7208/2009/1/27-34.pdf>
32. Full Load Hours. Danish Energy Agency [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: http://www.energy.kth.se/compedu/webcompedu/SELECT-CD/S9_Renewable_Energy/B2_Wind_Energy/C8_Introduction_to_Onshore_Wind_Power/ID130main_slides_files/Full_Load_Hours.htm
33. Danish Energy Agency. Technology Data for Energy Plants for Electricity and District heating generation. 2016 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_catalogue_for_el_and_dh_-_0001.pdf?fbclid=IwAR2qzoeGORX3pz8ecmRJUPZNdnXQc_qfRHMDIMIGVakPhky_SEQZ69E7S9E
34. How does wind farm performance decline with age? Imperial College Business School, Imperial College London. 2013 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148113005727>
35. Oficialios statistikos portalas. Kainų pokyčiai, apskaičiuoti pagal suderintą vartotojų kainų indeksą 2019 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/naujienos?articleId=6290305>

36. Danų energetikos agentūra. Finding your cheapest way to a low carbon future. 20 psl. [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/contents/material/file/vejledning_lcoe_calculator.pdf
37. VKEKK. WACC SKAIČIAVIMO DUOMENYS. 2018. [žiūrėta 2019-05-30] Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/elektra/Puslapiai/licencijos%20ir%20leidimai/wacc-skaiciavimo-duomenys.aspx>
38. Lietuvos Bankas. Paskolų palūkanų normos 2018 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://www.lb.lt/lt/paskolu-palukanu-normos>
39. VKEKK. Atsinaujinantys ištekliai. Tarifai. 2019 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: https://www.regula.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/tarifai.aspx?fbclid=IwAR2fE5k_Zt1MmyNjC5ZB_urtke8N8xgNRgLpHVM65Lk09tgLnhP7ehcWLVY. Legal sources on renewable energy. 2019. http://www.res-legal.eu/search-by-country/sweden/single/s/res-e/t/promotion/aid/tax-regulation-mechanisms-ii-energy-tax-reduction/lastp/199/?fbclid=IwAR2eHO1W_fzuqncZ8ts-Tdn6EUQNqsdIxzbG1_NpQpEW5vkPzAofYKJLt4
40. Levelized Levelized Cost of Energy Cost of Energy Calculation Calculation. Methodology and Sensitivity [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: http://csep.efchina.org/report/20112844913435.70772110666485.pdf/Levelized%20Cost%20of%20Energy%20Calculation_BV_EN.pdf.
41. VKEKK. Nustatyta prognozuojama elektros energijos rinkos kaina 2019 metams. 2018 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2018-metai/2018-spalis/2018-10-15/nustatyta-prognozuojama-elektros-energijos-rinkos-kaina-2019-metams-.aspx>.
42. Economics. Wind energy is the cheapest source of electricity generation 2019 [žiūrėta 2019-05-30]. Prieiga per internetą: <https://windeurope.org/policy/topics/economics/>