



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo Europos Sąjungos šalyse vertinimas

Baigiamasis magistro projektas

Martynas Dainys

Projekto autorius

Prof. Gražina Startienė

Vadovė

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo Europos Sjungos šalyse vertinimas

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

Martynas Dainys

Projekto autorius

Prof. Gražina Startienė

Vadovė

Vyr. lekt. Aistija Vaišnorienė

Recenzentė

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Martynas Dainys

Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo Europos Sąjungos šalyse vertinimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Martynas Dainys

Patvirtinta elektroniniu būdu

Dainys, Martynas. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo Europos Sąjungos šalyse vertinimas. Magistro baigiamasis projektas /vadovė prof. dr. Gražina Startienė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: atsinaujinanti energetika, ekonomika, indeksas, tvarumas, Europos Sąjunga.

Kaunas, 2026. 76 p.

Santrauka

Baigiamojo magistro darbo tikslas – kompleksiskai įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) plėtros poveikį Europos Sąjungos šalių ekonomikoms, sudarant ir pritaikant AEI poveikio ekonomikai indeksą (AEIPEI) 2015–2024 m. laikotarpiu. Literatūros apžvalga atskleidė, kad dauguma esamų tyrimų ir indeksų daugiausia orientuojasi į energetikos sistemų parengtį, saugumą ir reguliacinę aplinką, arba žaliosios ekonomikos vertinimą, tačiau trūksta kompleksinių vertinimų, išgryninančių būtent AEI plėtros sukuriama ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių poveikį. Darbe AEIPEI sukonstruotas iš trijų sričių (ekonominės, socialinės ir aplinkosauginės), apimančių 9 rodiklius. Rodiklių reikšmių duomenys gauti iš Pasaulio Banko, Eurostat, EurObserv'ER ir IRENA duomenų bazių. Rodiklių reikšmės normalizuotos į 0–1 intervalą ir agreguotos taikant vienodus svorius. Dėl trūkstamų 2024 m. duomenų keliems rodikliams taikyta geometrinė interpoliacija, išlaikant laiko eilučių dinamiką. Apskaičiuoti rezultatai parodė ryškius regioninius skirtumus: lyderėmis pagal AEIPEI vidurkius tapo Šiaurės šalys (Švedija, Danija, Suomija), o žemiausias pozicijas užėmė Pietų Europos šalys (ypač Graikija ir Kipras). Taikant hierarchinę klasterinę analizę (Euklido atstumas, „single linkage“, R programine įranga) ES valstybės sugrupuotos į keturis klasterius, išskiriant pažengusiųjų grupę (Švedija, Suomija, Danija ir Latvija), tarpinę grupę (Nyderlandai, Estija, Austrija) ir klasterius su vidutinėmis bei žemesnėmis AEIPEI reikšmėmis; Lietuva pateko į klasterį, artimiausią ES vidurkiui.

Dainys, Martynas. Assessment of Use of Renewable Energy Sources in European Union Countries. Master's Final Degree Project / supervisor prof. dr. Gražina Startienė; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: Renewable energy, economy, index, sustainability, European Union

Kaunas, 2026. 76 p.

Summary

The aim of this master's thesis is to comprehensively assess the impact of renewable energy development on the economies of European Union countries by developing and applying the Renewable Energy Economic Impact Index (AEIPEI) for the period 2015–2024. A literature review revealed that most existing studies and indices focus primarily on the readiness, security, and regulatory environment of energy systems, or on the assessment of the green economy; but there is a lack of comprehensive assessments that specifically highlight the economic, social, and environmental impacts of RES development. In this study, the AEIPEI was constructed from three areas (economic, social, and environmental), comprising 9 indicators. Data on indicator values were obtained from the World Bank, Eurostat, and EurObserv'ER databases. Indicator values were normalized to the 0–1 interval and aggregated using equal weights. Due to missing 2024 data, geometric interpolation was applied to several indicators, maintaining the dynamics of the time series. The calculated results revealed marked regional differences: the Nordic countries (Sweden, Denmark, Finland) ranked highest in terms of average AEIPEI scores, while Southern European countries (particularly Greece and Cyprus) ranked lowest. Using hierarchical cluster analysis (Euclidean distance, single linkage, R software), EU countries were grouped into four clusters, distinguishing a group of high performers (Sweden, Finland, Denmark, and Latvia), an intermediate group (the Netherlands, Estonia, and Austria), and clusters with average and lower AEIPEI values; Lithuania fell into the cluster closest to the EU average.

Turinys

Turinys	6
Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų sąrašas	10
Įvadas	11
1. Energijos išteklių panaudojimo Europos Sąjungoje analizė	13
1.1. Energijos išteklių naudojimo tendencijos ir pokyčiai	13
1.2. Europos Sąjungos priklausomybė nuo rusiškų dujų.....	15
1.3. Europos Sąjungos naftos ir jos produktų importas.....	17
1.4. Europos Sąjungos sprendimai dėl atsinaujinančios energetikos skatinimo	18
1.5. Atsinaujinančiosios energetikos plėtra ES šalyse.....	21
2. Atsinaujinančiosios energetikos poveikio ekonomikai teoriniai aspektai	25
2.1. Atsinaujinančiosios energetikos poveikio ekonomikai kryptys	25
2.2. Atsinaujinančiosios energetikos plėtros kliūtys	27
2.3. Atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai vertinimo metodai	28
2.4. Indeksų vaidmuo vertinant energetikos ir ekonomikos sąsajas.....	30
3. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio šalies ekonomikai įvertinimo indeksu metodologija	37
3.1. Indekso kūrimo etapai	37
3.2. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio šalies ekonomikai indekso konstravimas.....	38
3.3. Klasterinė analizė	44
4. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių panaudojimo poveikio ES šalių ekonomikoms vertinimo indeksu rezultatai	45
4.1. AEIPEI ekonominio poveikio subindeksas	45
4.2. AEIPEI socialinio poveikio subindeksas	47
4.3. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindeksas	49
4.4. AEIPEI indekso 2015-2024 m. nustatymas.....	52
Išvados	60
Literatūros sąrašas	61
Priedai	66
1 priedas. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso rodiklis – 2015-2024 m. ES valstybių valdysenos indeksas (WGI) išreikštas skalėje nuo 0 iki 1.....	66
2 priedas. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso rodiklis – 2015-2024 m. ES valstybių pajamos iš AEI sektoriaus išreikštos skalėje nuo 0 iki 1	67
3 priedas. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso rodiklis – 2015-2024 m. ES valstybių eksportas AEI sektoriuje išreikštas skalėje nuo 0 iki 1.....	68
4 priedas. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso rodiklis – 2015-2024 m. ES valstybių išduotų patentų susijusių su AEI technologijomis 1 gyventojui rodiklis išreikštas skalėje nuo 0 iki 1.....	69
5 priedas. AEIPEI socialinio poveikio subindekso rodiklis 2015-2024 m. ES valstybių užimtumo AEI sektoriuje rodiklių vertės išreikštos skalėje nuo 0 iki 1.	70
6 priedas. AEIPEI socialinio poveikio subindekso rodiklis – gyventojų, negalinčių tinkamai šildyti būsto, dalis ES šalyse 2015–2024 m. skalėje nuo 0 iki 1.....	71

7 priedas. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindekso rodiklis – CO ₂ emisijų dalis 1 gyventojui ES šalyse 2015–2024 m. skalėje nuo 0 iki 1.....	72
8 priedas. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindekso rodiklis – atsinaujinančiosios energijos dalis galutiniame energijos balanse ES šalyse 2015–2024 m. skalėje nuo 0 iki 1.....	73
9 priedas. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindekso rodiklis – atsinaujinančiosios energijos dalis galutiniame transporto energijos balanse ES šalyse 2015–2024 m. skalėje nuo 0 iki 1.....	74
10 priedas ES valstybių 2015-2024 m. ETI ir AEIPEI vidutinių reikšmių reitingas tarp visų ES narių	75
11 priedas. 2015-2024 m. laikotarpio ES AEIPEI ir ETI vidurkio reikšmės	76

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Pagrindinės klimato kaitos mažinimo bei energetinio saugumo didinimo programos (sudaryta autoriaus [59, 56]).....	21
2 lentelė. Pagrindiniai AEI poveikio ekonomikai vertinimo metodai [sudaryta autoriaus, remiantis 49,50,52].....	29
3 lentelė. TEVI indekso kūrimui naudoti rodikliai (parengta autoriaus remiantis Iddrisu ir Bhattacharyya, 2015 [42]).....	32
4 lentelė. Rodikliai naudojami analizuoti ekonominę ir aplinkosauginę gerovę [39].....	35
5 lentelė. Pasirinktų AEI rodiklių panaudojimas moksliniuose šaltiniuose ir indeksuose.....	39
6 lentelė. AEIPE indekso ekonominio poveikio subindeksą apibūdinantys rodikliai	42
7 lentelė. AEIPE indekso socialinio poveikio subindeksą apibūdinantys rodikliai	43
8 lentelė. AEIPE indekso aplinkosaugos poveikio subindeksą apibūdinantys rodikliai.....	43
9 lentelė. 2015-2024 m. ES valstybių AEIPE indekso ekonomikos srities poveikio subindekso vertės (skalėje nuo 0 iki 1)	45
10 lentelė. 2015-2024 m. ES valstybių AEIPE indekso socialinės srities poveikio subindekso vertės (skalėje nuo 0 iki 1)	48
11 lentelė. 2015-2024 m. ES valstybių AEIPEI indekso aplinkosauginės srities poveikio subindekso vertės (skalėje nuo 0 iki 1).....	50
12 lentelė. AEIPE indekso reikšmės 2015-2024 m.....	52
13 lentelė. Vidutinės klasteriams priskirtų šalių AEIPEI ir ETI reikšmės 2015-2024 m. laikotarpiu	59

Paveikslų sąrašas

1 pav. Energijos išteklių naudojimo eros (sudaryta autoriaus remiantis Encyclopédie de l'énergie, 2024 [10])	13
2 pav. ES energijos balansas 2010-2024 (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2026 [22])	14
3 pav. Importuojamos energijos rūšys ES 2010-2024 m. (parengta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis [24])	15
4 pav. ES gamtinių dujų importas iš pagrindinių importo partnerių 2010-2024 m. (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2026 [21])	16
5 pav. ES suskystintų gamtinių dujų importas iš pagrindinių importo partnerių 2010-2024 m. (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2026 [21]).....	17
6 pav. ES naftos ir jos produktų importas iš pagrindinių importo partnerių 2010-2024 m. (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2026 [26]).....	18
7 pav. Europos žaliojo kurso pagrindiniai tikslai susiję su AEI plėtra (parengta autoriaus remiantis Europos Vadovų Taryba ir Europos Sąjungos Taryba, 2024 [7])	20
8 pav. Pagrindiniai ES susitarimai dėl AEI panaudojimo skatinimo (parengta autoriaus remiantis Europos Vadovų Taryba ir Europos Sąjungos Taryba, 2024 [7])	21
9 pav. ES gaminamos energijos iš AEI pasiskirstymas pagal energijos rūšis 2024 m. ir 2010 m. (parengta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2024 [60, 61]).....	22
10 pav. Elektros energijos generacija iš AEI ES šalyse 2010-2024 m., TWh (parengta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2024).....	22
11 pav. ES valstybių galutinio energijos suvartojimo dalis, pagaminta iš AEI 2010 m. ir 2024 m., proc. (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2024 [31]).....	23
12 pav. ETI indekso supaprastinta struktūra. Sudaryta autoriaus remiantis ETI indekso struktūra [40]	30
13 pav. Dažniausiai vertinami rodikliai mokslinėje literatūroje vertinant žaliosios energetikos plėtrą (sudaryta autoriaus remiantis Roko Alekno ir Eglės Kazlauskienės straipsniu, 2020 [20]).....	36
14 pav. Indekso skaičiavimo etapai [53].....	37
15 pav. AEI poveikio ekonomikai indekso struktūra.....	41
16 pav. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso reikšmių dinamika pasirinktose šalyse 2015-2024 m.	46
17 pav. AEIPEI socialinio poveikio subindekso reikšmės dinamika pasirinktose šalyse 2015-2024 m.	49
18 pav. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindekso reikšmės dinamika pasirinktose šalyse 2015-2024 m.	51
19 pav. Vidutinė AEIPE indekso reikšmė Europos Sąjungos šalyse 2015–2024 m.....	53
20 pav. ES šalių hierarchinė klasterinė struktūra pagal AEIPE indekso reikšmes 2015-2024 m.	54
21 pav. ES valstybių klasterių struktūra dvimatėje erdvėje	55
22 pav. Geografinis AEIPE indekso klasterių išsidėstymas	56
23 pav. ES šalių išsidėstymas pagal AEIPE ir ETI indeksų įvėčius 2015-2024 m.	58

Santrumpų sąrašas

AEI – atsinaujinantys elektros ištekliai;

ES – Europos Sąjunga;

SGD – suskystintos gamtinės dujos;

BVP – bendrasis vidaus produktas;

ETI – energetikos transformacijos indeksas (angl. *Energy Transition Index*);

TEVI - tvaraus energetikos vystymo indeksas (angl. *Sustainable Energy Development Index*);

ŽEI – žaliosios ekonomikos indeksas (angl. *Green Economy Index*);

ŽII – žaliosios inovacijos indeksas (angl. *Green Innovation Index*);

ŽAI – žaliojo augimo indeksas (angl. *Green Growth Index*);

AEIPEI – atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai indeksas;

AEIPE - atsinaujinančių energijos išteklių poveikis ekonomikai;

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;

Įvadas

Temos aktualumas. Energija yra vienas iš pagrindinių variklių visuomenės plėtrai ir gerovei. Energijos pakankamumas yra svarbus elementas ekonomikos augimui. Energijos trūkumas arba nestabilumas gali sukelti ekonominį nuosmukį: įmonės gali susidurti su didėjančiomis gamybos sąnaudomis, o gyventojai gali patirti didelius energijos sąskaitų padidėjimus, kurie veikia jų perkamąją galią. Efektyvus energijos tiekimas ir naudojimas yra esminis ekonominio stabilumo ir augimo elementas.

Energetika yra labai svarbi vertinant geopolitiniu požiūriu. Valstybės, kurios labai priklauso nuo importuojamų energijos šaltinių, yra pažeidžiamos dėl tiekimo sutrikimų, geopolitinės įtampos ar kainų svyravimų. Apskritai energetika yra esminis geopolitinės strategijos elementas, nes ji susijusi su nacionaliniu saugumu, ekonominiu stabilumu, politine įtaka ir aplinkosaugos politika. Šalys, kurios veiksmingai valdo savo energijos išteklius, gali sustiprinti savo geopolitinę padėtį ir sumažinti riziką, susijusią su pažeidžiamumu energetikos srityje.

Be energetinio saugumo, atsinaujinančiųjų energijos išteklių plėtra (toliau – AEI) daro reikšmingą įtaką šalių ekonomikai – skatina investicijas, technologinę pažangą, eksporto augimą ir naujų darbo vietų kūrimą. Tačiau šie poveikiai ES šalyse pasireiškia nevienodai: kai kurios valstybės jau pasiekė ar viršijo ES nustatytus atsinaujinančiosios energetikos tikslus, o kitos atsilieka dėl institucinės aplinkos, infrastruktūros ar socialinių veiksnių. Šie skirtumai didina regioninę nelygybę ir kelia papildomų iššūkių bendros energetikos politikos įgyvendinimui.

Mokslinėje literatūroje plačiai analizuojama atsinaujinančiųjų energijos išteklių (AEI) plėtra Europos Sąjungos šalyse, tačiau dauguma tyrimų pasižymi fragmentišku požiūriu. Dažniausiai nagrinėjami tik atskiri AEI poveikio aspektai – bendrojo vidaus produkto augimas, CO₂ emisijų mažėjimas arba užimtumas, apsiribojant pavienėmis valstybėmis ar siaurais laikotarpiais. Dalis autorių analizuoja tik tam tikras šalių grupes (pavyzdžiui, naujasias ar senąsias ES nares) arba neįtraukia socialinių ir institucinės aplinkos veiksnių, kurie yra itin svarbūs vertinant AEI plėtros tvarumą. Be to, literatūroje analizuojami „žaliosios energetikos“ indeksai ne iki galo atskleidžia būtent AEI poveikį šalių ekonomikoms. Tokie indeksai dažnai apima ne tik atsinaujinančiųjų energijos išteklių plėtros rodiklius, bet ir bendresnius socialinius, ekonominius ar institucinės aplinkos aspektus, pavyzdžiui, švietimo lygį, gyvenimo kokybę, inovacijų indeksus ar valdymo kokybės rodiklius. Dėl didelio rodiklių skaičiaus ir skirtingo jų pobūdžio tokie indeksai neretai tampa artimi bendrojo išsivystymo rodikliams, panašiems į Žmogaus raidos indeksą (angl. *Human Development Index – HDI*), kai nebelieka galimybės tiksliai identifikuoti konkrečios energetikos transformacijos indėlio. Dėl to kyla mokslinė problema – kaip sukurti vertinimo metodiką, kuri leistų kompleksiskai, tačiau pakankamai tiksliai įvertinti būtent atsinaujinančiųjų energijos išteklių plėtros poveikį valstybių ekonomikoms, neperkeliant analizės į per daug apibendrintą tvarumo ar socialinės raidos lygmenį. Tai ypač svarbu atliekant Europos Sąjungos šalių tarpusavio palyginimus, kuriuose struktūriniai ekonomikos, socialinės politikos ir demografiniai skirtumai gali reikšmingai iškraipyti AEI plėtros rezultatų interpretaciją.

Darbo tikslas – kompleksiskai įvertinti atsinaujinančiųjų energijos išteklių plėtros poveikį Europos Sąjungos šalių ekonomikoms, sudarant ir pritaikant AEI poveikio ekonomikai indeksą 2015–2024 m. laikotarpiu.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti Europos Sąjungos energijos išteklių naudojimo tendencijas ir pokyčius;
2. Išskirti pagrindines atsinaujinančiosios energetikos panaudojimo poveikio šalių ekonomikoms kryptis;
3. Sudaryti AEI plėtros poveikio šalių ekonomikoms indeksu paremtą tyrimo metodiką;
4. Empiriškai pritaikyti AEI plėtros poveikio šalių ekonomikoms indeksą, apskaičiuojant jo reikšmes ES šalių atveju.
5. Atlikti ES valstybių vertinimą pagal AEI poveikio ekonomikai indekso rezultatus, interpretuoti gautus skirtumus bei atlikti klasterinę analizę

Tyrimo metodai:

Sisteminė literatūros analizė, atsinaujinančiosios energijos išteklių poveikio ekonomikai indekso sudarymas, gautų tyrimo rezultatų analizė, klasterizavimas naudojant programinę įrangą R.

1. Energijos išteklių panaudojimo Europos Sąjungoje analizė

Klimato kaitos mažinimo iniciatyvos yra būtinos siekiant sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir užkirsti kelią tolesniam globaliam atšilimui. Šios iniciatyvos padeda pereiti prie švaresnių energijos šaltinių, efektyviau naudoti išteklius ir skatinti tvarią ekonomiką. Be to, jos padeda apsaugoti biologinę įvairovę, mažina oro taršą ir gerina visuomenės sveikatą. Tarptautiniai susitarimai ir nacionalinės politikos priemonės yra būtinos norint užtikrinti koordinuotą ir veiksmingą atsaką į klimato kaitą visame pasaulyje.

Visame pasaulyje vyksta pokyčiai, siekiant pereiti prie švaresnių energijos šaltinių – atsinaujinančiųjų energijos išteklių (AEI). Vietoj tradicinio iškastinio kuro naudojimo siekiama pereiti prie elektros energijos iš AEI įvairiuose sektoriuose, tokiuose kaip transportas, šildymas, pramonė ir kt. Šis perėjimas prie didesnio AEI naudojimo yra esminis žingsnis siekiant tvaresnės ateities.

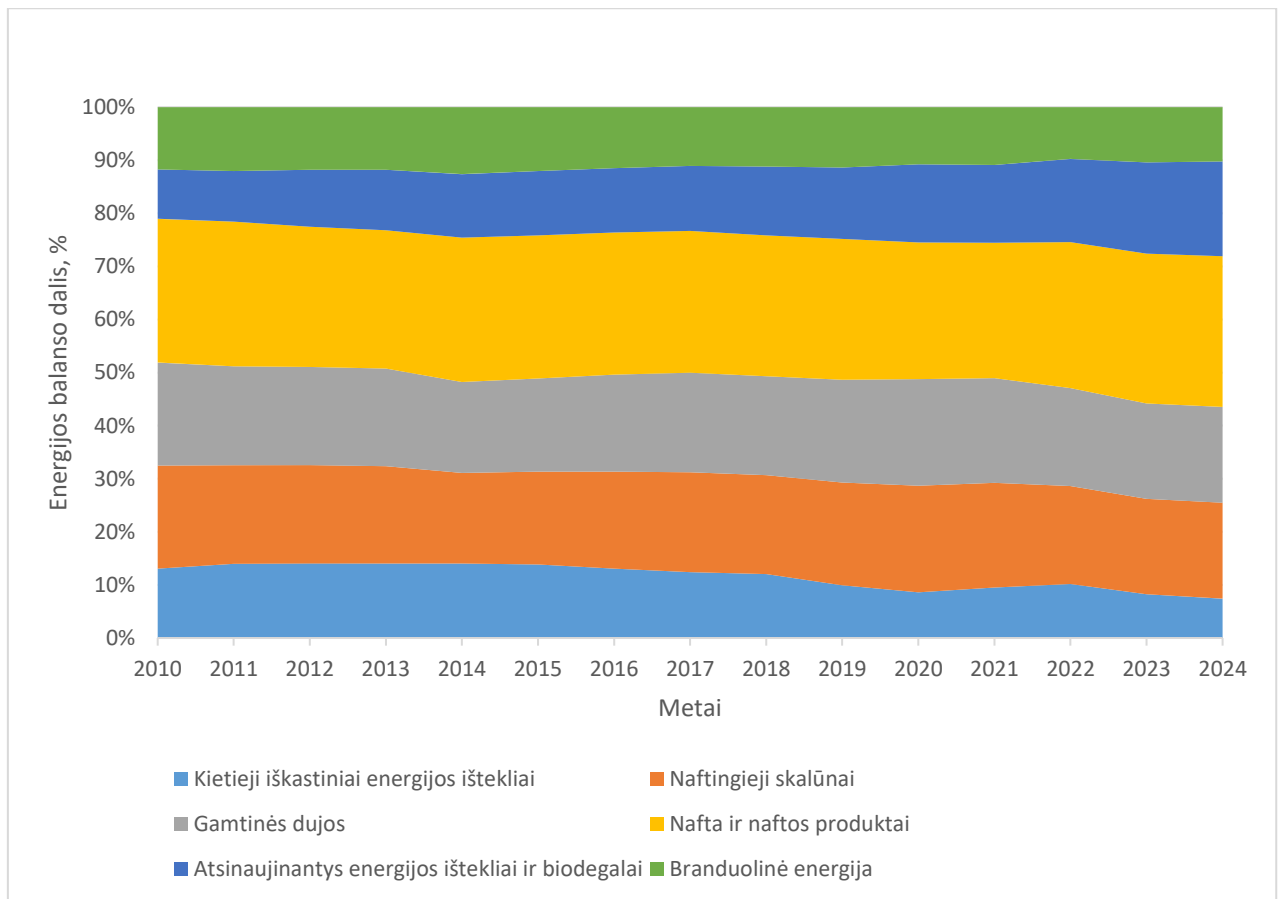
1.1. Energijos išteklių naudojimo tendencijos ir pokyčiai

Istoriškai, dėl ekonomikos augimo, socialinių pokyčių, mokslo pažangos energijos poreikis tolygiai auga. Zou Caineng ir kt., straipsnyje [2] išskiriami keturi pagrindiniai energijos išteklių panaudojimo etapai, kurie atskleidžia energijos raidos tendencijas (žr. 1 pav.). Pirmasis etapas – medienos deginimo era, trukusi iki industrinės revoliucijos ištakų. Jai pasibaigus, XVIII a. pabaigoje išryškėjo anglies deginimo laikotarpis, tapęs svarbiausiu energijos šaltiniu ankstyvajai pramonei. XIX a. pab. prasidėjo trečiasis etapas, kai imta intensyviai naudoti dujas, naftą, branduolinę energiją ir hidroenergiją, kurios ilgą laiką dominavo pasaulinėje energetikos sistemoje. Šiuo metu vis sparčiau įsitvirtina ketvirtasis etapas – atsinaujinančios energijos era, žyminti šiuolaikinės energetikos transformaciją ir orientaciją į tvarų vystymąsi.



1 pav. Energijos išteklių naudojimo eros (sudaryta autoriaus remiantis Encyclopédie de l'énergie, 2024 [10])

Atsižvelgiant į ilgalaikes energijos išteklių naudojimo tendencijas, aktualu įvertinti ir šiuolaikinę Europos Sąjungos energijos struktūrą. 2010–2024 m. laikotarpiu ES energijos poreikis daugiausia buvo tenkinamas naftos ir naftos produktų bei gamtinių dujų sąskaita, kurie sudarė didžiausią bendrą pirminės energijos dalį. Anglies ir kitų kietųjų iškastinių energijos išteklių reikšmė šiame laikotarpyje nuosekliai mažėjo, atspindėdama tiek klimato politikos įtaką, tiek rinkos pokyčius. Tuo tarpu atsinaujinantys energijos ištekliai ir biodegalai sudarė vis didesnę dalį ir tapo vienu sparčiausiai augančių šaltinių, o branduolinė energija išliko santykinai stabili ES energijos balanso dalis. Šios struktūrinės energijos sudėties kaitos tendencijos yra svarbios siekiant suprasti vėlesniame skyriuje aptariamą ES priklausomybę nuo rusiškų dujų raidą, energetinio saugumo iššūkius bei ilgalaikį perėjimą prie mažiau taršios ir labiau diversifikuotos energijos sistemos.

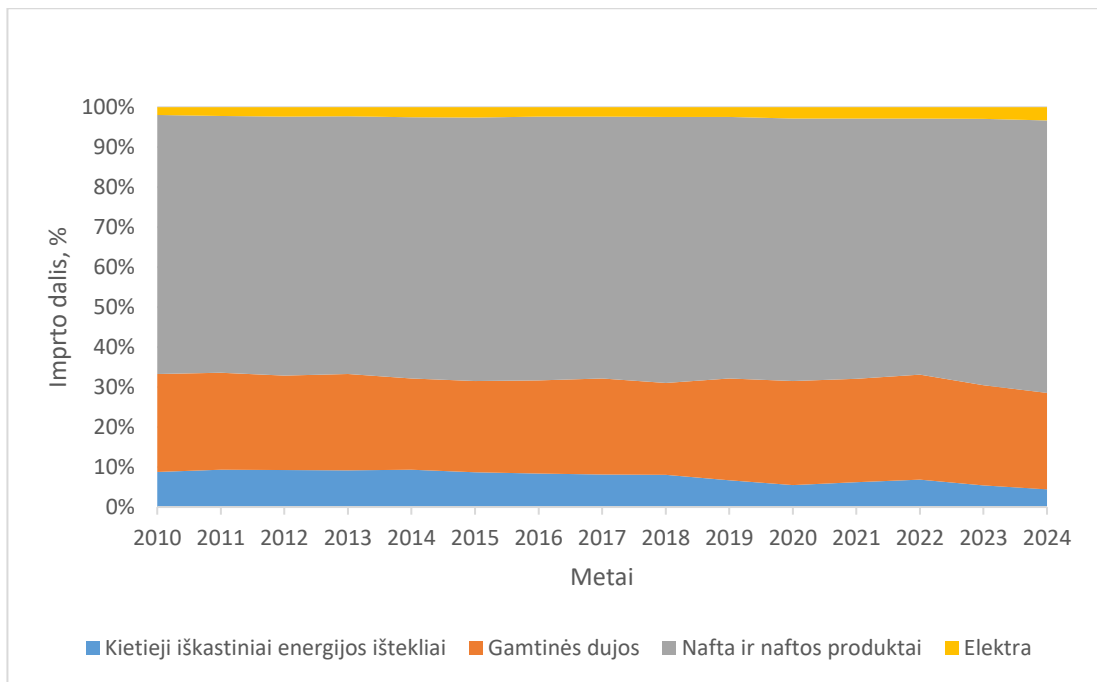


2 pav. ES energijos balansas 2010-2024 (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2026 [22])

2 paveiksle pateiktame ES energijos balanso grafike matoma ne tik atskirų energijos šaltinių dalis, bet ir jų tarpusavio proporcijų kaita, parodanti struktūrinius pokyčius bendrame energijos tiekime. Visų pirma, grafike išryškėja laipsniškas energijos šaltinių „susisluoksniavimas“, rodantis, kad kai kurios kategorijos per visą laikotarpį išlaikė gana stabilų plotį (pvz., branduolinė energija), tuo tarpu kitų dalis keitėsi dinamiškiau. Daugelyje metų matomas naftos ir naftos produktų dominavimas, jos santykinė reikšmė nuo 2010 m. užima 25-28% ES energijos balanso dalyje.

Gamtinių dujų juosta grafike išlieka stabiliai tolygi visu laikotarpiu. Kietųjų iškastinių degalų dalis sumažėjo, tuo pat metu atsinaujinantys energijos ištekliai ir biodegalai užima vis didesnę dalį. Atsinaujinantys energijos ištekliai ir biodegalai 2010 m. sudarė vos 9% visame energijos balanse, o 2024 m. – 18%. Tai rodo, kad ši energijos šaltinių grupė įgauna didesnę reikšmę bendrame energijos balanse.

Siekiant patenkinti energijos poreikį ES didelę dalį energijos importuoja iš kitų valstybių. Eurostat duomenimis 2023 m. Europos Sąjunga pasigamino apie 42% jai reikalingos energijos, o likusius 58% importavo [23]. Ši priklausomybė nėra vienodai pasiskirsčiusi tarp skirtingų energijos išteklių — kai kurių jų vidaus gamyba yra minimali, todėl jų importo mastai ypač dideli. 3 paveikslas atskleidžia, kokių energijos rūšių ES importuoja daugiausia ir kaip kito jų struktūra nagrinėjamu laikotarpiu.



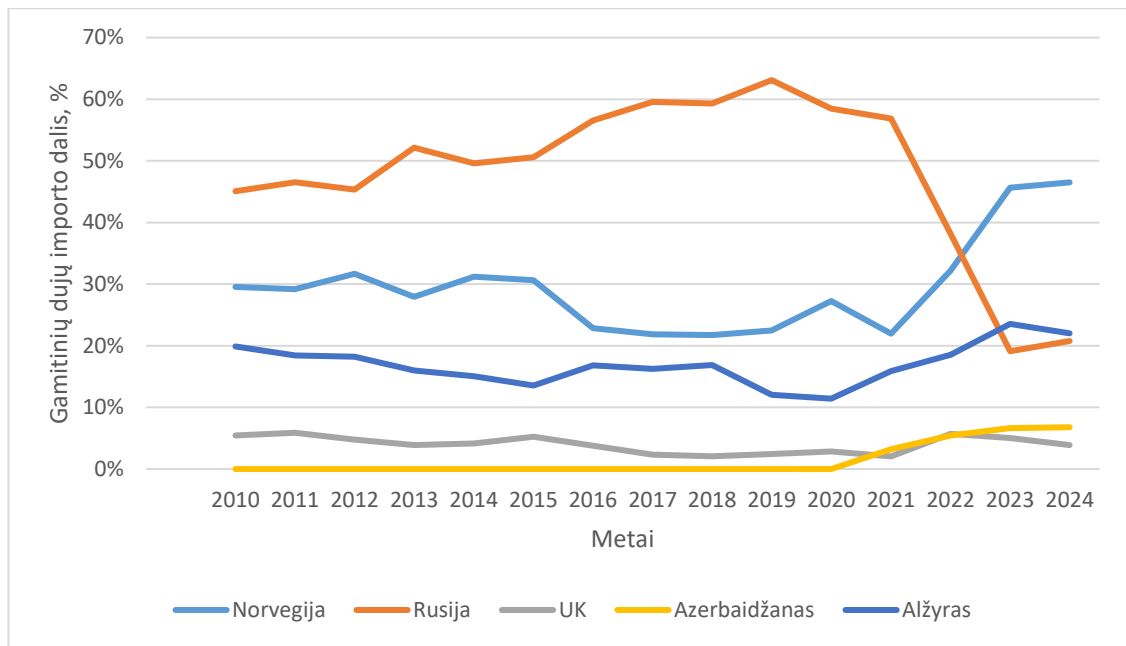
3 pav. Importuojamos energijos rūšys ES 2010-2024 m. (parengta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis [24])

Didžiausią dalį visą laikotarpį sudaro nafta ir naftos produktai (vidutiniškai apie 65 proc.), o gamtinės dujos išlieka antra pagal svarbą kategorija. Kietųjų iškastinių išteklių (anglis, lignitas ir kt.) dalis ilgainiui mažėja, o atsinaujinantys energijos ištekliai ir biodegalai, šiluma, durpės ir neatsinaujinančios atliekos sudaro tik nedidelę importo dalį, todėl į grafiką nebuvo įtraukti. Po 2022 m. matomi dujų dalies svyravimai, 2023–2024 m. ji vėl mažėja, o naftos dalis iš esmės išlieka dominuojanti. Pavaizduotos procentinės dalys (sumuojasi iki 100 % kiekvienais metais), todėl grafikas atskleidžia ne absoliučius kiekius, o importuojamų energetinių išteklių sudėties pokyčius.

1.2. Europos Sąjungos priklausomybė nuo rusiškų dujų

Praėjusio amžiaus viduryje, Sovietų Sąjungoje vyko sparti dujų pramonės plėtra. Šeštajame dešimtmetyje buvo atrasta daug dujų europinėse Rusijos dalyse. Dar vėliau buvo atrasti milžiniški dujų telkiniai Vakarų Sibire. 1958 m. sovietų nutarimu gamtinių dujų gavybai buvo suteiktas prioritetas, nes buvo pripažinta, kad žvalgant naftą aptikta milžiniškų dujų atsargų [4]. Kadangi tuo metu Vakarų Europos energijos poreikiai augo, buvo aišku, jog būsima paklausa nebus patenkinta. Didelio masto dujų eksportas į Europą prasidėjo 1967 m. nutiesus dujotiekį į Čekoslovakiją, o 1968 m. – į Austriją. XX a. devintojo dešimtmečio pradžioje dėl naujų dujotiekio planų eksportuoti dujas į Vakarų Europą protestavo JAV, kurios dujotiekį laikė grėsme Europos saugumui. Tačiau Europos vadovai šiuos nuogaštavimus atmetė, nurodydami alternatyvų tiekimą iš Norvegijos dujų telkinių [4].

1991 m. žlugus Sovietų Sąjungai, Rusija paveldėjo ir išplėtė esamą dujų infrastruktūrą. Iki 2006 m. Rusija tiekė 41 % ES importuojamų dujų, o Norvegija ir Alžyras – atitinkamai 21 % ir 18 %. Geopolitinis Rusijos dujų tiekimo stabilumas ir sudarytos ilgalaikės sutartys dar labiau sustiprino Europos priklausomybę [4].



4 pav. ES gamtinių dujų importas iš pagrindinių importo partnerių 2010-2024 m. (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2026 [21])

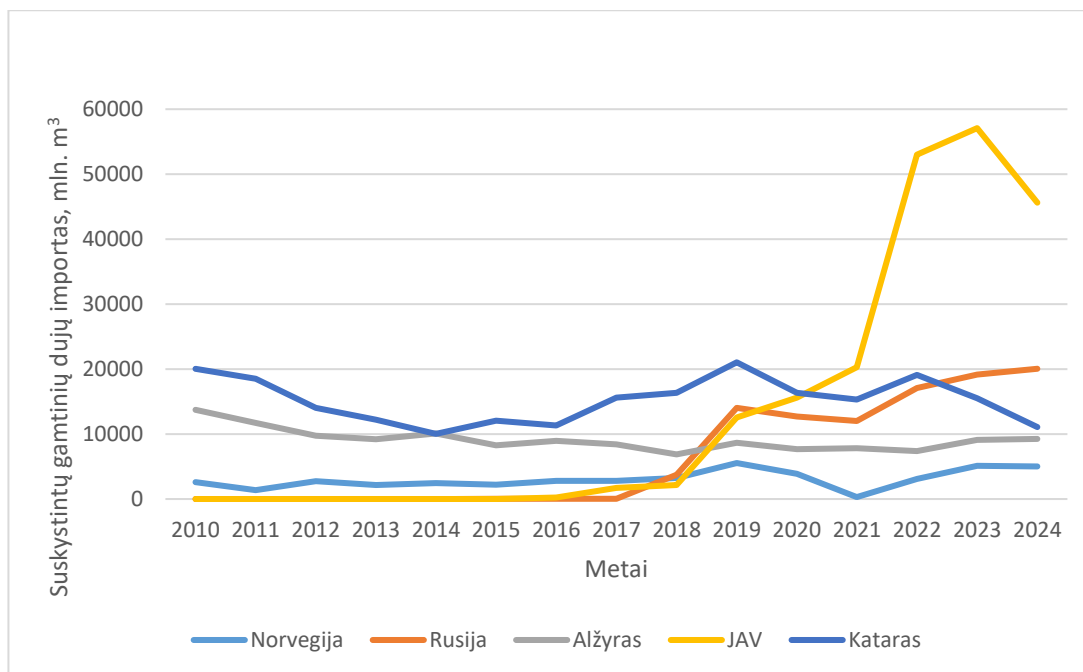
Europos dujų gavyba didžiausia buvo 10 dešimtmečio pabaigoje, po to – ėmė mažėti. Dėl didėjančio atotrūkio tarp mažėjančios gavybos ir didėjančio suvartojimo buvo būtina gerokai padidinti dujų importą. 4 paveiksle pateiktame grafike vaizduojamas Europos Sąjungos gamtinių dujų (dujinio pavidalo) importas iš pagrindinių importo partnerių. Grafike matome dujų importo kiekio pokyčius. Pastebima, kad 2010-2019 metais gamtinių dujų importas iš Rusijos augo, o iš kitų partnerių nežymiai smuko. Šie duomenys patvirtina Soderbergh Bengt ir kt. mintį, jog rusiškų gamtinių dujų importas yra svarbus norint patenkinti augančius ES gamtinių dujų poreikius [4]. Pastaruoju metu matomas rusiškų dujų importo nuosmukis yra susijęs su geopolitiniais įvykiais ir sankcijomis Rusijai.

Aptarus 4 paveiksle pavaizduotus dujinio pavidalo gamtinių dujų importo pokyčius ir išryškėjusias struktūrines tendencijas būtina pereiti prie kito itin svarbaus ES dujų tiekimo komponento, kuris pastaraisiais metais tapo kritiškas. Tai yra suskystintos gamtinės dujos (SGD). Būtent SGD suteikė Europos Sąjungai galimybę importuoti dujas iš JAV ir taip kompensuoti dujų importą tradiciniais dujotiekiais.

Šį virsmą aiškiai atskleidžia 5 paveikslas (žr. žemiau), kuriame pateikiami ES suskystintų gamtinių dujų (SGD) importo srautai iš pagrindinių tiekėjų 2010–2024 m. laikotarpiu. Skirtingai nei 4 paveiksle matomame dujotiekio dujų balanse, SGD importo dinamika pasižymi ryškiais šuoliais, kurie atspindi tiek globalios SGD rinkos kaitą, tiek ES strateginį poreikį diversifikuoti dujų tiekimo šaltinius.

Po 2022 m. invazijos į Ukrainą ES greitai sumažino vamzdyninių rusiškų dujų srautus, tačiau SGD nebuvo teisiškai uždraustos, todėl valstybės narės toliau pirkė rusišką SGD ir netgi laikinai padidino jos importą. High North News pažymi, kad 2025 m. ES išlaidos rusiškai SGD išliko reikšmingos, nes pirkėjai „maksimizavo“ krovinius prieš planuojamą uždraudimą nuo 2027 m., taip išnaudodami dar galiojančias ilgalaikes sutartis ir teisinius langus, o logistikoje padėjo ES terminalai, kurie vykdė ir perkrovimo operacijas (angl. *transshipment*) į trečiąsias rinkas [27]. Šią dinamiką patvirtina ir kiti šaltiniai: 2023 m. ES importavo beveik pusę visos Rusijos SGD eksportų, o pagrindiniai

importuotojai buvo Belgija, Ispanija ir Prancūzija; dalis krovinių ES terminaluose tik perkraunama ir išplaukia kitur, bet statistikoje vis tiek skaičiuojama kaip importas [28]. Taigi importo padidėjimą iš esmės nulėmė teisinis režimas (SGD nesankcionuotos), kontraktiniai išsipareigojimai ir skubėjimas užsitikrinti tiekimą (bei sandorių vertę) iki numatomo 2027 m. draudimo įsigaliojimo.



5 pav. ES suskystintų gamtinių dujų importas iš pagrindinių importo partnerių 2010–2024 m. (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2026 [21])

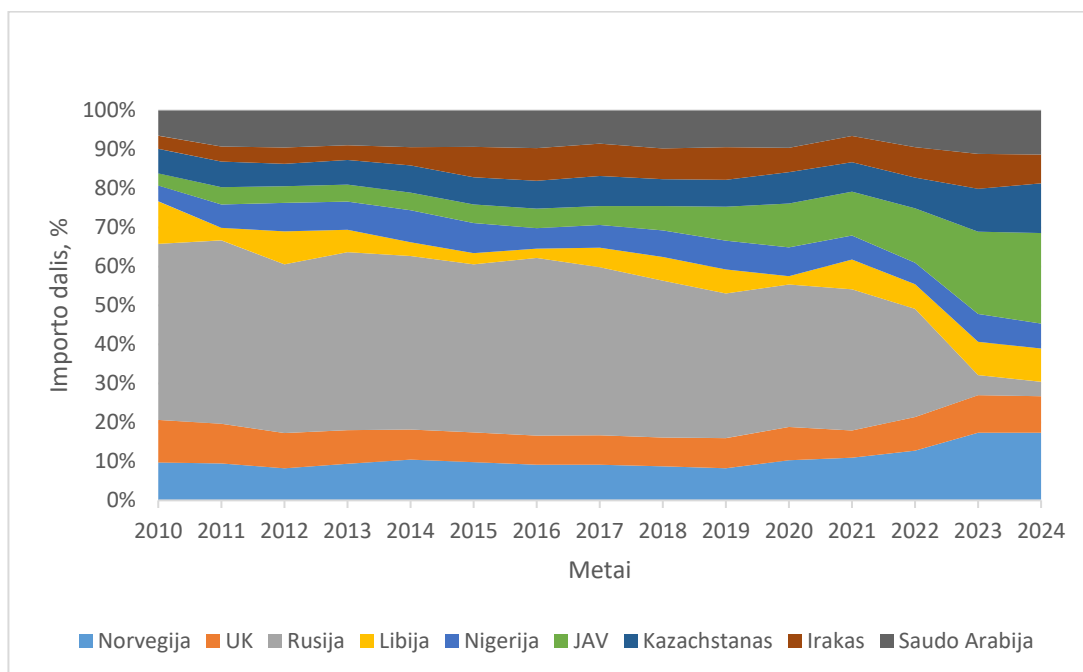
5 paveikslas vaizduoja ES suskystintų gamtinių dujų importo dinamiką pagal pagrindinius tiekėjus 2010–2024 m. Iki 2018 m. srautai buvo palyginti tolygūs: dominuoja Kataras ir Alžyras. Nuo 2019–2020 m. ryškiai išauga JAV tiekimas (staigus šuolis 2021–2022 m.), kuris faktiškai perima lyderystę, o Rusijos SGD po 2022 m. taip pat padidėja. Bendra tendencija – po 2022 m. ES suskystintų gamtinių dujų importo struktūra reikšmingai persitvarko, išaugant atkeliaujančių SGD apimtims iš JAV ir Rusijos, kai tuo tarpu anksčiau vyravę srautai iš kitų partnerių išlieka panašūs.

1.3. Europos Sąjungos naftos ir jos produktų importas

Per pastaruosius metus ES naftos importo struktūra patyrė reikšmingą pokytį – iki 2021 m. Rusija buvo pagrindinė naftos tiekėja, tačiau po 2022 m. prasidėjusios plataus masto agresijos prieš Ukrainą Europos Sąjunga sparčiai diversifikavo importą, o pagrindiniais tiekėjais tapo Jungtinės Valstijos, Norvegija ir Kazachstanas, kartu fiksuojant žymų rusiškos naftos dalies nuosmukį ES rinkoje [25].

6 paveiksle (žr. žemiau) matyti, kaip per 2010–2024 m. laikotarpį keitėsi pagrindinių ES naftos tiekėjų importo dalys. Aiškiai matoma, kad iki 2020 m. importo struktūra buvo gana stabili – Rusija absoliuti lyderė, stabilią dalį išlaiko ir Norvegija su Jungtine Karalyste. Tačiau vėlesniais metais ryškėja pokyčiai: Rusijos dalis pradeda pastebimai mažėti, o JAV ir kitos alternatyvios šalys (pvz., Kazachstanas, Norvegija) užima vis didesnę rinkos dalį.

Bendras vaizdas rodo, kad ES importo struktūra palaipsniui tapo labiau diversifikuota – mažėja priklausomybė nuo kelių dominuojančių tiekėjų. Tai iš esmės atspindi geopolitinius pokyčius ir ES pastangas mažinti energetinės krizės riziką.



6 pav. ES naftos ir jos produktų importas iš pagrindinių importo partnerių 2010-2024 m. (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2026 [26])

2026 m. sausio 26 d. ES valstybės narės priėmė Reglamentą (ES) 2026/261, kuriuo teisiškai įtvirtintas laipsniškas ir nuolatinis rusiškų dujų importo nutraukimas visoje Sąjungoje: SGD importas iš Rusijos nutraukiamas iki 2026-12-31, o vamzdyninių dujų – iki 2027-09-30 (su galimybe pratęsti iki 2027-11-01, jei grėstų privalomų saugyklų užpildymo tikslų nepasiekimas); kartu įdiegtas išankstinio leidimo (angl. *prior authorisation*) režimas ir pereinamosios taisyklės ankstesnėms sutartims, kad būtų užkirstas kelias draudimo apėjimams. Šiuo reglamentu „REPowerEU“ strategija paversta privaloma teise, galutinai užbaigiant ES priklausomybę nuo rusiškų dujų ir sustiprinant energetinį saugumą [29].

1.4. Europos Sąjungos sprendimai dėl atsinaujinančios energetikos skatinimo

Europos Sąjungos sprendimai dėl atsinaujinančios energetikos skatinimo yra labai svarbūs siekiant mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, užtikrinti energetinį saugumą ir nepriklausomybę nuo iškastinio kuro importo, skatinti ekonomikos augimą bei inovacijas ir apsaugoti aplinką. 2015 m. pradėtos įgyvendinti ES energetikos strategijos tikslas - sukurti labiau integruotą ir saugesnę Europos energijos rinką. Strategija siekiama užtikrinti, kad Europos vartotojai, įskaitant namų ūkius ir įmones, turėtų prieigą prie saugios, tvarios, konkurencingos ir įperkamos energijos. Strategijoje taip pat numatyta ES vizija Paryžiaus klimato kaitos konferencijoje [7].

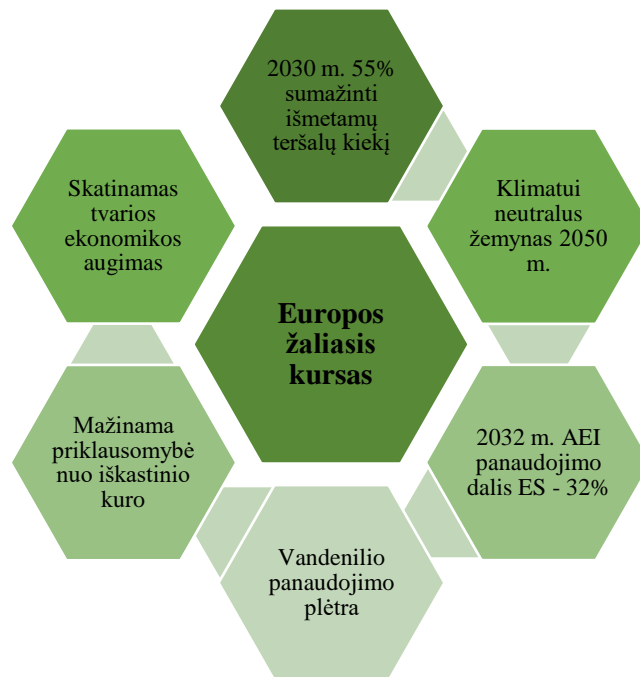
2018 m. gruodį priimta Atsinaujinančių energijos išteklių direktyva, kurios tikslas skatinti atsinaujinančiųjų energijos išteklių naudojimą Europos Sąjungoje. Direktyva yra labai svarbi teisėkūros priemonė, kuri atitinka ir remia pagrindinius Europos žaliojo kurso tikslus. Direktyvoje

nustatyta išsami sistema, kuria siekiama užtikrinti perėjimą prie tvaresnių energetikos sistemų, didinant atsinaujinančiųjų išteklių energijos dalį ES energijos rūšių derinyje. Svarbiausi tikslai:

- Europos Sąjungos valstybės narės bendrai užtikrina, kad atsinaujinančių išteklių energijos dalis bendrame galutiniame Sąjungos energijos suvartojime sudarytų ne mažiau kaip 32% 2030 m. [8]. Europos Komisijos puslapyje nurodoma, kad 2023 m. atnaujinta Atsinaujinančiosios energijos direktyva (RED III) padidino ES 2030 m. privalomą AEI tikslą nuo 32 % iki mažiausiai 42,5 % (su siekiu – 45 %) [30].
- Nacionaliniai atsinaujinančiosios energijos tikslai: Valstybės narės turi nustatyti savo nacionalinius atsinaujinančiosios energijos tikslus ir taip prisidėti prie bendro ES tikslo. Šie tikslai turi būti ryžtingi ir atspindėti konkrečios šalies atsinaujinančiosios energijos gamybos potencialą [8].
- Energijos vartojimo efektyvumas: Nors direktyvoje daugiausia dėmesio skiriama atsinaujinančiajai energijai, ji taip pat remia energijos vartojimo efektyvumo didinimą kartu su atsinaujinančiosios energijos diegimu, taip prisidedant prie bendro energijos taupymo [8].

Viena svarbiausių ES iniciatyvų yra Europos žaliasis kursas. Tai yra politikos iniciatyvų rinkinys, kuriuo siekiama padėti ES vykdyti žaliają pertvarką, o galutinis tikslas – iki 2050 m. užtikrinti poveikio klimatui neutralumą [5]. Kursas apima iniciatyvas klimato, aplinkos, energetikos, transporto, pramonės, žemės ūkio ir tvaraus finansavimo srityse – visos šios sritys yra glaudžiai tarpusavyje susijusios. Skatindamas ekologiškų technologijų inovacijas ir ekologišką finansavimą, Europos žaliasis kursas palengvina atsinaujinančiųjų išteklių energijos technologijų, kurios yra labai svarbios mažinant priklausomybę nuo iškastinio kuro ir didinant energetinį saugumą, diegimą. Technologinės pažangos skatinimas ir finansinės paramos teikimas atsinaujinančiosios energetikos projektams - tai pagrindinės žaliojo kurso strategijos, leidžiančios ES siekti savo tvarumo tikslų ir skatinti ekonomikos augimą. Šis perėjimas yra svarbus ne tik siekiant sušvelninti klimato kaitą, bet ir sukurti atsparias energetikos sistemas, kurios padėtų užtikrinti ilgalaikį aplinkos ir ekonomikos stabilumą [6]. Vienas iš artimiausių tikslų – iki 2030 m. bent 55% sumažinti ES išmetamų teršalų kiekį palyginus su 1990 m. lygiu [5].

Žaliajame kurse numatytos iniciatyvos ir strategijos yra įtvirtintos Europos Sąjungos klimato teisėje 2021 m.. Tai yra teisės aktas, kuriuo ES klimato kaitos tikslai įtvirtinami teisės aktais ir sukuriami teisinė sistema, užtikrinanti, kad šių tikslų būtų siekiama prisiimant privalomus įsipareigojimus ir taikant konkrečius stebėsenos ir vykdymo užtikrinimo mechanizmus.



7 pav. Europos žaliojo kurso pagrindiniai tikslai susiję su AEI plėtra (parengta autoriaus remiantis Europos Vadovų Taryba ir Europos Sąjungos Taryba, 2024 [7])

Dabartinė situacija energetikos sektoriuje, paastrėjusi dėl Rusijos karo Ukrainoje, parodė Europos Sąjungos šalims, jog reikia diversifikuoti energetikos sistemą ir įvairinti energijos tiekimą į ES, telkiant dėmesį į atsinaujinančius išteklius, naujų energijos šaltinių paieškas. Tapo aišku, kad ES yra priklausoma nuo Rusijos energetinių išteklių ir būtent tai yra naudojama kaip politinis ginklas prieš Sąjungos nares. ES taip pat nori toliau siekti ekologiško perėjimo kovojant su klimato krize [1].

Europos Komisija reaguodama į karo veiksmus Ukrainoje susitarė palaipsniui panaikinti Europos priklausomybę nuo rusiškų gamtinių išteklių importo. ES šalys 2023 m. pritarė, kad 2030 m. atsinaujinanti energetika sudarys 42,5% viso ES suvartojimo [1]. Siekdama didinti energetinę nepriklausomybę ir siekti tvarios energetikos tikslų Europos Sąjunga imasi iniciatyvos „REPowerEU“. Projekto tikslas mažinti ES priklausomybę nuo rusiško iškastinio kuro ir paspartinti perėjimą prie švarių energijos šaltinių taip užtikrinant atsparią energetikos sistemą [2]. Vienas iš pagrindinių iniciatyvos aspektų – pagreitintas leidimų išdavimo procesas atsinaujinančios energijos išteklius naudojančioms elektrinėms. Kadangi saulės energetika yra sparčiai tobulėjanti ir įrengimo infrastruktūros kaštai mažėja, Europos komisija iškėlė tikslą valstybėms narėms iki 2025 m. saulės energijos naujai instaliuotos galios pajėgumus Europoje padidinti 320 GW, o iki 2030 m. – 600 GW [9].

2026 m. balandį Europos Komisijos pristatyta iniciatyva *AccelerateEU* išryškino atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) plėtros svarbą kaip vieną pagrindinių instrumentų siekiant tiek energetinio saugumo, tiek ekonominio stabilumo Europos Sąjungoje. Pavyzdžiui, Europos Komisija didins paramą pramonės perėjimui prie švarios energijos, sutelkdama 100 mlrd. Eur. finansavimą. Ypatingas dėmesys *AccelerateEU* skiriamas elektrifikacijos spartinimui ir vietinės, energijos gamybos didinimui, taip sudarant prielaidas ilgalaikiam energijos kainų stabilizavimui. Be investicijų į AEI, iniciatyva akcentuoja ir socialinį aspektą – valstybėms narėms rekomenduojama taikyti tikslines ir laikinas priemones gyventojams, tokias kaip elektros energijos mokesčių ir akcizų

mažinimas pažeidžiamoms grupėms, energijos kompensacijos ar pajamų rėmimo schemos, siekiant sušvelninti aukštų energijos kainų poveikį namų ūkiams [56].



8 pav. Pagrindiniai ES susitarimai dėl AEI panaudojimo skatinimo (parengta autoriaus remiantis Europos Vadovų Taryba ir Europos Sąjungos Taryba, 2024 [7])

1 lentelėje pateiktos pagrindinės programos skirtos klimato kaitos mažinimo bei energetinio saugumo klausimams spręsti [59, 56].

1 lentelė. Pagrindinės klimato kaitos mažinimo bei energetinio saugumo didinimo programos (sudaryta autoriaus [59, 56])

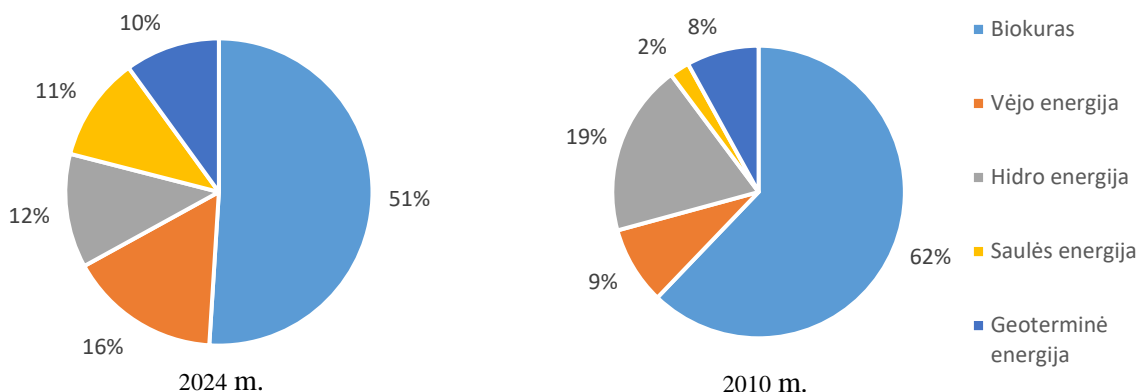
Metai	Susitarimas ir organizacija	Pagrindinis tikslas
1997	Kioto protokolas (Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencijos)	ES nuo 2008 m. iki 2012 m. sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimus 8 % (lyginant su 1990 m. kiekiu) (Skjærseth, 2021)
2015	Paryžiaus susitarimas (194 Jungtinių Tautų Bendrosios klimato kaitos konvencijos narių)	Neleisti vidutinei pasaulio temperatūrai pakilti daugiau kaip 2°C, palyginti su iki pramoninio laikotarpio lygiu. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas iki 2030 m. sumažinti 50 % (lyginant su 1990 m.) (Savaresi, 2016)
2019	ES žaliasis kursas (Europos Komisija)	Siekti, kad ES grynasis šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis būtų lygus nuliui (iki 2050 m.)
2023	„REPowerEU“	Mažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro (ypatingai rusiškų dujų). Padidinti atsinaujinančiosios energetikos dalį galutiniame energijos suvartojime.
2026	„AccelerateEU“	Sukurti energetiškai atsparesnę, labiau koordinuotą ir elektrifikuotą ES energijos sistemą, kuri mažiau reaguotų į pasaulines naftos ir dujų rinkų krizes, kartu apsaugotų vartotojus ir verslą.

Apibendrinant galima teigti, kad ES politika ir sprendimai, kuriais skatinama naudoti atsinaujinančiąją energiją, yra būtini siekiant sušvelninti klimato kaitą, padidinti energetinį saugumą ir sumažinti priklausomybę nuo importuojamo iškastinio kuro. Ši politika skatina ekonomikos augimą ir darbo vietų kūrimą, nes ja skatinama konkurencinga ekologiška ekonomika ir remiamos technologinės inovacijos. ES iniciatyvos yra itin svarbios kuriant tvarią, atsparią, vieningą Europos energetikos ateitį.

1.5. Atsinaujinančiosios energetikos plėtra ES šalyse

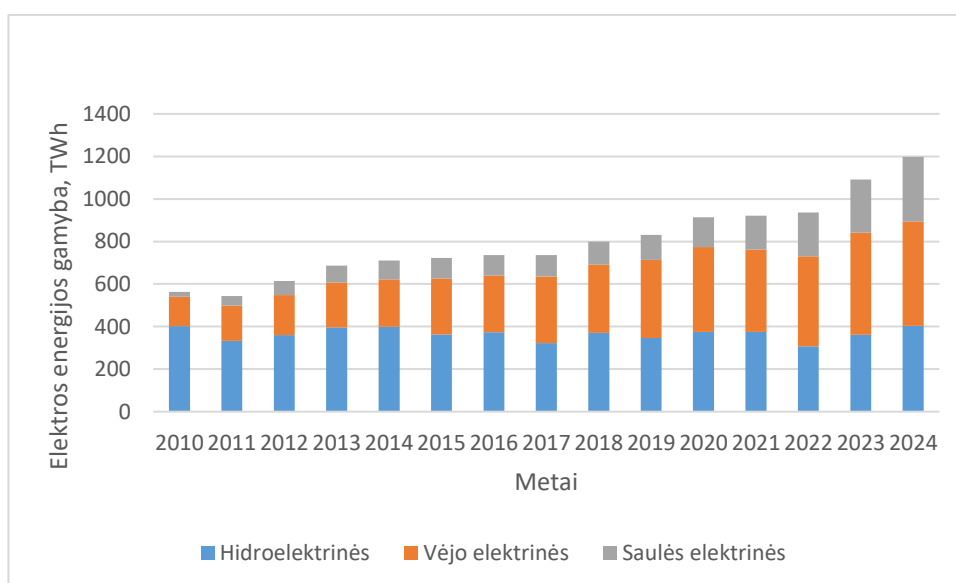
Atsinaujinančioji energetika labai svarbi dėl kelių priežasčių. Pirma, ji yra tvari alternatyva iškastiniam kurui, mažinanti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą ir švelninanti klimato kaitą. ES valstybės narės padarė didelę pažangą pereidamos prie atsinaujinančiųjų energijos šaltinių, pabrėždamos, kaip svarbu siekti tvarumo tikslų energetikos srityje. Atsinaujinančiųjų energijos šaltinių, tokių kaip saulės, vėjo, vandens plėtra yra labai svarbi siekiant užtikrinti stabilų ir tvarų energijos tiekimą ateityje. Atsinaujinanti energetika ES galutiniame energijos suvartojime užima apie

ketvirtadalį, tačiau daugiau nei pusę atsinaujinančiosios energijos dalies užima biokuras. Biokuras daugiausiai naudojamas šildymui, transporto sektoriuje, o elektros gamyboje užima santykinai nedidelę dalį – 8,5% [46].



9 pav. ES gaminamos energijos iš AEI pasiskirstymas pagal energijos rūšis 2024 m. ir 2010 m. (parengta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2024 [60, 61])

9 paveiksle pavaizduotas ES pagaminamos energijos iš AEI pasiskirstymas pagal energijos rūšis 2024 ir 2010 metais. Matyti, kad 2010 m. biokuras išsiskiria kaip dominuojantis AEI šaltinis, sudarantis net 62 % visos ES iš atsinaujinančių išteklių pagaminamos energijos. Kiti šaltiniai sudaro žymiai mažesnes dalis: vėjo energija – 9 %, hidroenergija – 19 %, saulės energija – 2 %, o geoterminė energija – 8 %. 2024 m. pasiskirstymas tapo įvairesnis: **biokuro** dalis sumažėja iki **51%**, **vėjo** energija išauga iki **16%**, **saulės** iki **11%**, **hidroenergijos** dalis sumažėja iki **11%**, o **geoterminė** nežymiai padidėja – iki **10%**. Nepaisant to, 2024 metų duomenimis **elektros** gamyboje tarp visų atsinaujinančių šaltinių didžiausią dalį užima **vėjo (38%)**, **saulės (23,4%)** bei **hidroenergija (26,4%)** [47].

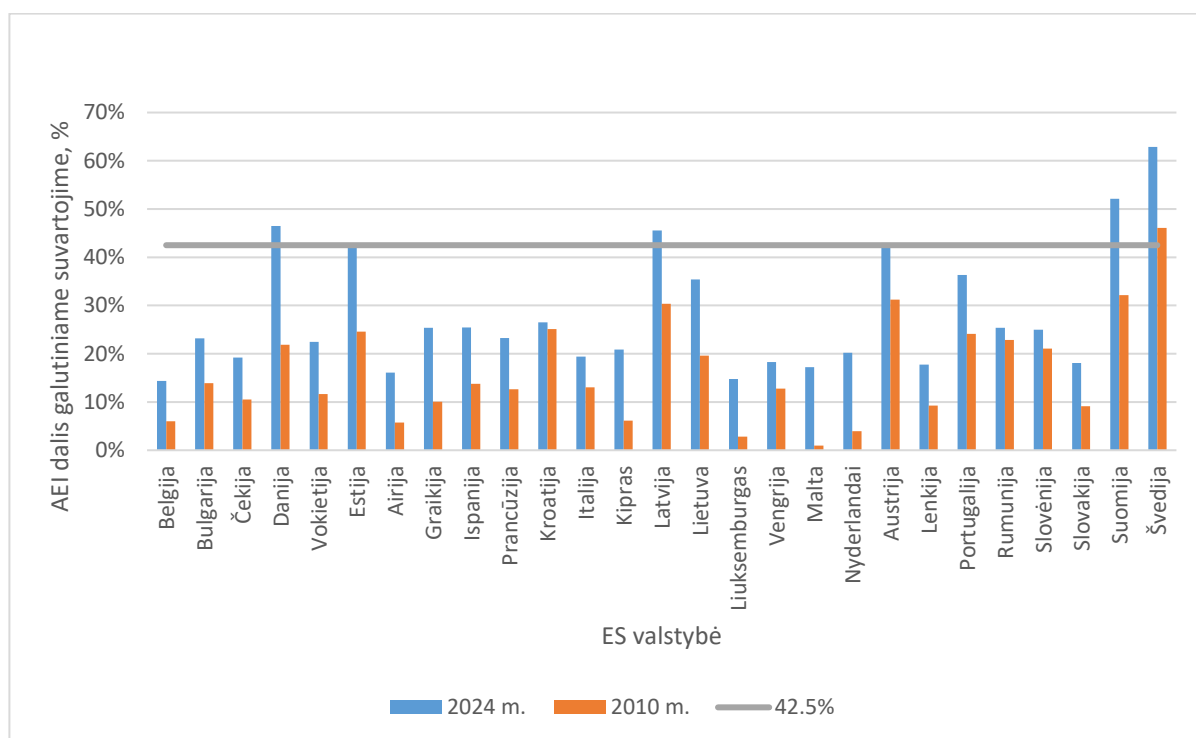


10 pav. Elektros energijos generacija iš AEI ES šalyse 2010-2024 m., TWh (parengta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2024)

10 paveiksle pateikiama elektros energijos gamybos iš pagrindinių atsinaujinančių energijos išteklių raida Europos Sąjungos šalyse 2010–2024 m. Analizuojant pateiktus duomenis matyti pagrindinių

AEI technologijų – hidroelektrinių, vėjo elektrinių ir saulės elektrinių gamybos apimčių augimas. Hidroenergija viso nagrinėjamo laikotarpio metu išlieka stabiliausiai energiją generuojančiu šaltiniu, nors jos augimas yra nepastebimas, palyginti su kitomis technologijomis. Vėjo energetika demonstruoja pastebimą didėjimo tendenciją: nuo santykinai kuklių apimčių 2010 m. ji išauga iki vieno iš dominuojančių AEI šaltinių 2024 m. Sparčiausiai auganti yra saulės energetika, kurios gamyba ypač intensyviai didėja nuo 2015 m., o pastaraisiais metais ji pasiekia reikšmingą dalį bendroje AEI gamyboje. 2024 m. ES vėjo elektrinės sugeneravo 490 TWh, hidroelektrinės – 404 TWh, o saulės – 303 TWh elektros energijos. Bendrai žvelgiant, grafikas aiškiai atskleidžia sparčią ir nuoseklią AEI technologijų plėtrą ES bei augančią jų svarbą elektros energetikos struktūroje.

11 paveiksle pavaizduota ES valstybių galutinės energijos suvartojimo dalis, pagaminta iš atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) 2010 m. ir 2024 m. Kiekvieną šalį atitinka atskiri stulpeliai, o horizontali 42,5 % linija vaizduoja ES 2030 m. tikslą, nustatytą atnaujintoje Atsinaujinančios energijos direktyvoje (RED III) – *mažiausiai 42,5 % AEI visoje energijos sąnaudų struktūroje, su siekiu pasiekti 45 %* [30, 31]. Didžiausią progresą per 15 metų laikotarpį rodo Danija (+25%), Suomija (+20%), Estija (+18), Švedija (+17%) bei Lietuva, Malta ir Nyderlandai (+16%). 2024 m. duomenimis penkios šalys jau yra peržengusios Europos Komisijos numatytą 42,5% galutinės energijos suvartojimo iš AEI šaltinių ribą – Švedija (63%), Suomija (52%), Danija (47%), Latvija (46%), Austrija (43%), taip pat šalia rikiuojasi Estija (42%). Aukštesnius rezultatus pasiekusios šalys dažniausiai pasižymi geresnėmis gamtinėmis sąlygomis (pvz., dideliais hidroenergetikos ar vėjo resursais) ir nuosekliai vykdoma energetikos politikos plėtra, daug metų kryptingai investuojant į AEI technologijas. Tuo tarpu šalys, kurių rezultatai žemesni, susiduria arba su ribotu technologiniu potencialu, arba su lėtesne energetikos transformacija dėl didesnės priklausomybės nuo tradicinių energijos šaltinių.



11 pav. ES valstybių galutinio energijos suvartojimo dalis, pagaminta iš AEI 2010 m. ir 2024 m., proc. (sudaryta autoriaus remiantis Eurostat duomenimis, 2024 [31])

Apibendrinant galima teigti, kad atsinaujinančiosios energijos plėtra Europos Sąjungoje šiuo metu vyksta labai sparčiai, nes ją skatina priimti teisės aktai, didelės investicijos ir technologinė pažanga. Europos žaliajame kurse ir ES valstybių narių nacionalinėse energetikos strategijose pabrėžiamas tvirtas įsipareigojimas siekti klimato neutralumo ir didinti energetinį saugumą. Tačiau įvairiose šalyse ir regionuose ši plėtra vyksta nevienodai, nes skiriasi investicijų, išteklių prieinamumo ir politinės paramos lygis.

2. Atsinaujinančiosios energetikos poveikio ekonomikai teoriniai aspektai

Atsinaujinančiosios energetikos plėtra gali skirtingai veikti skirtingo išsivystymo lygio šalis. Atsinaujinančiąją energiją naudojančių technologijų diegimas gali reikalauti didelių pradinių investicijų, esamos infrastruktūros modernizavimo, sudėtingų kompleksinių inžinerinių sprendimų. Kadangi atsinaujinantys energijos šaltiniai, tokie kaip saulė ar vėjas, yra nepastovūs ir elektros energija nebus generuojama pastoviai duotuoju laiko momentu, kyla sudėtingi klausimai kaip kuo efektyviau susieti tokio tipo elektrines su elektros energijos kaupikliais ar su tradicinėmis elektrinėmis. Vienas iš sprendimų - įrengti elektros energijos kaupimo įrenginius - yra brangus, tačiau būtinas įrankis, norint kuo efektyviau panaudoti atsinaujinančiąją energetiką. Europos Sąjungos šalys susiduria su skirtingais trikdžiais, kurie neleidžia sėkmingai plėsti atsinaujinančiosios energetikos ir pereiti prie klimatui neutralios energetikos sistemos.

2.1. Atsinaujinančiosios energetikos poveikio ekonomikai kryptys

Atsinaujinančioji energetika tai ne tik priemonė mažinti klimato kaitą, bet ir technologinės inovacijos, ekonomikos bei darbo rinkos augimo katalizatorius. Analizuojant mokslinę literatūrą pastebima, kad atsinaujinančiosios energetikos plėtra Europos Sąjungos šalyse daro reikšmingą įtaką ekonomikai, pasireiškiančią įvairiais aspektais. Tyrimai atskleidžia, kad atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas teigiamai veikia *bendrąjį vidaus produktą* (BVP) ir *šalies konkurencingumą* [11]. Pavyzdžiui, analizuojant 2007–2019 m. laikotarpio duomenis, nustatyta, kad atsinaujinančios energijos vartojimo didėjimas prisideda prie BVP augimo ir globalaus konkurencingumo indekso gerėjimo. Taip pat pastebėta, jog ekonomikos augimas skatina intensyvesnę atsinaujinančios energijos vartojimą [11]. Be to, atsinaujinančios energijos šaltiniai, tokie kaip vėjas, saulė, biomasė, geoterminė ir hidroenergija, turi teigiamą poveikį ekonominiam augimui. Tyrimai rodo, kad biomasė turi didžiausią teigiamą poveikį ekonomikai, kur 1% biomasės gamybos padidėjimas gali padidinti ekonominį augimą 0,15% [12]. Remiantis Dubinskii (2024) pateiktais empiriniais Danijos duomenimis (2012–2019 m.), atsinaujinančios energetikos sektoriaus sukurta pridėtinė vertė turi statistiškai reikšmingą ir ekonomiškai apčiuopiamą ryšį su šalies ekonomikos plėtra: +1 % AEI pridėtinės vertės pokytis siejamas su ~0,23 % didesniu BVP, o CO₂ leidimų naudojimo intensyvėjimas taip pat teigiamai koreliuoja su BVP [32].

Remiantis Kahia ir bendraautorių analize (2017), Šiaurės Afrikos ir Artimųjų Rytų naftą importuojančių šalių (Egiptas, Jordanija, Libanas, Marokas, Izraelis ir kt.) ilgalaikiai (1980-2012) įverčiai rodo, kad AEI vartojimo padidėjimas 1% siejasi su ~0,57% didesniu BVP, kai 1 % iškastinės energijos naudojimo padidėjimas siejasi su ~0,39 % didesniu BVP ilgajame laikotarpyje. Autoriai taip pat pabrėžia, kad analizuojamos valstybės daug energijos išteklių importuoja, tad atsinaujinančioji energetika kaip vietinis šaltinis generuoja didesnę vietinę pridėtinę vertę (darbo vietas, paslaugas, priežiūra). Verta paminėti, kad šiame straipsnyje įrodoma, jog atsinaujinančiosios energijos naudojimas teigiamai veikia ekonomiką ir trumpuoju laikotarpiu, nes šios ekonomikos jautriai reaguoja į iškastinio kuro kainų svyravimus, dėl didelės importo priklausomybės [34]. Šios aplinkybės sudaro palankias prielaidas energijos pertvarkai, ypač besivystančiose šalyse. Pasaulyje intensyvėja perėjimas prie „žaliosios ekonomikos“, kuri grindžiama efektyvesniu energijos vartojimu ir iškastinio kuro pakeitimu švariais, mažai taršiais energijos šaltiniais. Šis procesas reiškia transformaciją nuo tradicinės energetikos sistemos, kuri remiasi iškastiniu kuru, prie sistemos, kurioje dominuoja atsinaujinantieji energijos šaltiniai. Tokia pertvarka apima iškastinio kuro ir urano keitimą AEI beveik visuose ekonomikos sektoriuose – nuo transporto ir pramonės iki energetikos, statybų, žemės ūkio ir šildymo.

Remiantis Smolović ir kt. (2020) paneline analize, atsinaujinančios energijos vartojimas ilgalaikėje perspektyvoje statistiškai reikšmingai didina BVP, tačiau poveikio dydis skiriasi tarp ES valstybių. Moksliniame straipsnyje yra analizuojamos dvi Europos Sąjungos valstybių grupės: prisijungusios prie Sąjungos iki 2004 m. (senbuvės) ir nuo 2004 m. (naujos narės). Atlikus empirinį tyrimą pastebėta, kad +1 % atsinaujinančiosios energijos vartojimo padidina BVP: +0,1048 % naujosiose ES valstybėse ir +0,4363 % senosiose ES valstybėse (2004 – 2018 m. laikotarpyje). Nepaisant teigiamo poveikio ekonomikai ilguoju periodu, naujose ES valstybėse poveikis ekonomikai trumpuoju laikotarpiu gali būti neigiamas. Autoriai pažymi, jog investicijos į AEI sektorių naujoms ES narėms yra reikalingos, siūloma plėsti infrastruktūrą, tačiau jas reikia tikslingai planuoti. Narėms senbuvėms AEI vartojimo augimas trumpuoju laikotarpiu neturėjo statistiškai reikšmingo poveikio ekonomikos kaitai [35]. Marčiukaitis ir kt. (2016) moksliniame straipsnyje daro išvadą, kad dėl teisinio reguliavimo spragų ir interesų grupių įtakos daugelis AEI sprendimų Lietuvoje buvo plėtojami neefektyviai, o tai menkino visuomeninę naudą ir komplikavo AEI idėjos įgyvendinimą. Besivystančioms ES šalims viena iš priemonių skatinti AEI plėtrą yra glaudus verslo ir mokslo institucijų bendradarbiavimas užtikrinantis atvirą prieigą prie techninių-ekonominių veiklos rodiklių [36].

Atsinaujinančiosios energetikos plėtra *kuria naujas darbo vietas ir mažina nedarbo lygį*. Šis sektorius reikalauja įvairios kvalifikacijos darbuotojų, pradedant technikais ir montuotojais, statybos dalies darbininkais, elektrikais, baigiant aukštos klasės mokslininkais ir tyrėjais. Atsinaujinančiosios energetikos sektoriui sparčiai augant, kyla iššūkiai paruošti tinkamą kiekį šios srities specialistų. Pasaulio ekonomikos forume pateikta informacija rodo, kad šiuo metu 68 % visų pasaulio energetikos studijų programų yra orientuotos į iškastinius energijos šaltinius, o tik 32 % skiriama atsinaujinančiai energijai. Jei dabartinis pokyčių tempas išliks toks pat, tikėtina, kad atsinaujinančios energijos srities universitetiniai laipsniai pasieks 100 % tik 2107 metais [13]. Lenkijos atveju tyrimas atskleidė, kad šalis užima aukštą poziciją Europos Sąjungoje pagal užimtumą atsinaujinančių energijos šaltinių sektoriuje, o ateities perspektyvos išlieka optimistinės, nepaisant susidūrimų su tam tikrais iššūkiais. Ypač pabrėžiama, kad švietimo sistema turi greitai prisitaikyti prie besikeičiančių energijos rinkos poreikių, kad užtikrintų darbo jėgos parengimą, galinčią prisidėti prie tvaresnės ir švaresnės ateities [14]. Pasak Sulich & Sołoducho-Pelc (2022) atsinaujinančiųjų energijos išteklių panaudojimas žiedinėje ekonomikoje siejamas su užimtumo augimu, nes didėjant AEI diegimo mastui kartu plečiasi privačios investicijos ir pridėtinė vertė, spartėja inovacija. Autoriai empiriškai parodė, kad žiedinės ekonomikos (*circular economy*) plėtra yra statistiškai reikšmingai susijusi su žaliųjų darbo vietų EGSS (*Environmental Goods and Services Sector*) augimu ES, o stipriausi paaiškinamieji veiksniai yra privačios investicijos, darbo vietos ir pridėtinė vertė žiedinės ekonomikos sektoriuose, patentai perdirbimui ir antrinėms žaliavoms ir biologinių atliekų perdirbimas. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas veikia ne tik energetiką, bet ir kitus sektorius - nuo gamybos ir statybos iki atliekų/biomasės tvarkymo bei inžinerinių paslaugų [33].

Dėl technologinių savybių, infrastruktūros sudėtingumo ir darbo specifikos įvairovės, atsinaujinančių energijos šaltinių įgalinimas energijai gaminti reikalauja daugiau darbo jėgos. Pavyzdžiui saulės ir vėjo elektrinės yra labiau išsklaidytos, statomos skirtinguose šalies regionuose dėl skirtingų geografinių sąlygų. Tradicinės iškastinį kurą naudojančios elektrinės yra labiau centralizuotos, statomos galingos elektrinės, kur technologiją galima automatizuoti ir jų sklaida šalies mastu yra nedidelė. Analizuojant Swain ir kt. (2022) mokslinį straipsnį pastebima, kad atsinaujinančios energijos plėtra turi teigiamą poveikį darbo vietų kūrimui ir ekonomikos augimui ES [15]. Atsinaujinančios energijos technologijos, kurios yra darbo jėgai imlesnės nei iškastiniai šaltiniai, sukuria daugiau darbo vietų vietinėse rinkose tiek trumpuoju, tiek vidutiniu laikotarpiu. Tai taip pat

padeda sumažinti priklausomybę nuo importuojamų iškastinių energijos šaltinių ir prisideda prie švaresnės aplinkos kūrimo. Aguirre ir Ibikunle (2014) straipsnyje pažymi, kad pasiekus kritinę atsinaujinančiųjų energijos išteklių (AEI) ribą galutiniame energijos suvartojime ($\approx > 20\%$), valstybėse formuojasi tęstinės plėtros mechanizmas: dėl masto ekonomijos, sukauptos infrastruktūros ir kompetencijų AEI pajėgumų plėtra tampa statistiškai labiau tikėtina ir vyksta lengviau. Skatinant atsinaujinančią energiją, naudojant tinkamas politikos priemones, galima ne tik padidinti užimtumą, bet ir skatinti ekonominį augimą bei tvarų vystymąsi, taip sprendžiant socioekonominius ir aplinkosaugos iššūkius [15, 62].

Gür ir bendraaut. (2025), moksliniame straipsnyje atskleidžia, kad ES šalyse (2000-2021 m. laikotarpyje) AEI naudojimas turi statistiškai reikšmingą *ilgalaikį neigiamą poveikį CO₂ emisijoms* visose tirtose šalyse. Autoriai nustatė dvipusę priežastinę sąsają tarp AEI ir CO₂, kas rodo, jog AEI masto didinimas siejasi su emisijų mažėjimu [43]. Chen ir kt. (2022) moksliniame straipsnyje analizuodami 97 šalis ir AEI vartojimo poveikį aplinkai nustatė, kad AEI dalis galutinėje energetikoje turi pasiekti maždaug 20-23% išsivysčiusiose šalyse ir apie 37% besivystančiose šalyse, kad būtų pastebimas statistiškai reikšmingas CO₂ mažėjimas. Autoriai teigia, kad išsivysčiusiose šalyse, kuriose AEI dalis galutiniame suvartojime viršija 20%, 1% atsinaujinančiosios energijos vartojimo augimo sumažina CO₂ emisijas statistiškai vienam žmogui per 0,4% [44]. Remiantis Wang ir kt. (2018) analize Kinijos atveju, didesnės CO₂ emisijos ir kryptinga klimato kaitos švelninimo politikos kryptis statistiškai siejasi su didesniu AEI augimu: stiprėjantis aplinkosauginis reguliavimas ir žemų emisijų tikslai sistemingai nukreipia ūkio subjektų investicijas AEI technologijų plėtrai [48]. Apskritai, didėjanti AEI dalis energetikos balanse siejama su mažesnėmis dujų emisijomis, švaresniu oru ir efektyvesniu išteklių naudojimu, o tai ilgainiui stiprina aplinkosauginę būklę ir prisideda prie tvarios raidos tikslų.

2.2. Atsinaujinančiosios energetikos plėtros kliūtys

Atsinaujinančiųjų energijos išteklių plėtrą Europos Sąjungoje riboja kelios pagrindinės kliūčių kategorijos: administracinės, tinklo, politinės ir socioekonominės. Šios kliūtis yra nevienodai pasiskirsčiusios tarp valstybių narių, o jų poveikis AEI plėtrai labai priklauso nuo konkrečių šalių socialinės bei ekonominės raidos lygio.

Pirma, *administracinės kliūtys* išlieka reikšmingu barjeru. Ilgos ir sudėtingos leidimų išdavimo procedūros, kartu su skaidrumo ir aiškumo stoka, apsunkina AEI projektų diegimą. Taip pat reikšmingos yra aukštos administracinės išlaidos, kurios didina projektų įgyvendinimo kaštus.

Antra, *tinklo infrastruktūros kliūtys*, tokios kaip tinklo pajėgumų plėtros trūkumas ir aukštos prijungimo kainos, yra ypač aktualios Pietų ir Vidurio Europos valstybėse [16]. Tinklo modernizavimo procesai vyksta lėtai, o tai riboja AEI projektų integraciją.

Trečia, *finansinės ir investicinės kliūtys* taip pat reikšmingai riboja AEI plėtros tempus daugelyje ES šalių. Kapitalo prieinamumas ypač aktualus mažesnėms ar ekonomiškai silpnesnėms valstybėms narėms, kur finansų rinkos yra mažiau išsivysčiusios. Be to, pasikeitus valstybės reguliavimui ar subsidijų mechanizmams, investuotojų pasitikėjimas gali sumažėti, o tai dar labiau lėtina AEI projektų vystymą.

Sėkmingas energijos sistemos transformacijos įgyvendinimas priklauso nuo palankių sąlygų, kurios lemia šalies pasirengimą pereiti prie naujos energetikos sistemos. Šis pasirengimas vertinamas pagal egzistuojančią ekosistemą, sudarytą iš įvairių veiksnių, skatinančių efektyvų energijos perėjimą.

Pagrindiniai pasirengimo veiksniai yra dabartinės energijos sistemos inercija, politinis stabilumas ir finansiniai ištekliai, reikalingi energijos transformacijai įgyvendinti. Reguliacinė sistema taip pat turi būti lanksti, kad būtų galima efektyviai integruoti naujas technologijas ir verslo modelius, tuo pačiu palapsniui atsisakant senosios infrastruktūros. Sėkmingam energijos perėjimui taip pat būtina atvira šalies rinka, patrauklumas investuotojams ir dinamiška inovacijų aplinka. Visų svarbiausia, energijos transformacija turi socialinių padarinių, o galiausiai vartotojų dalyvavimas lems būsimos energijos sistemos priėmimą [17].

2.3. Atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai vertinimo metodai

Vienas iš būdų, kaip galima palyginti valstybes ir nustatyti priklausomybę tarp skirtingų kintamųjų yra *regresija*. Tai yra patogus metodas, kuomet norima tiksliai parodyti kiek pasikeis analizuojamas kintamasis jei konkretų rodiklį padidinsime 1%. Remiantis Busu ir Nedelcu (2021), taikoma panelinių duomenų daugybinė tiesinė regresija, skirta įvertinti AEI ir kitų veiksnių poveikį CO₂ emisijoms ES šalyse. Priklausomas kintamasis – CO₂ emisijos (mln. t.), nepriklausomi – AEI dalis, biokuras, bioenergijos produktyvumas, gyventojų skaičius, urbanizacijos lygis, realus BVP proc. [49]. Regresijos metodu galima išskaičiuoti kaip ir kiek AEI vartojimo dalis galutiniame energijos suvartojime veikia CO₂ emisijas ar kitą pasirinktąjį kintamąjį. Regresija yra patogi, nes yra metodologiškai pagrįstas ir praktiškai patogus būdas vertinti AEI bei susijusių kintamųjų poveikį šalies ekonomikai ir aplinkos rodikliams, nes leidžia tiksliai ir skaidriai įvertinti kiekvieno veiksnio įtaką priklausomam kintamajam, kontroliuojant kitus veiksnius; jos tinkamumą ES kontekste papildomai pagrindžia empiriniai taikymai moksliniuose tyrimuose [49, 50].

Įvesties-išvesties (Input–output) analizė – vienas plačiausiai taikomų metodų vertinant AEI plėtros poveikį ekonomikai, leidžiantis nustatyti tiek tiesioginius, tiek netiesioginius AEI plėtros poveikius, atskleidžiant tarpsektorinius ryšius ir darbo jėgos pokyčius visoje tiekimo grandinėje. Šis metodas pasižymi gebėjimu modeliuoti struktūrinius ekonomikos pokyčius, tačiau išlieka priklausomas nuo prielaidų apie pastovią technologijų ir gamybos struktūrą, todėl gali neatsižvelgti į ilgalaikius technologinius pokyčius. O’Sullivan ir Edler (2020) atliktas 2000–2018 m. Vokietijos atsinaujinančios energetikos sektoriaus tyrimas atskleidė AEI plėtros poveikį užimtumui (gamybai ir eksploatavimui), reikšmingą užsienio prekybos įtaką technologijų gamybai ir t.t. Tyrimo autoriai nustatė, kad didžiausi užimtumo pokyčiai kilo gamybos ir įrengimo segmentuose, kuriems būdingi cikliniai svyravimai, o laikui bėgant itin padidėjo eksploatavimo veiklų reikšmė, užtikrinanti stabilesnę ir mažiau svyruojantį ilgalaikį užimtumą. Remiantis Černý ir bendraautorių (2021) atliktu tyrimu, analizė parodė, kad spartesnė AEI plėtra iki 2050 m. daugiau nei dvigubai padidintų elektros sektoriaus užimtumą, o didžiausi ilgalaikiai darbo vietų prieaugiai būtų siejami su vėjo ir saulės energetika bei eksploatavimo veiklomis. Apibendrinant, įvesties-išvesties metodas yra patikimas analitinis įrankis, leidžiantis nuosekliai vertinti AEI politikos poveikį ekonomikos struktūrai ir užimtumui, ypač kai analizuojami skirtingi energetikos transformacijos scenarijai. Šis metodas suteikia galimybę ne tik įvertinti AEI politikos poveikį praeityje, bet ir atskleisti struktūrines tendencijas, svarbias planuojant ilgalaikę energetikos transformaciją [51, 62].

Dar vienas mokslinėje literatūroje naudojamas AEI poveikio ekonomikai vertinimo metodas yra **skaičiuojamosios bendrosios pusiausvyros (CGE - Computable general equilibrium)** modelis. Jis leidžia modeliuoti visos ekonomikos reakciją į energijos struktūros pokyčius, kainų svyravimus, subsidijas, AEI plėtrą, mokesčių politiką ar technologinius šokus. Skaičiuojamosios bendrosios

pusiausvyros modelio privalumas yra jo gebėjimas vertinti ekonomiką kaip dinamišką, tarpusavyje susietą sistemą, tačiau šie modeliai reikalauja didelės apimties duomenų, sudėtingo kalibravimo ir stiprių teorinių prielaidų. Stavropoulos ir Burger (2020) meta-analizėje, nagrinėjusioje atsinaujinančios energetikos užimtumo poveikio tyrimus, aiškiai atskleidžiama, kad pasirinktas metodas (įvesties-išvesties arba skaičiuojamosios bendrosios pusiausvyros) turi reikšmingą įtaką rezultatams ir net prieštaringsiems išvadoms dėl AEI sukeltų ekonominių pokyčių. Pasak autorių skaičiuojamosios bendrosios pusiausvyros modeliai pateikia nuosaikesnius arba konservatyvesnius įverčius, nes apima kainų reakcijas, išteklių apribojimus ir struktūrinius pokyčius. Todėl šie modeliai gali būti vertinami kaip reikšmingi AEI poveikio ekonomikai analizės įrankiai, gebantys atskleisti sudėtingas struktūrines sąveikas, tačiau jų taikymo rezultatai neišvengiamai priklauso nuo pasirinktų prielaidų. Todėl praktikoje jie dažniausiai naudojami kartu su kitais metodais, siekiant pateikti labiau išsamų ir subalansuotą vertinimą [52].

Atsinaujinančiosios energetikos poveikis ekonomikai susideda iš daugelio poveikio krypčių. Norint įvertinti daugybę kompleksinių reiškinių ir įvairių aspektų kaip jie veikia ekonomiką yra prasminga naudoti **indeksus**. Vertinimas indeksu palengvina palyginimus, padeda paprasčiau identifikuoti veiksmų sritis, kur valstybėms reikia telkti dėmesį, kokius veiksmus atlikti, kad atsinaujinančiosios energetikos plėtra vyktų kuo sklandžiau. Sudėtinis indeksas – supaprastintas vaizdas, kuriame pagrindiniai kintamieji suagreguojami į bendrą rodiklį konkrečiai problemai ar sistemai įvertinti. Atsižvelgiant į tai, kad AEI plėtros poveikis ekonomikai gali būti vertinamas taikant skirtingus metodologinius požiūrius, tikslinga palyginti pagrindinius naudojamus ekonominio vertinimo metodus. 2 lentelėje pateikiami pagrindiniai AEI poveikio ekonomikai vertinimo metodai, jų esmė, privalumai, trūkumai ir taikymo sritys

2 lentelė. Pagrindiniai AEI poveikio ekonomikai vertinimo metodai [sudaryta autoriaus, remiantis 49,50,52].

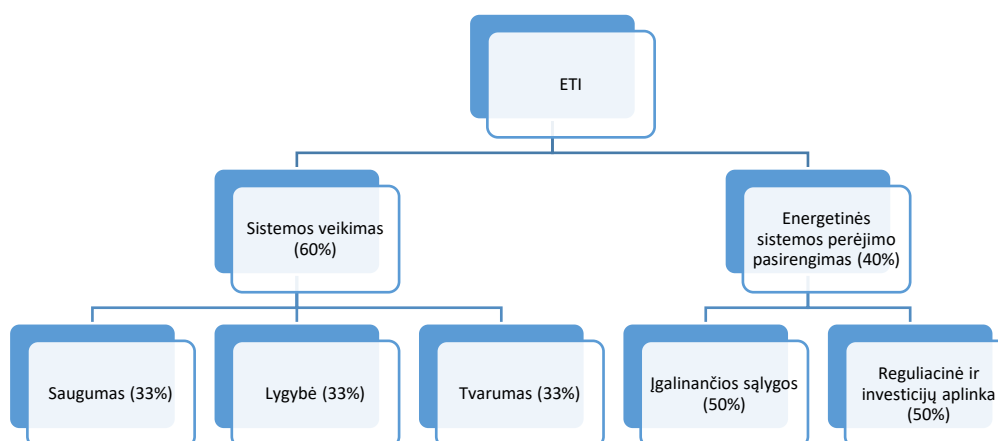
Metodas	Esmė	Plusai	Minusai	Kada taikyti?
Regresija	Statistinis AEI ir ekonominių rodiklių ryšių vertinimas	Paprasta, greita, nereikalauja daug duomenų	Neapėpia struktūrinių pokyčių, neįrodo priežastingumo	Ilgalaikė ES statistika, empirinis AEI-rodiklių ryšio nustatymas
AEI panaudojimo indeksas	AEI rodiklių sujungimas į vieną kompozitinį rodiklį	Patogu lyginti šalis, holistinis AEI vaizdas	Rezultatai priklauso nuo parinktų svorių; neatskleidžia priežastingumo	AEI politikos pažanga, strateginiai energetikos vertinimai
Įvesties-išvesties analizė	Tarpsektorinių ryšių ir multiplikatorių modeliavimas	Rodo sektorių grandininius efektus, tinka regionams	Ribotas prisitaikymas prie pokyčių, jautri prielaidoms	Trumpalaikiai AEI pokyčių vertinimai, sektorių analizė
CGE modeliai	Visos ekonomikos reakcijos į AEI plėtrą modeliavimas	Apima kainų, darbo rinkos, investicijų pokyčius; tinka scenarijams	Labai sudėtinga, reikia daug duomenų	AEI politikos scenarijai, makroekonominiai ir CO ₂ kainodaros vertinimai

Atsižvelgiant į tai, kad atskiri metodai suteikia skirtingas AEI poveikio ekonomikai išvalgas, o jų rezultatai dažnai priklauso nuo pasirinktų prielaidų ir duomenų, praktikoje svarbu taikyti ne vieną metodą, bet jų derinius. Vis dėlto, siekiant gauti aiškesnį, palyginimui tinkamą ir struktūruotą ekonominio poveikio vaizdą, dažnai pasitelkiami įvairūs **AEI poveikio indeksai**, kurie sujungia skirtingus rodiklius į vientisą matą.

2.4. Indeksų vaidmuo vertinant energetikos ir ekonomikos sąsajas

Tradiciskai energetikos ir ekonomikos rodikliai buvo analizuojami atskirai, tačiau toks požiūris nepajėgia atskleisti visapusiško šių sričių tarpusavio sąryšio. Kompleksiniai indeksai, priešingai, leidžia įvertinti, kaip energetikos sektorius prisideda prie ekonomikos augimo, socialinės gerovės ir aplinkos apsaugos, taip pat identifikuoti silpnąsias vietas ir gerąsias praktikas. Šie įrankiai yra nepaprastai svarbūs formuojant pagrįstą energetikos politiką, nes leidžia objektyviai įvertinti šalies pasiekimus ir nustatyti tobulėjimo kryptis.

Energetikos ir ekonomikos sąveika yra reiškinys, kuriam įvertinti reikalingi specializuoti įrankiai. Šiuo tikslu plačiai naudojami įvairūs indeksai, tokie kaip Pasaulio ekonomikos forumo **Energetikos transformacijos indeksas (ETI)**, kuris leidžia įvertinti šalių pažangą pereinant prie tvaresnės energetikos sistemos. Šie indeksai integruoja ekonominius, socialinius ir aplinkosauginius rodiklius, suteikdami išsamesnį vaizdą apie šalies energetinę situaciją bei jos sąsajas su ekonomine plėtra [17]. Nors ETI apima švarios energijos dalį, emisijų intensyvumą, reguliavimą, investicijas ir kt., jis yra sukonstruotas kaip **platus makro lygmens energetikos sistemos indeksas**, kuriame **AEI (atsinaujinantys energijos ištekliai) yra tik dalis visos energetikos transformacijos**. ETI logika labiau orientuota į gerai veikiančios energetikos sistemos vertinimą bei šalies pasirengimą transformacijai, tačiau mažiau atskleidžia konkretų ekonominį ir socialinį poveikį, kurį sukuria būtent AEI plėtra. ETI indeksas apskaičiuojamas (žr. 12 pav.) kaip dviejų subindeksų svertinis vidurkis, yra sudaromas iš 43 rodiklių kurie yra normalizuojami į skalę nuo blogiausio – 0, iki geriausio rezultato – 100. ETI skaičiuojamas kaip dviejų subindeksų – sistemos veikimo (60 %) ir perėjimo pasirengimo (40 %) svertinis vidurkis: pirmasis po 33 % įvertina saugumą, lygybę ir tvarumą, antrasis suskaidytas į reguliacinę ir investicijų aplinką ir įgalinančias sąlygas - infrastruktūrą, inovacijas, švietimą ir žmogiškąjį kapitalą. Vertinimas remiasi 43 rodikliais ir aprėpia 118–120 valstybių. Visi rodikliai normalizuojami į 0–100 skalę taikant min–max metodą. Po to rodikliai agreguojami aritmetiniu vidurkiu per dimensijas ir subindeksus iki galutinio ETI balo. Rodiklių atranka grindžiama aktualumu, duomenų naujumu ir palyginamumu bei šaltinių patikimumu, o metodika kasmet prieinamumo realijas bei išlaikytų palyginamumą laike. 2025 metų ETI indekse dėl duomenų neprieinamumo buvo atsisakyta naudoti šiuos rodiklius: dujų tiekimo atsparumas, tarptautiniai finansiniai srautai, tvarios energijos reguliavimo rodikliai pagal Cook balą, teisinė valstybė, investicijos į atsinaujinančiąją energetiką. Tuo tarpu tokie rodikliai kaip ekonominė laisvė ir investicijos į švarią energiją buvo įvesti kaip nauji rodikliai, atitinkamai reglamentavimo ir politinio įsipareigojimo bei finansų ir investicijų subdimensijose, siekiant geriau aprėpti makroekonominis veiksniai, skatinančius energetikos pertvarką [40].



12 pav. ETI indekso supaprastinta struktūra. Sudaryta autoriaus remiantis ETI indekso struktūra [40]

Indeksai, tokie kaip ETI, atlieka keletą svarbių funkcijų. Pirma, jie leidžia palyginti skirtingų šalių pasiekimus energetikos sektoriuje, identifikuojant gerąsias praktikas ir nustatant sritis, kuriose reikalingos papildomos investicijos ar reformos. Indeksai padeda įvertinti energetikos politikos efektyvumą ir identifikuoti sritis, kuriose reikia atlikti korekcijas. Taip pat, jie suteikia duomenimis pagrįstą pagrindą priimant sprendimus energetikos sektoriuje, leidžiant politikos formuotojams pasirinkti efektyviausias priemones siekiant užsibrėžtų tikslų [17].

Nagrinėjant literatūrą (Ligus, Peternek, 2021) siekiant objektyviai įvertinti skirtingų Europos Sąjungos valstybių narių pažangą pereinant prie tvaresnės energetikos, buvo sukurtas **tvaraus energetikos vystymo agreguotas indeksas (TEVSI)** (angl. *Sustainable Energy Development Aggregated index - SEDAI*) [18]. Šis indeksas buvo sukurtas remiantis 47 rodikliais, suskirstytais į tris pagrindines dimensijas: socialinę, ekonominę ir aplinkosauginę. Kiekviena dimensija apima kelias kategorijas, tokias kaip energijos prieinamumas, rinkos konkurencingumas, šiltnamio efekta sukeliančių dujų emisijos ir kt. Rodiklių vertės buvo gautos iš Eurostat ir Tarptautinės Energetikos Agentūros (angl. *International Energy Agency – IEA*) duomenų bazių. Šis indeksas leidžia kompleksiniu būdu įvertinti šalių pažangą tvarios energijos vystymo srityje. Rodikliai buvo atrinkti pagal Tarptautinės atominės energijos agentūros rekomendacijas ir pagal sąsajas su Europos energetikos politikos direktyvose numatytais tikslais.

Cucchiella ir kt. (2017) pabrėžia, kad terminas „tvarumas“ vis dar neturi aiškios ir tikslios reikšmės, riba tarp tvarumo ir ne tvarumo yra neapibrėžta. Autoriai iškelia problemą, kad skirtingi tvarumo indeksai linkę atspindėti skirtingus rezultatus skirtingose valstybėse, todėl išvados ir rezultatai klaidina įstatymų priėmėjus ar visuomenę [41]. Iddrisu ir Bhattacharyya (2015) taip pat mini, kad tvaraus vystymosi konceptas nors ir yra plačiai aprašomas literatūroje, tačiau tai yra dar nauja tema, kurioje vis atsiranda naujų idėjų [42]. Autoriai kuria daugiamatį **tvaraus energetikos vystymosi indeksą TEVI** (angl. *Sustainable Energy Development Index – SEDI*). Jis skirtas įvertinti, kaip tvariai šalys vysto energetiką. Indeksas susideda iš 5 dimensijų:

- **Techninė tvarumo dimensija** (išteklių būklė, energijos konversijos efektyvumas, infrastruktūra);
- **Ekonominė** (energijos efektyvumas, modernių energijos formų naudojimas, produktyvus energijos vartojimas);
- **Socialinė** (energijos prieinamumas, vienodos galimybės gyventojams gauti energiją);
- **Aplinkosauginė** (mažinti neigiamą energijos poveikį aplinkai, ekologinė žala, išteklių sekinimas);
- **Institucinė** (investuotojų ir vartotojų apsauga, skaidri reguliavimo aplinka).

Straipsnyje pasirinkti rodikliai yra aprašomi 3 lentelėje (žr. žemiau). Konkrečių šalių rodikliai yra normalizuojami taikant maksimalaus-minimalaus atstumo metodą. Šie rodikliai toliau yra pasitelkiami norint apskaičiuoti bendrą visos dimensijos rodiklį, kuris yra apskaičiuojamas pagal žemiau pateiktą metodiką. Galutinis TEVI indeksas yra visų 5 dimensijų vidurkis.

Autoriai apskaičiuoja, kiek techniniu požiūriu yra tvari šalies energetikos sistema, atsižvelgdami į tai, kiek greitai šalis eikvoja neatsinaujinančius išteklius ir kaip efektyviai konvertuoja juos į galutinę energiją. Techninis tvarumas bus didesnis, jei šalis mažai priklauso nuo išsenkančių išteklių (TEC1), juos lėtai eikvoja (TEC2) ir turi aukštą energijos konversijos efektyvumą (TEC3). Šie trys rodikliai sujungiami į vieną formulę, kuri įvertina, kiek išteklių „lieka ateičiai“ po dabartinio vartojimo [42].

$$\text{Techninis tvarumas} = (1 - TEC1 * TEC2) * TEC3 \quad (1)$$

Iš (1) formulės galima daryti išvadą, kad kuo mažiau šalis priklauso nuo nykstančių išteklių ir kuo efektyviau naudoja energiją, tuo techniškai tvaresnė jos energijos sistema.

Ekonominė tvarumo dimensija vertina žr. (2) formulę, kiek komercinės energijos suvartoja vienas gyventojas (ECO1), kaip efektyviai šalis energiją naudoja (ECO2), ir kokią energijos dalį šalis naudoja produktyviai – t. y. ekonomikai kurti (ECO3). Ši dimensija matuoja, ar šalis sugeba energijos vartojimą paversti ekonomine nauda, kuri leidžia finansuoti būsimą energijos gamybą ar importą. Kuo daugiau komercinės energijos sunaudojama produktyviai ir kuo efektyviau ji naudojama, tuo šalies ekonominis tvarumas didesnis [42].

$$\text{Ekonominis tvarumas} = \frac{ECO1 * ECO3}{ECO2} \quad (2)$$

3 lentelė. TEVI indekso kūrimui naudoti rodikliai (parengta autoriaus remiantis Iddrisu ir Bhattacharyya, 2015 [42]).

Dimensija	Rodiklis	Santrumpa	Reikalingi duomenys
Techninė	Išsenkančių energijos išteklių dalis pirminėje energijos pasiūloje	TEC1	Bendras neatsinaujinančių išteklių suvartojimas
	Vietinių energijos išteklių panaudojimo koeficientas	TEC2	Vietinė energijos produkcija iš anglies, naftos, dujų bendro vartojimo; Anglies, naftos, gamtinių dujų rezervai; Miškingas šalies plotas, Bendras šalies plotas
	Bendras energijos konversijos efektyvumas	TEC3	Bendras galutinis suvartojimas/Bendras pirminės energijos tiekimas
Ekonominė	Komercinės energijos suvartojimas vienam gyventojui	ECO1	Bendras komercinės energijos vartojimas, populiacija
	Galutinės energijos intensyvumas	ECO2	Bendras galutinis suvartojimas/BVP (perkamosios galios paritetas)
	Produktyvus energijos naudojimas	ECO3	Bendras galutinis naudingas suvartojimas (dalis atėmus namų ūkių energijos vartojimą)
Socialinė	Švarių energijos išteklių suvartojimas vienam gyventojui namų ūkiuose	SOC1	Bendras švarios energijos suvartojimas namų ūkiuose, populiacija
	Pajamų nelygybė	SOC2	Gini koeficientas
Aplinkos	Taršių energijos išteklių vartojimo dalis namų ūkiuose	ENV1	Anglies, naftos, kietojo kuro vartojimas, bendras vartojimas namų ūkiuose
	Anglies intensyvumas	ENV2	Bendros CO2 emisijos iš pirminės deginamosios energijos
Institucinė	Energijos savipakankamumo rodiklis	INS1	Vietinė pagaminta pirminė energija/Bendra šalies pirminė energija

Ekonominė dimensija matuoja, ar šalis energijos vartojimą paverčia realia ekonomine nauda, o formulė parodo šį ryšį tarp energijos kiekio, naudojimo efektyvumo ir produktyvumo.

Socialinė tvarumo dimensija vertina, ar moderni, švari energija yra socialiai prieinama ir teisingai paskirstyta tarp gyventojų. Vien tik energijos suvartojimas vienam gyventojui (SOC1) neparodo

realios padėties, nes gyventojų pajamos pasiskirsčiusios netolygiai, o švari energija kainuoja. Todėl autoriai į socialinį rodiklį įtraukia pajamų nelygybę (SOC2), kad įvertintų, kokia dalis visuomenės iš tikrųjų gali sau leisti naudoti švarią energiją [42].

$$\text{Socialinis tvarumas} = \text{SOC1} * (1 - \text{SOC2}) \quad (3)$$

Socialinė dimensija matuoja, ar švari energija prieinama visiems, o ne tik teoriškai išskaičiuota per vidurkius – todėl suvartojimas koreguojamas pagal pajamų nelygybę.

Aplinkosauginė tvarumo dimensija vertina, kiek energetikos sistema teršia aplinką, remiantis tuo, kokią dalį energijos sudaro taršūs energijos šaltiniai ir kokia yra šalies anglies intensyvumo reikšmė. Šie du rodikliai parodo, kiek energijos vartojimas prisideda prie klimato kaitos ir oro taršos. Kuo mažesnės taršios energijos dalys ir CO₂ emisijos, tuo didesnis aplinkosauginis tvarumas [42].

$$\text{Aplinkos tvarumas} = \text{ENV1} * \text{ENV2} \quad (4)$$

Aplinkosauginė dimensija įvertina, kiek tarši šalies energetikos sistema: kuo mažiau taršios energijos ir CO₂ emisijų, tuo ji tvaresnė.

Kadangi institucinę dimensiją reprezentuoja tik vienas rodiklis, jis buvo apskaičiuojamas pagal minimalias, maksimalias vertinamų valstybių reikšmes [42].

Žaliosios Ekonomikos Indeksas (ŽEI) (angl. *Green Economy Index – GEI*), apimantis 27 rodiklius, buvo panaudotas vertinant Europos Sąjungos šalių pažangą žaliosios ekonomikos srityje. Straipsnyje teigiama, kad vienas svarbiausių darbų, norint sukonstruoti kuo tikslesnį indeksą, yra tinkamų rodiklių paieška ir prieinamumas. Pavyzdžiui, teksto autoriai buvo numatę indeksą modeliuoti iš 38 rodiklių, tačiau buvo prieinami 27 rodikliai analizuojant 28 ES šalis [19]. Taigi, vienas svarbiausių indeksų konstravimo etapų yra tinkamų rodiklių paieška ir jų prieinamumas.

Norint rodiklius palyginti, reikia juos standartizuoti santykiniais vienetais. Žaliosios ekonomikos indekse rodikliai buvo susirstyti į dvi grupes: stimulatoriai ir destimuliantiniai [19]:

- **Stimuliantiniai:** Kuo didesnė šio rodiklio reikšmė, tuo geriau (pvz., atsinaujinančių energijos šaltinių dalis).
- **Destimuliantiniai:** Kuo mažesnė šio rodiklio reikšmė, tuo geriau (pvz., šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos).

Visiems rodikliams buvo pritaikyta speciali formulė, kuri leido perkelti jų reikšmes į intervalą nuo 0 iki 1. Šio intervalo reikšmė 1 reiškė geriausią rezultatą, o 0 – blogiausią. Po standartizavimo visi rodikliai tapo palyginami tarpusavyje, nes buvo išreikšti toje pačioje skalėje. Kuo arčiau 1 buvo rodiklio reikšmė, tuo geriau šalis pasirodė pagal tą konkretų rodiklį. Verta paminėti, kad autoriai, apskaičiuodami Žaliosios Ekonomikos Indeksą neišskyrė kelių pagrindinių grupių su skirtingais tam tikroms sritims suteiktais svoriais. Buvo priimta, kad visi 27 rodikliai turi tokį patį svorį.

Nahman ir kt. (2016) konstruoja kompozitinį žaliosios ekonomikos indeksą **ŽEI** iš 26 rodiklių trijose dimensijose (ekonominėje, socialinėje, aplinkosauginėje) ir pritaiko 193 šalims, pateikdami reitingus bei galimybę išskaidyti rezultatą pagal sudedamąsias dalis. Šiame indekse pradiniai duomenys yra normalizuojami į skalę nuo 0 – blogiausias rodiklis, iki 10 – geriausias rodiklis. Rodiklių normalizavimas reikalingas todėl, kad rodikliai yra išmatuojami skirtingais vienetais ir skirtingose skalėse. Autoriai naudoja dvi skirtingas formules, kuriomis yra normalizuojamos rodiklių reikšmės [37]:

- Kai pageidautinos didesnės vertės (rodikliui didėjant, gerėja ekonominė, ekologinė ir socialinė gerovė):

$$x_i' = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (5)$$

- Kai pageidautinos mažesnės vertės (rodikliui mažėjant, gerėja ekonominė, ekologinė ir socialinė gerovė):

$$x_i' = \frac{\max(x) - x_i}{\max(x) - \min(x)} \quad (6)$$

čia,

x_i - rodiklio reikšmė per laikotarpį i ;

$\max(x)$ - maksimali rodiklio reikšmė analizuojamu laikotarpiu;

$\min(x)$ - minimali rodiklio reikšmė analizuojamu laikotarpiu.

Verta paminėti, kad šis indeksas apima daug skirtingų rodiklių, tokių kaip valdymo indeksas (*Governance Index*), žmogaus raidos indeksas (*Human Development Index*) ar apklausinis gyvenimo gerovės matas (*Self-reported overall life satisfaction*). Alekna ir Kazlauskienė (2020) moksliniame straipsnyje tvirtina, kad Nahman ir kt. neturi bendro požiūrio kaip reiktų interpretuoti žaliąją ekonomiką ir iš ko ji susideda [20]. Apibendrinant galima daryti išvadą, kad tai yra platus indeksas, apimantis daug skirtingų temų, tačiau nebūtinai atskleidžiantis tikrąją tvariosios ekonomikos vaizdą šalyje.

Fankhauser, Kazaglis ir Srivastav (2017) moksliniame straipsnyje atskleidžia technologinės plėtros tendencijas, bet neįtraukia kitų žaliosios ekonomikos rodiklių charakteristikų. Nagrinėjami tik du žaliosios ekonomikos transformacijos aspektai – inovacijos ir eksportas. **Žaliosios inovacijos indeksas (ŽII)** (angl. *Green innovation index – GII*) apskaičiuojamas:

$$\check{Z}II_{is} = \frac{p_{is}^g / p_{is}}{\sum_i p_{is}^g / p_{is}} \quad (7)$$

čia,

p_{is}^g - žaliųjų patentų skaičius sektoriuje s ir šalyje i ;

p_{is} - bendras patentų skaičius sektoriuje s ir šalyje i .

Žaliosios inovacijos indeksas padalina sektoriaus patentų dalį šalyje iš to sektoriaus patentų dalies pasaulyje. $\check{Z}II = 1$ reiškia, kad šalis inovacijų srityje neturi nei pranašumo, nei trūkumo; $\check{Z}II > 1$ – kad ji specializuojasi atitinkamoje technologijoje ir turi geresnes ilgalaikes galimybes; $\check{Z}II < 1$ – kad jos inovacinė padėtis yra silpnesnė už pasaulio vidurkį [38]. Autoriai į analizę įtraukia tik tuos patentus, kurie yra registruoti dvejose arba daugiau šalių, darant prielaidą, kad jie yra aukštos vertės patentai.

Stankevičienė ir Nikanorova (2017) analizavo ekonominę ir aplinkosauginę gerovę Baltijos regiono šalyse žiedinės ekonomikos kontekste. Tyrėjai pasirinko daug rodiklių, kurie pavaizduoti 4 lentelėje. Toks platus rodiklių sąrašas suteikia galimybę išsamiai išanalizuoti atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo plėtrą. Straipsnyje taikytas daugiakriteris sprendimų vertinimas (MCDA) – TOPSIS metodas: naudojant Eurostat 2013–2014 m. duomenis ir lygias kriterijų reikšmes, normalizuoti keturių blokų (atliekų tvarkymo, aplinkosaugos, ekonomikos ir išteklių efektyvumo) rodikliai sujungti į **artumo koeficientą C***, pagal kurį reitinguotos 8 Baltijos jūros regiono valstybės.

Rezultatai parodė visų šalių pažangą, o aukščiausi įverčiai/finišo rikiuotė 2014 m. – Vokietija, Švedija, Danija (didžiausias postūmis – Švedijoje) [39].

Ekoinovacijų indeksas (EII) – Europos Komisijos parengta sudėtinė vertinimo priemonė, skirta palyginti, kaip Europos Sąjungos valstybės narės diegia ekoinovacijas, t. y. žaliąsias technologijas ir tvarias praktikas. Indeksas apibendrina šalies pažangą pagal 12–16 rodiklių sistemą, sugrupuotą į penkias temines sritis: ekoinovacijų sąnaudas, veiklas, rezultatus, išteklių naudojimo efektyvumo rodiklius bei socialinius ir ekonominius ekoinovacijų padarinius. Tokia struktūra leidžia įvertinti ne tik inovacijų kūrimo prielaidas ir procesus, bet ir jų praktinį poveikį ekonomikai bei visuomenei, taip prisidedant prie ES žaliojo kurso tikslų stebėsenos. Be to, indeksas išryškina tiek pažangiausias valstybes (pvz., Daniją, Suomiją ar Vokietiją), tiek atsiliekančias šalis, sudarydamas prielaidas kryptingiau identifikuoti politikos intervencijų ir investicijų prioritetus. Verta pažymėti, kad Ekoinovacijų indeksas labiau orientuojasi į **ekonominę ekoinovacijų dimensiją**, nes jo sudėtyje reikšmingą vaidmenį atlieka tokie rodikliai kaip aplinkosauginių prekių ir paslaugų sektoriaus **pridėtinė vertė, eksportas** bei **užimtumas**, leidžiantys vertinti ne tik technologinę pažangą, bet ir ekoinovacijų kuriamą ekonominę naudą [57].

4 lentelė. Rodikliai naudojami analizuoti ekonominę ir aplinkosauginę gerovę [39]

Atliekų tvarkymas	Aplinkosauginiai rodikliai	Ekonominiai rodikliai	Išteklių efektyvumas
Komunalinių atliekų perdirbimo rodiklis (%); elektronikos atliekų (e-atliekų) perdirbimo rodiklis (%); atliekų šalinimo sąvartynuose rodiklis, neįskaitant pagrindinių mineralinių atliekų (%)	Ekologinių inovacijų indeksas; atsinaujinančios energijos dalis galutiniame energijos suvartojime (%); Šiltnamio efekta sukeliančių dujų (ŠESD) emisijų intensyvumas energijos vartojime; atsinaujinančios energijos dalis transporto kuro suvartojime (%)	Aplinkosaugos mokesčių pajamos; energetikos mokesčių dalis BVP; energijos suvartojimas vienam BVP vienetai; energijos gamyba vienam BVP vienetai; atsinaujinančios energijos suvartojimas vienam BVP vienetai; atsinaujinančios energijos gamyba vienam BVP vienetai; ne finansų verslo sektoriaus sukurta pridėtinė vertė	Energijos našumas; iš atsinaujinančių šaltinių pagamintos elektros energijos kiekis; atsinaujinančios energijos suvartojimas; energijos gamyba; atsinaujinančios energijos gamyba

Žaliojo augimo indeksas (ŽAI) (angl. *Green Growth Index – GGI*) yra Global Green Growth Institute parengtas sudėtinis indeksas, skirtas vertinti šalių pažangą pereinant prie „žaliosios“ ekonomikos. Indeksas apima keturias pagrindines dimensijas – tvarų ir efektyvų išteklių naudojimą, gamtinio kapitalo apsaugą, žaliąsias ekonomines galimybes ir socialinę įtrauktį – kurios apjungiamos naudojant standartizuotų rodiklių sistemą. Ypatingas dėmesys skiriamas ekonominei žaliosios transformacijos pusei, vertinant aplinkosauginių prekių ir paslaugų eksportą, žaliąjį užimtumą bei su aplinka susijusias inovacijas, tokias kaip patentai. Tokia ŽAI struktūra sudaro galimybes vertinti ne vien aplinkosauginius pasiekimus, bet ir platesnį žaliosios ekonomikos poveikį, apimančią jos kuriamą ekonominę ir socialinę pridėtinę vertę [58].

Rokas Alekna ir Eglė Kazlauskienė plačiai išnagrinėjo mokslinius straipsnius, kuriuose yra vertinama Žaliosios energetikos plėtra [20]. Šiame straipsnyje yra įvertinami 8 kiti moksliniai straipsniai ir išsamiai aprašoma, kokie pagrindiniai rodikliai buvo vertinti kiekviename iš jų. Dažniausiai minimus rodiklius (žr. 13 pav.) sudaro BVP (bendrasis vidaus produktas), šiltnamio efekta sukeliančių dujų emisijos, darbo jėga, bendras pirminės energijos suvartojimas ir energijos efektyvumas. Mažiausiai minimi rodikliai yra skurdo riba (arba skurdo atotrūkis), ekosistemos, biologinė įvairovė, vidaus oro tarša, geras valdymas ir pan. [20].



13 pav. Dažniausiai vertinami rodikliai mokslinėje literatūroje vertinant žaliosios energetikos plėtrą (sudaryta autoriaus remiantis Roko Alekno ir Eglės Kazlauskienės straipsniu, 2020 [20])

Apibendrinant mokslinėje literatūroje dažniausiai taikomus žaliąją energetiką vertinančius rodiklius, matyti, kad AEI plėtros poveikis ekonomikai yra kompleksinis ir apima tiek ekonominius, tiek aplinkosauginius bei socialinius aspektus. Dėl to pavienių rodiklių analizė ne visuomet leidžia visapusiškai įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių plėtros poveikį, todėl tolesniame tyrime AEI poveikio ekonomikai vertinimui taikomas sudėtinis indeksas, sudarantis galimybes sistemiskai integruoti esminius kintamuosius ir atlikti lyginamąją ES valstybių analizę.

3. Atsinaujančiųjų energijos išteklių poveikio šalies ekonomikai įvertinimo indeksu metodologija

Indeksas kuriamas siekiant kompleksiškai įvertinti nagrinėjamą problemą, apjungiant tarpusavyje susijusius rodiklius ir jų grupes į vieną apibendrintą matą. Toks vertinimo instrumentas leidžia kiekybiškai palyginti skirtingų šalių ar regionų plėtros, konkurencingumo bei ekonominius ir socialinius aspektus, remiantis vieningu metodologiniu pagrindu [53].

3.1. Indekso kūrimo etapai

Norint sukurti išsamų, patikimą, lengvai suprantamą indeksą, kuriame atspindėtų ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių tendencijų vaizdas yra reikalinga apsibrėžti žingsnius. Bruneckienės knygoje yra išskirti pagrindiniai indekso sudarymo etapai (žr. 14 pav.).



14 pav. Indekso skaičiavimo etapai [53]

1. Modelio formavimas: veiksmų identifikavimas. Pirmajame etape atliekamas modelio formavimas, kurio metu identifikuojami vertinimą apibūdinantys veiksniai ir suformuojamos jų grupės. Kiekvieną veiksmų grupę sudaro keli pagrindiniai veiksniai [53].

2. Veiksmų rodiklių reikšmių nustatymas. Indekso kokybė ir gautų rezultatų patikimumas dažnai priklauso nuo skaičiavimuose naudotų duomenų tinkamumo. Siekiant užtikrinti indeksų skaičiavimo pagrįstumą, taikomiems duomenims keliami šie pagrindiniai reikalavimai [53]:

- Tinkamumas – duomenys turi adekvačiai atspindėti analizuojamą veiksnį;

- Pasiekiamumas – duomenų prieinamumas visose analizėje įtrauktose teritorijose ir nagrinėjamais laikotarpiais;
- Patikimumas – duomenys turi būti gauti iš patikimų, objektyvių šaltinių;
- Aktualumas – duomenys turi atspindėti tiriamą laikotarpį;
- Palyginamumas – leidžia atlikti skirtingų valstybių tarpusavio palyginimus.

3. Veiksnių rodiklių reikšmių normavimas. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių panaudojimo vertinimas yra kompleksinis, kurį lemia daugelis tarpusavyje susijusių veiksnių, išreiškiamų skirtingais rodikliais ir matavimo vienetais. Siekiant užtikrinti rodiklių tarpusavio palyginamumą, jų reikšmės turi būti normalizuojamos. Normavimo procedūra leidžia pašalinti skirtingų matavimo skalių įtaką ir palyginti šalis tarpusavyje. Moksliniuose darbuose skaičiuojant indeksus taikomi skirtingi duomenų normavimo metodai, vienas populiariausių naudojamas ir šiame darbe – atstumo nuo minimalios ir maksimalios reikšmės metodas. Normavimuose naudojamos (1) ir (2) formulės [53].

4. Svorio koeficientų nustatymas. Literatūroje vyrauja skirtingi svorio koeficientų nustatymo būdai. Neretai koeficientai nustatomi remiantis ekspertų analize, kitų mokslininkų tyrimais, kur pasitelkiant įvairias apklausas yra priskiriami skirtingi koeficientų svoriai kiekvienam rodikliui. Kuo svarbesnis rodiklis analizuojamai temai – tuo didesnis koeficiento svoris. Taip pat, autoriai dažnai rodikliams suteikia vienodo svorio koeficientus. Remiantis kitų mokslinių straipsnių analizėmis ir jų metodologija, šiame darbe bus naudojami vienodo svorio koeficientai [18,37,39,41,42].

5. Indekso skaičiavimas. Šiame etape visi anksčiau apskaičiuoti rodikliai sudedami pagal adityvią formulę, kad būtų gautas vienas bendras indekso skaičius.

3.2. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio šalies ekonomikai indekso konstravimas

Remiantis literatūra, kitų autorių ar institucijų sudarytais indeksais, sudaroma šiame tyrime konstruojamo AEIPE indekso struktūra. Ligus ir Peternek (2014) pažymi, kad energetikos kontekste tvarumas suprantamas kaip tokių energijos šaltinių naudojimas, kurie atitinka tris pagrindinius kriterijus. Pirma, šie energijos šaltiniai neturi būti reikšmingai išekvojami dėl ilgalaikio jų naudojimo. Antra, jų naudojimas neturi sukelti reikšmingos taršos ar kelti grėsmės žmogaus sveikatai, ekosistemoms ir klimato sistemoms. Trečia, tokie energijos šaltiniai neturi prisidėti prie socialinių neteisingumo formų įtvirtinimo ar jų ilgalaikio palaikymo. Šie kriterijai glaudžiai siejami su ekonominiais, aplinkosauginiais ir socialiniais darniojo vystymosi aspektais [18].

5 lentelėje pateikiama pasirinktų atsinaujinančiųjų energijos išteklių ir su jais susijusių ekonominių, socialinių bei aplinkosauginių rodiklių apžvalga mokslinėje literatūroje ir tarptautiniuose indeksuose. Tai leidžia sistemiškai įvertinti rodiklių paplitimą, jų interpretavimo skirtumus ir pagrįsti pasirinktų rodiklių taikymą tolesnėje analizėje. Kaip matyti iš pateiktos rodiklių apžvalgos, atsinaujinančiųjų energijos išteklių plėtra ir jos poveikis vertinami pasitelkiant skirtingus ekonominius, socialinius ir aplinkosauginius rodiklius, kurių pasirinkimas literatūroje ir sudėtinuose indeksuose nėra vienodas. Analizuojant kitų autorių straipsnius bei sudarytus tarptautinius indeksus, pastebėta, kad dažniausiai pasikartojantys rodikliai yra šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos (arba tik CO₂ dujų) bei AEI dalis galutiniam/pirminiam energijos balanse. Valdysenos aspektas vertinant atsinaujinančiųjų energijos išteklių plėtrą literatūroje interpretuojamas nevienodai ir apima tiek institucinius, tiek administracinius ar vadybinius elementus. Nahman ir kt. straipsnyje yra naudojami World Bank duomenys, ir išvedamas aritmetinis visų 6 institucinės aplinkos indeksų įvertinimo rodiklis.

Cucchiella ir kt. analizėje vertinamos valdžios išlaidos aplinkosaugos sektoriaus veiksmams. Eco-innovation indekse pasitelkiamas išduotų ISO 14001 sertifikatų, atspindinčių organizacijų aplinkosaugos vadybos sistemų diegimą, skaičius vienam gyventojui [18, 41, 57].

5 lentelė. Pasirinktų AEI rodiklių panaudojimas moksliniuose šaltiniuose ir indeksuose

Rodikliai/Šaltiniai	Ligus ir Peternek (2014) [18]	Nahman ir kt. (2016) [37]	Cucchiella ir kt. (2017) [41]	Iddrissu ir Bhattacharyy a (2015) [42]	Busu ir Trica (2019) [50]	ŽAI indeksas [58]	Eco-innovation indeksas [57]
Valdysenos indeksas	Ne	Taip	Taip	Ne	Ne	Ne	Taip
Pajamos iš AEI sektoriaus	Taip	Ne	Ne	Ne	Taip	Ne	Taip
Eksportas iš AEI sektoriaus	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne	Taip	Taip
Atsinaujinančiosios energetikos patentai	Ne	Taip	Ne	Ne	Ne	Taip	Taip
Gyventojai, negalintys pakankamai šildyti būsto	Taip	Ne	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne
AEI sukuriama darbo vietos	Ne	Taip	Ne	Ne	Taip	Taip	Taip
AEI dalis transporto sektoriuje	Taip	Ne	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne
ŠES dujų emisijos	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Ne
AEI dalis galutiniame energijos suvartojime	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Ne

Pajamų ir eksporto rodikliai literatūroje dažnai taikomi siekiant įvertinti ekonominę atsinaujinančių energijos išteklių plėtros poveikį, tačiau jų apibrėžimas ir taikymo būdai skiriasi. Dalis tyrimų ekonominę AEI indėlį vertina netiesiogiai, naudodami rodiklius, tokius kaip energijos ar aplinkosaugos mokesčių pajamos, arba makroekonominio aspektu, pavyzdžiui, kaip aplinkosauginių prekių ir paslaugų sektoriaus pridėtinę vertę. Eksporto aspektas dažniausiai nagrinėjamas per aplinkosauginių ar žaliųjų technologijų produktų eksporto dalį bendrame šalies eksporte, kuri interpretuojama kaip šalies konkurencingumo ir dalyvavimo tarptautinėse žaliosios ekonomikos vertės grandinėse indikatorius. Atsižvelgiant į tai, kad tiesioginiai AEI sektoriaus pajamų ir eksporto duomenys ne visuomet yra prieinami ar palyginami, šie rodikliai dažnai naudojami kaip artimi, ekonominę poveikį vertinantys rodikliai, leidžiantys kompleksiščiau įvertinti AEI plėtros reikšmę ekonomikai [18, 50, 57, 58].

Patentų rodiklis literatūroje ir sudėtinuose indeksuose dažniausiai pasitelkiamas siekiant įvertinti inovacinę atsinaujinančių energijos išteklių plėtros aspektą ir technologinį pažangumą. Dalis tyrimų patentų kiekį naudoja kaip tiesioginį aplinkosauginių ar su energija susijusių technologijų inovatyvumo matą, išreikštą šių patentų dalimi bendrame patentų skaičiuje, tuo tarpu sudėtiniai indeksai šį rodiklį dažniau normalizuoja pagal gyventojų skaičių, taip užtikrindami tarptautinį palyginamumą. Nors patentų skaičius tiesiogiai neatskleidžia technologijų masto ar jų ekonominės grąžos, jis laikomas svarbiu inovacinio potencialo ir žinių kūrimo intensyvumo indikatoriumi. Atsižvelgiant į tai, patentų rodiklis šiame tyrime naudojamas siekiant papildyti ekonominių ir

aplinkosauginių rodiklių analizę bei įvertinti AEI plėtros sąsajas su technologine pažanga [37, 57, 58].

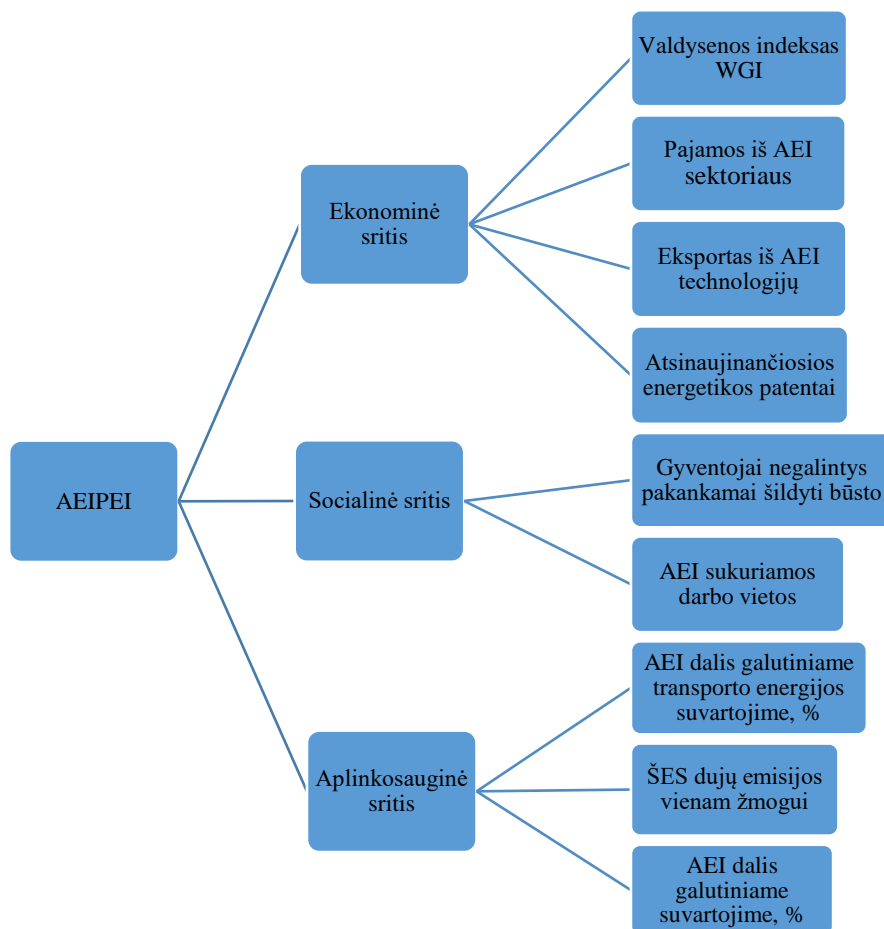
Energijos prieinamumo aspektas literatūroje dažnai vertinamas pasitelkiant energetinio skurdo rodiklius, kurie atspindi namų ūkių galimybes patenkinti pagrindinius energijos poreikius. Vienas plačiausiai taikomų socialinių indikatorių yra gyventojų dalis, negalinti pakankamai susišildyti būsto, laikoma tiesioginiu energijos nepritekliaus ir socialinio pažeidžiamumo matu. Šis rodiklis leidžia įvertinti, ar atsinaujinančių energijos išteklių plėtra ir energetikos pertvarka prisideda ne tik prie aplinkosauginių tikslų, bet ir prie energijos prieinamumo bei socialinės gerovės didinimo [18, 42, 58].

AEI sukuriamų darbo vietų rodiklis literatūroje naudojamas siekiant įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių plėtros socialinį ir ekonominį poveikį. Šis aspektas dažniausiai matuojamas per užimtųjų skaičių žaliųjų ar aplinkosauginių veiklų sektoriuose arba per darbo vietų dalį bendroje darbo rinkoje, taip atspindint AEI indėlį į ekonominį aktyvumą ir regioninį užimtumą. Pavyzdžiui, Nahman ir kt. straipsnyje yra pasitelkiama visos šalies užimtumo dalis, Busu ir Trica skaičiuoja vieno darbuotojo produktyvumą (BVP/Darbo valandos) ir lygina su ES vidurkiu. Tuo tarpu ŽAI ir Eco-innovation indeksuose yra pasitelkiamas darbuotojų, dirbančiųjų EGSS (*Environmental Goods and Services Sector*) sektoriuje dalis [37, 50, 57, 58].

Atsinaujinančių energijos išteklių dalis transporto sektoriuje literatūroje naudojama siekiant įvertinti energetikos pertvarkos pažangą viename sudėtingiausių transformuoti sektorių. Šis rodiklis paprastai apima biokuro, atsinaujinančios elektros energijos ar kitų alternatyvių energijos šaltinių dalį bendrame transporto energijos suvartojime ir atspindi tiek politinių priemonių, tiek technologinio progreso rezultatus. Kadangi transporto sektorius pasižymi dideliu priklausomumu nuo iškastinio kuro, AEI dalies jame didėjimas laikomas svarbiu struktūriniu pokyčiu, turinčiu reikšmingą poveikį šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažinimui [18, 41].

Analizuojant aplinkosauginius AEI poveikio rodiklius, literatūroje pastebima reikšminga metodologinių pasirinkimų įvairovė. Dalis autorių remiasi vien tik anglies dioksido (CO₂) emisijomis, siekdami tiesiogiai užfiksuoti energijos gamybos ir vartojimo poveikį klimatui, kadangi CO₂ sudaro didžiausią šiltnamio efektą sukeliančių dujų dalį energetikos sektoriuje. Kiti tyrimai taiko platesnį požiūrį ir analizėje naudoja bendrą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, išreikštą CO₂ ekvivalentu, įtraukdami metaną (CH₄), diazoto oksidą (N₂O) ir kitus junginius, taip siekdami visapusiškiau įvertinti skirtingų sektorių ir procesų poveikį klimatui. Be to, siekiant užtikrinti tarptautinį palyginamumą, emisijų rodikliai dažnai normalizuojami pagal gyventojų skaičių arba santykiyje su energijos suvartojimu, BVP ar kitais mastą apibūdinančiais dydžiais, kas lemia skirtingas rezultatų interpretacijas net ir naudojant panašius duomenų šaltinius. Panaši metodologinė įvairovė pastebima ir vertinant atsinaujinančių energijos išteklių dalį galutiniame energijos suvartojime. Dalis autorių AEI plėtrą vertina plačiai, skaičiuodami atsinaujinančios energijos dalį bendrame galutiniame energijos suvartojime, taip apimdami elektros, šildymo ir transporto sektorius. Tuo tarpu kiti tyrimai apsiriboja siauresne perspektyva ir analizuoja tik atsinaujinančios energijos dalį elektros energijos gamyboje ar suvartojime, argumentuodami, kad elektros sektorius pasižymi greičiausiu technologiniu progresu ir didžiausiu AEI potencialu. Kai kuriais atvejais AEI dalis lyginama su pirminės energijos tiekimu arba apskaičiuojama atskiruose sektoriuose, pavyzdžiui, transporte, siekiant išryškinti sektorių tarpusavio skirtumus ir struktūrinius energetikos sistemos pokyčius. Šie metodologiniai pasirinkimai lemia, kad skirtingų tyrimų rezultatai nėra tiesiogiai palyginami, tačiau kartu atskleidžia

AEI poveikio kompleksiskumą ir pagrindžia sudėtinio rodiklio taikymo poreikį siekiant sistemiskai įvertinti energetinės transformacijos aplinkosauginius aspektus [18, 37, 41, 42, 50, 57, 58].



15 pav. AEI poveikio ekonomikai indekso struktūra

15 paveiksle pateikta atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio ekonomikai indekso struktūra, grindžiama trimis pagrindinėmis vertinimo sritimis – ekonomine, socialine ir aplinkosaugine. Kiekvieną sritį apibūdina konkretūs rodikliai, leidžiantys įvertinti atsinaujinančiosios energetikos plėtrą ir jos poveikį nacionaliniu lygmeniu. Ekonominė sritis apima valdysenos, sektoriaus pajamų, technologijų eksporto bei inovacijų aspektus, socialinė sritis orientuota į užimtumo ir energijos prieinamumo rodiklius, o aplinkosauginė sritis atspindi energijos vartojimo struktūrą ir poveikį aplinkai per emisijų rodiklius. Šių sričių integravimas į bendrą indeksą sudaro sąlygas kompleksiskai ir sistemiskai įvertinti atsinaujinančiosios energetikos raidą.

Remiantis atlikta literatūros analize, įvairių indeksų sudarymo metodikomis, atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio ekonomikai pagrindiniais veiksniais ir rodikliais, atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio ekonomikai indeksas (AEIPEI) bus konstruojamas išskiriant tris AEI poveikio ekonomikai sritis (žr. 15 pav.):

$$AEIPEI = w_1 * E_{AEI} + w_2 * S_{AEI} + w_3 * A_{AEI} \quad (8)$$

čia,

E_{AEI} – atsinaujinančiųjų energijos išteklių ekonominio poveikio subindeksas;

S_{AEI} – atsinaujinančiųjų energijos išteklių socialinio poveikio subindeksas;
 A_{AEI} – atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio aplinkosaugai subindeksas.
 $w_1...w_3$ – atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio šalies ekonomikai subindeksų svoriai, kurių suma lygi vienetui.

Ekonominio poveikio subindeksas. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio šalies ekonomikai indekso ekonominio poveikio subindeksas apskaičiuojamas pagal tokią lygtį:

$$E_{AEI} = w_1 * V_E + w_2 * P_E + w_3 * E_E + w_4 * I_E \quad (9)$$

čia,

V_E – šalies valdysenos rodiklis;

P_E – šalies pajamų iš atsinaujinančiosios energetikos sektoriaus rodiklis;

E_E – šalies eksporto iš atsinaujinančiosios energetikos technologijų rodiklis;

I_E – šalies AEI panaudojimo patentų paraiškų skaičiaus rodiklis;

$w_1..w_4$ – atsinaujinančiųjų energijos išteklių ekonominės srities rodiklių svoriai, kurių suma lygi vienetui.

6 lentelėje pateikiami rodikliai, kurie naudojami apskaičiuojant AEI ekonominio poveikio subindeksą.

6 lentelė. AEIPE indekso ekonominio poveikio subindeksą apibūdinantys rodikliai

Poveikio kryptis	Rodiklis	Rodiklio apskaičiavimas
V_E , šalies institucinė ir reguliacinė aplinka	Pasaulio Banko (angl. <i>World Bank</i>) sudarytas indeksas Pasaulinis valdymo indeksas (angl. <i>World Governance Index</i>), kuris įvertina šalių institucinę/teisinę aplinką	Visų 6 valdysenos indeksų aritmetinis vidurkis.
P_E , pajamos šalyje, susijusios su atsinaujinančiosios energetikos plėtra	Dalis nuo BVP bendros piniginės vertės, kurią sukuria AEI sektorius. Pvz. įrangos gamyba, diegimas, eksploatavimas, energijos gamyba, proc.	EurObserv'ER pateikta informacija kiekvienos šalies metinės pajamos iš AEI sektoriaus / šalies BVP dydis.
E_E , atsinaujinančiosios energetikos technologijų sukuriamas eksportas	Atsinaujinančiosios energetikos sukuriama fizinio eksporto dalis nuo BVP, proc. (pvz. materialios prekės, saulės, vėjo, hidro energetikos įranga, biokuras ir pan.)	Atsinaujinančiųjų energijos išteklių technologijų šalyje sukurtas eksportas/šalies BVP dydis remiantis Eurostat duomenimis.
I_E , atsinaujinančiosios energetikos srityje sukurtų patentų skaičius, šalies inovacijos	Šalyje pateiktų atsinaujinančiosios energetikos patentų skaičius 1 žmogui	IRENA duomenimis išleistų atsinaujinančiųjų energijos išteklių technologijų patentų skaičius padalintas iš šalies populiacijos.

Socialinio poveikio subindeksas. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio šalies ekonomikai indekso socialinio poveikio subindeksas apskaičiuojamas pagal tokią lygtį:

$$S_{AEI} = w_1 * \check{S}P_S + w_2 * DV_S \quad (10)$$

čia,

$\check{S}P_S$ – gyventojų, neišgalinčių šildytis būstus šalyje, dalis;

DV_S – dirbančiųjų dalis atsinaujinančiosios energetikos sektoriuje;

w_1, w_2 – atsinaujinančiųjų energijos išteklių socialinės srities rodiklių svoriai, kurių suma lygi vienetui.

7 lentelė. AEIPE indekso socialinio poveikio subindeksą apibūdinantys rodikliai

Poveikio kryptis	Rodiklis	Rodiklio apskaičiavimas
$\check{S}P_s$, energijos prieinamumas žmonėms	Dalis gyventojų šalyje, kurie neišgali sau leisti pakankamai šilto būsto, proc.	Eurostat apklausų duomenys dėl nepakankamo šildymo.
DV_s , atsinaujinančiųjų energijos išteklių sektoriuje sukuriamos darbo vietos	Dirbantieji atsinaujinančiosios energetikos sektoriuje, proc.	Dirbančiųjų atsinaujinančiosios energetikos sektoriuje skaičius/ bendras dirbančiųjų skaičius šalyje (žm. skaičius). Duomenys iš EurObserv'ER bei Eurostat duomenų bazių.

Aplinkosaugos subindeksas. Atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio šalies ekonomikai indekso aplinkosaugos poveikio subindeksas apskaičiuojamas pagal tokią lygtį:

$$A_{AEI} = w_1 * TS_A + w_2 * AD_A + w_3 * GS_A \quad (11)$$

čia,

TS_A – transporto sektoriuje šalyje sunaudojama AEI dalis;

AD_A – anglies dioksido sukuriamos taršos dydis šalyje;

GS_A – atsinaujinančiųjų energijos išteklių dalis galutiniame šalies energijos suvartojime;

$w_1..w_3$ – atsinaujinančiųjų energijos išteklių aplinkosauginės srities rodiklių svoriai, kurių suma lygi vienetui.

8 lentelė. AEIPE indekso aplinkosaugos poveikio subindeksą apibūdinantys rodikliai

Poveikio kryptis	Rodiklis	Rodiklio apskaičiavimas
TS_A , atsinaujinančiųjų energijos išteklių panaudojimas transporto sektoriuje	Atsinaujinančiųjų energijos išteklių panaudojimo dalis transporto sektoriuje	Šalies AEI kiekis (ktoe) transporto sektoriuje/visas šalies transporto sektoriaus suvartojimas (ktoe). Eurostat.
AD_A , atsinaujinančiųjų energijos išteklių naudojimas mažina šiltnamio efektą sukuriančių dujų kiekį ore	Šiltnamio dujų sukurtas kiekis vienam gyventojui (tūkst. tonų).	Visos šalies sukurtas šiltnamio dujų išmetimas į aplinką/šalies populiaciją atėmus žemės ūkį ir miškininkysę. Eurostat.
GS_A , atsinaujinančiųjų energijos išteklių panaudojimas galutiniame šalies energijos suvartojime	Dalis AEI panaudojimo galutiniame šalies energijos suvartojime, proc.	Galutinė energija panaudota iš AEI / visa šalyje sunaudota galutinė energija. Eurostat.

Šiame tyrime bus analizuojamos 27 Europos Sąjungos valstybės – Belgija, Bulgarija, Čekija, Danija, Vokietija, Estija, Airija, Graikija, Ispanija, Prancūzija, Kroatija, Italija, Kipras, Latvija, Lietuva, Liuksemburgas, Vengrija, Malta, Nyderlandai, Austrija, Lenkija, Portugalija, Rumunija, Slovėnija, Slovakija, Suomija, Švedija. Analizuojamasis laikotarpis apima dešimtmetį, laikotarpį nuo 2015 iki 2024 metų. Remiantis kitų autorių analizėmis, egzistuojančiais atsinaujinančiosios energetikos indeksais tyrime išskirtos 3 pagrindinės poveikio ekonomikai sritys: ekonominė, socialinė, aplinkosauginė. Ekonominė sritis sudaryta iš 4 rodiklių, socialinė iš 2 ir aplinkosauginė iš 3 rodiklių. Šie rodikliai naudojami kiekvienos srities subindekso apskaičiavimui.

Trūkstami duomenys. Kadangi rengiant darbą nebuvo prieinami 2024 metų duomenys trims rodikliams (AEI sukuriams darbo vietoms, pajamoms iš AEI sektoriaus, bei šiltnamio efektą

sukuriančių dujų kiekio), trūkstamos reikšmės buvo užpildytos taikant geometrinės interpoliacijos metodą MS Excel programoje. Šiuo principu duomenys buvo apskaičiuoti remiantis 2019 metų ir 2023 metų prieinamų reikšmių santykiu, darant prielaidą, kad rodiklis kito tolygiu procentiniu tempu. Šis laikotarpis pasirinktas dėl COVID-19 įtakos daugeliui ekonomikos sektorių. Toks metodas leidžia išlaikyti laiko eilutės dinamiką ir yra tinkamas ekonominiams bei energetikos rodikliams, kuriems būdingas laipsniškas augimas ar mažėjimas.

3.3. Klasterinė analizė

Klasterinė analizė – tai daugiamačių analizės metodų visuma, kurios pagrindinis tikslas yra sugrupuoti objektus, elementus ar individus (šiuo atveju – Europos Sąjungos valstybes) pagal jų savybes. Klasterizavimas taikomas plačiai: marketinge, medicinoje, ekonomikoje, biologijoje ir daugelyje kitų sričių. Pagrindinis objektų grupavimo kriterijus yra jų tarpusavio panašumas. Tokiu būdu tam pačiam klasteriui priklausantys objektai yra panašūs pagal jiems vertintus kintamuosius, o skirtingiems klasteriams priskirti objektai pagal tuos pačius kintamuosius pasižymi reikšmingais skirtumais [54].

Klasterinei analizei atlikti naudojami kiekvienos ES valstybės AEIPE indekso duomenys 2015-2024 m. Duomenų struktūros identifikavimui ir vizualizavimui šiame darbe buvo pasitelkta hierarchinė klasterinė analizė bei pagrindinių komponentių analizė (angl. *Principal Component Analysis, PCA*), naudojant programinės įrangos R paketus *factoextra* ir *ggplot2*. Klasterizacija atlikta remiantis Euklido atstumu (angl. *Euclidean distance*), kuris matuoja geometrinį artumą tarp objektų n -matėje erdvėje, o jungimo procedūrai pasirinktas Wardo metodas (tiksliau – Ward.D2 algoritmas). Skirtingai nei kiti metodai, Wardo algoritmas minimizuoja suminį kvadratinį nuokrypį klasterių viduje, taip suformuodamas homogeniškas ir kompaktiškas grupes. Kadangi pradiniai duomenys pasižymėjo daugiamatiškumu, PCA metodas buvo panaudotas duomenų dimensijų mažinimui, transformuojant tarpusavyje koreliuotus kintamuosius į nekoreliuotas pagrindines komponentes. Šis procesas leido dešimties metų rodiklių dinamiką projektuoti į dvimatę plokštumą, išlaikant maksimalią pradinių duomenų dispersiją ir vizualiai pagrindžiant nustatytą klasterinę struktūrą.

4. Atsinaujančiųjų energijos išteklių panaudojimo poveikio ES šalių ekonomikoms vertinimo indeksu rezultatai

4.1. AEIPE indekso ekonominio poveikio subindeksas

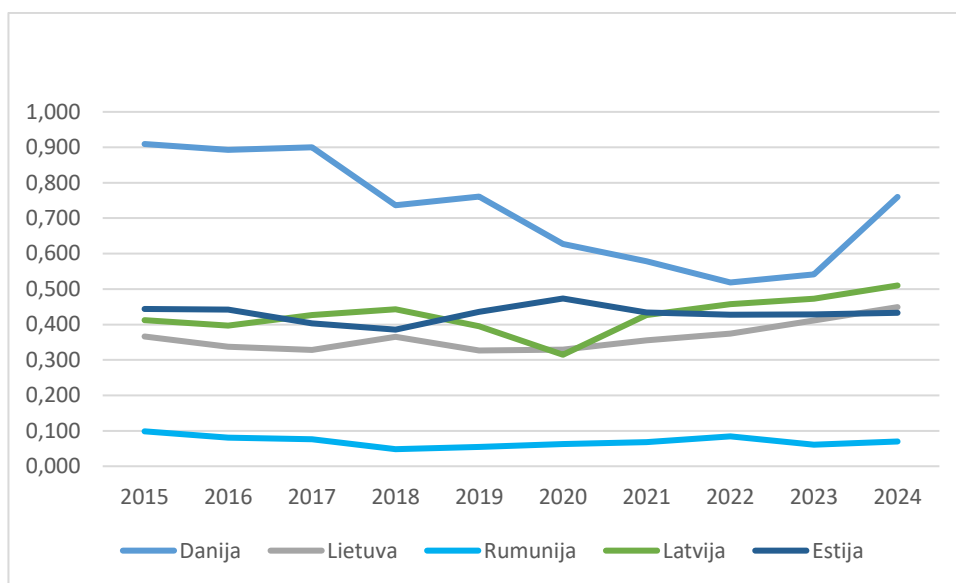
Ekonominio poveikio subindeksas sudarytas siekiant įvertinti, kaip atsinaujančių energijos išteklių (AEI) plėtra prisideda prie valstybių ekonominės veiklos, konkurencingumo ir inovacinio potencialo. Šis subindeksas apjungia keturis pagrindinius rodiklius, kurie mokslinėje literatūroje dažniausiai įvardijami kaip reikšmingiausi vertinant AEI poveikį šalies ekonomikai: valdysenos kokybę, pajamas iš AEI sektoriaus, AEI technologijų eksportą bei inovacinę veiklą, atspindimą patentų skaičiumi. Tokia rodiklių struktūra leidžia įvertinti ne tik tiesioginę AEI sektoriaus teikiamą ekonominę naudą, bet ir platesnį institucinį bei struktūrinį poveikį ekonomikai.

Ekonominio poveikio subindeksas yra apskaičiuojamas pagal 3.2 skyriuje pateiktą (9) formulę (žr. aukščiau). Visiems rodikliams yra suteikiami vienodo svorio koeficientai – 0,25 kurių suma lygi vienetui. Siekiant apskaičiuoti AEIPEI ekonominio poveikio subindeksą, apskaičiuojamos kiekvienos rodiklio reikšmės ir normalizuojamos tarp visų ES valstybių (žr. 1, 2, 3, 4 pried.). Apskaičiavus visų rodiklių reikšmes toliau apskaičiuojamas sudėtinis kiekvienos valstybės ekonomikos srities subindeksas (žr. 9 lent.).

9 lentelė. 2015-2024 m. ES valstybių AEIPE indekso ekonomikos srities poveikio subindekso vertės (skalėje nuo 0 iki 1)

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,206	0,200	0,195	0,194	0,181	0,187	0,188	0,201	0,204	0,206
Austrija	0,347	0,322	0,326	0,401	0,323	0,301	0,300	0,297	0,286	0,290
Belgija	0,279	0,276	0,305	0,336	0,381	0,389	0,349	0,392	0,388	0,465
Bulgarija	0,139	0,236	0,335	0,355	0,361	0,239	0,292	0,335	0,374	0,303
Čekija	0,231	0,218	0,231	0,216	0,207	0,201	0,206	0,236	0,183	0,256
Danija	0,909	0,893	0,900	0,737	0,761	0,627	0,579	0,519	0,541	0,760
Estija	0,444	0,442	0,403	0,386	0,435	0,473	0,434	0,427	0,428	0,433
Graikija	0,061	0,053	0,062	0,073	0,106	0,190	0,138	0,150	0,131	0,139
Ispanija	0,283	0,287	0,309	0,281	0,292	0,261	0,228	0,252	0,280	0,290
Italija	0,156	0,146	0,115	0,104	0,110	0,127	0,181	0,199	0,197	0,220
Kipras	0,316	0,375	0,390	0,368	0,377	0,291	0,279	0,208	0,124	0,120
Kroatija	0,203	0,223	0,283	0,263	0,251	0,241	0,195	0,125	0,118	0,117
Latvija	0,412	0,397	0,427	0,443	0,395	0,315	0,426	0,458	0,473	0,510
Lenkija	0,258	0,235	0,220	0,280	0,172	0,172	0,168	0,170	0,156	0,188
Lietuva	0,366	0,337	0,328	0,366	0,327	0,329	0,355	0,374	0,411	0,449
Liuksemburgas	0,327	0,330	0,364	0,450	0,346	0,508	0,492	0,480	0,489	0,496
Malta	0,191	0,178	0,175	0,162	0,289	0,238	0,225	0,246	0,205	0,187
Nyderlandai	0,378	0,411	0,508	0,551	0,534	0,581	0,558	0,507	0,571	0,608
Portugalija	0,278	0,261	0,292	0,361	0,418	0,288	0,256	0,246	0,237	0,214
Prancūzija	0,231	0,220	0,233	0,236	0,249	0,250	0,218	0,226	0,214	0,219
Rumunija	0,099	0,081	0,076	0,048	0,055	0,063	0,068	0,084	0,061	0,070
Slovakija	0,201	0,202	0,203	0,170	0,205	0,177	0,169	0,200	0,177	0,146
Slovėnija	0,302	0,324	0,332	0,407	0,250	0,405	0,218	0,183	0,182	0,206
Suomija	0,469	0,472	0,502	0,640	0,498	0,459	0,468	0,508	0,459	0,520
Švedija	0,403	0,377	0,356	0,336	0,423	0,379	0,380	0,453	0,406	0,453
Vengrija	0,268	0,269	0,316	0,398	0,264	0,252	0,200	0,249	0,188	0,230
Vokietija	0,468	0,457	0,487	0,480	0,466	0,455	0,355	0,347	0,319	0,357

Teoriškai, AEIPEI ekonominio poveikio subindekso reikšmės intervalas yra apibrėžiamas nuo 0 iki 1. Vis dėlto, remiantis 9 lentelėje pateiktais duomenimis, empirinio tyrimo metu nustatyta, kad faktinės šio subindekso reikšmės nagrinėjamu laikotarpiu svyravo kiek siauresniame intervale – nuo 0,048 fiksuotos Rumunijoje 2018 metais iki 0,909 Danijoje 2015 metais. Tokie rezultatai rodo, kad atsinaujinančiųjų energijos išteklių ekonominis poveikis nacionaliniam ūkiui, išreikštas AEIPEI ekonominio poveikio subindeksu, nagrinėjamu laikotarpiu pasižymėjo reikšminga dinamika.



16 pav. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso reikšmių dinamika pasirinktose šalyse 2015-2024 m.

16 paveiksle analizei pasirinktos Baltijos šalys (Lietuva, Latvija ir Estija), nes jos pasižymi panašiu istoriniu, ekonominiu ir energetikos politikos kontekstu, leidžiančiu nuosekliai palyginti regionines ekonominio poveikio tendencijas. Danija bei Rumunija, užimančios atitinkamai aukščiausią ir žemiausią pozicijas įtraukti kaip priešingi etalonai - atitinkamai gerosios praktikos ir didžiausių struktūrinių iššūkių pavyzdžiai, suteikiantys platesnį palyginamąjį Europos Sąjungos kontekstą. **Lietuva** tiriamuoju 2015–2024 m. laikotarpiu pasižymėjo vidutinio lygio AEIPEI ekonominio poveikio subindekso reikšmėmis Europos Sąjungos kontekste (nuo 0,327 2019 m. iki 0,449 2024 m.). Nors laikotarpio pradžioje subindekso reikšmės buvo santykinai stabilios, vėlesniais metais fiksuojama nuosaiki augimo tendencija (žr. 16 pav.), rodanti stiprėjantį atsinaujinančių energijos išteklių ekonominį vaidmenį šalies ekonomikoje. Lyginant su **Baltijos kaimynėmis**, analizuojamu laikotarpiu Lietuva užima žemiausią vietą (vidutiniškai 9 vieta tarp visų ES narių), atitinkamai Latvija – 6 vieta, Estija – 4. Stabilus augimas per pastaruosius metus leidžia teigti, kad Baltijos šalyse atsinaujinančiosios energetikos ekonominio poveikio didėjimas tampa bendru regioniniu reiškiniu.

Akivaizdžiai iš visų ES valstybių pagal ekonominę AEI poveikį šalies ekonomikai išsiskiria **Danija** (žr. 16 pav.). Danija nagrinėjamu laikotarpiu vidutiniškai yra 2 pagal valdysenos indeksą (WGI), 4 pagal sukuriamas pajamas, 3 pagal sukuriamą eksportą ir 3 pagal sukuriamus patentus iš visų 27 ES valstybių. Danija išsiskiria aukštu ekonominio poveikio subindekso įverčiu dėl ilgalaikės ir kryptingos atsinaujinančiosios energetikos politikos, stiprios institucinės aplinkos bei išplėto AEI sektoriaus ekonominio įsitraukimo. Nors 2019-2023 m. laikotarpiu pastebimas ženklus ekonominio poveikio subindekso mažėjimas, 2024 metais vėl seka kilimas iki 2019 m. lygio reikšmių.

Žemos **Rumunijos** AEIPEI ekonominio poveikio subindekso reikšmės (žr. 16 pav., 9 lent.) siejamos su keliais struktūriniais veiksniais, ribojančiais atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) plėtros

integraciją į šalies ekonomiką. Visų pirma, Rumunijai būdinga silpnesnė institucinė ir reguliacinė aplinka, atsispindinti žemesniuose valdysenos indekso rodikliuose (prasčiau tik Bulgarija), kas mažina investuotojų pasitikėjimą ir stabdo AEI projektų vystymą. Antra, AEI sektorius Rumunijoje kol kas generuoja palyginti nedideles pajamas nuo BVP, o šalis nėra reikšminga atsinaujinančiosios energetikos technologijų eksportuotoja Europos Sąjungos mastu. Tai rodo ribotą AEI sektoriaus ekonominį mastą ir menką jo įsitraukimą į tarptautines vertės grandines. Galiausiai, Rumunijos inovacinis potencialas atsinaujinančiosios energetikos srityje išlieka ribotas, ką patvirtina mažas AEI patentų skaičius vienam gyventojui. Dėl šių priežasčių AEI plėtra Rumunijoje dažniau orientuota į energijos gamybą vidaus poreikiams, tačiau nesukuria reikšmingos papildomos ekonominės vertės, todėl šalies ekonominio poveikio subindekso reikšmės išlieka žemos ES kontekste.

Apskaičiuotos AEIPEI ekonominio poveikio subindekso vertės bus pasitelkiamos AEIPE indeksui rasti.

4.2. AEIPE indekso socialinio poveikio subindeksas

Socialinio poveikio subindeksas sudarytas siekiant įvertinti, kaip atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) plėtra prisideda prie gyventojų socialinės gerovės ir socialinės atskirties mažinimo Europos Sąjungos valstybėse. Šis subindeksas apjungia du pagrindinius rodiklius, kurie mokslinėje literatūroje įvardijami kaip reikšmingi vertinant AEI socialinį poveikį: gyventojų dalį, negalinčią leisti sau tinkamai šildyti būsto, bei AEI sektoriuje sukurtą darbo vietų skaičių. Pirmasis rodiklis leidžia įvertinti AEI plėtros sąsajas su energetinio skurdo mažinimu ir energijos prieinamumo gerinimu, o antrasis atspindi AEI indėlį į užimtumo didinimą bei regioninę socialinę sanglaudą. Tokia rodiklių struktūra sudaro prielaidas įvertinti tiek AEI plėtros poveikį pažeidžiamiausioms gyventojų grupėms, tiek jos indėlį į darbo rinkos stiprinimą.

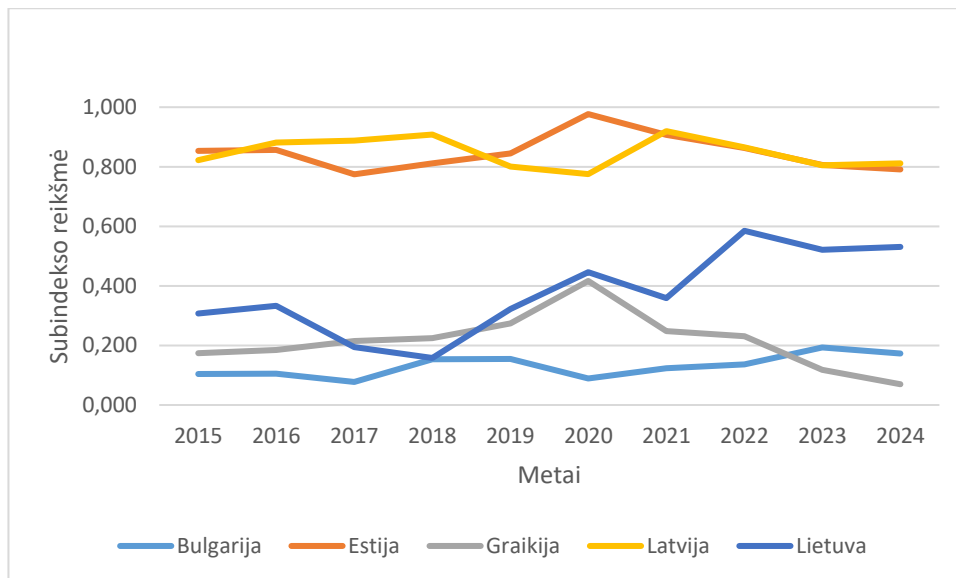
Socialinio poveikio subindeksas apskaičiuojamas pagal 3.2 skyriuje pateiktą (10) formulę (žr. aukščiau), abiem rodikliams suteikiant vienodo svorio koeficientus – 0,5, kurių suma lygi vienetui. Siekiant apskaičiuoti AEIPEI socialinio poveikio subindeksą, kiekvieno rodiklio reikšmės apskaičiuojamos ir normalizuojamos tarp visų Europos Sąjungos valstybių narių (žr. 5 ir 6 priedus), o vėliau apskaičiuojamas sudėtinis kiekvienos valstybės socialinio poveikio subindeksas (žr. 10 lentelę). Subindekso reikšmės kinta skalėje nuo 0,070 iki 0,977 kur didesnės reikšmės rodo palankesnę AEI socialinį poveikį. Analizuojant pateiktus duomenis, matyti, kad **didžiausiomis** socialinio poveikio subindekso reikšmėmis pasižymi **Šiaurės ir Vakarų** Europos valstybės. Visu analizuojamu laikotarpiu aiškiais **lyderiais išlieka Estija, Latvija, Švedija, Suomija ir Danija. Baltijos šalyse** atsinaujinančiosios energetikos plėtra turi reikšmingą įtaką darbo vietų kūrimui. Latvija (1), Estija (2) ir Lietuva (3) atitinkamai užima pirmas tris vietas pagal dalį dirbančiųjų AEI sektoriuje. Remiantis Eurostat duomenimis, būsto šildymo pakankamumo rodiklis (energijos prieinamumas) Lietuvoje yra itin žemas (antras blogiausias rezultatas po Bulgarijos 2015-2024 m. laikotarpyje), kas lemia santykinai žemas socialinio poveikio subindekso reikšmes [55].

Prasčiausiai socialinio poveikio subindekso vertinimuose pasirodo Pietų ir kai kurios Vidurio Europos šalys, tokios kaip **Bulgarija, Graikija, Kipras ir Portugalija**. Bulgarijos subindekso reikšmės visą laikotarpį išlieka itin žemos ir 2024 m. sudaro tik 0,173. Dar ryškesnė situacija stebima Graikijoje, kurios subindekso reikšmė 2024 m. siekia vos 0,070. Šių valstybių rezultatai atspindi galias energetinio skurdo problemas bei ribotą AEI sektoriaus gebėjimą generuoti pakankamą skaičių darbo vietų, ypač regioniniu lygmeniu.

10 lentelė. 2015-2024 m. ES valstybių AEIPE indekso socialinės srities poveikio subindekso vertės (skalėje nuo 0 iki 1)

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,410	0,470	0,483	0,466	0,449	0,464	0,484	0,423	0,364	0,433
Austrija	0,574	0,555	0,536	0,588	0,560	0,556	0,616	0,605	0,538	0,542
Belgija	0,444	0,459	0,448	0,444	0,486	0,511	0,487	0,474	0,411	0,449
Bulgarija	0,105	0,105	0,077	0,154	0,155	0,089	0,123	0,137	0,193	0,173
Čekija	0,528	0,543	0,537	0,544	0,562	0,554	0,576	0,609	0,421	0,450
Danija	0,741	0,730	0,768	0,683	0,688	0,732	0,831	0,734	0,604	0,657
Estija	0,854	0,856	0,775	0,811	0,845	0,977	0,907	0,863	0,806	0,792
Graikija	0,174	0,185	0,215	0,224	0,274	0,417	0,248	0,231	0,119	0,070
Ispanija	0,486	0,487	0,515	0,462	0,534	0,441	0,318	0,284	0,151	0,181
Italija	0,418	0,409	0,348	0,333	0,373	0,415	0,509	0,513	0,423	0,449
Kipras	0,163	0,211	0,206	0,190	0,168	0,125	0,159	0,167	0,117	0,156
Kroatija	0,611	0,591	0,594	0,590	0,585	0,575	0,583	0,546	0,514	0,537
Latvija	0,822	0,881	0,887	0,908	0,801	0,775	0,920	0,865	0,805	0,812
Lenkija	0,482	0,482	0,460	0,472	0,507	0,540	0,588	0,568	0,524	0,576
Lietuva	0,307	0,333	0,194	0,158	0,322	0,446	0,359	0,585	0,521	0,531
Liuksemburgas	0,573	0,568	0,536	0,521	0,558	0,559	0,571	0,566	0,543	0,508
Malta	0,405	0,488	0,480	0,432	0,852	0,720	0,668	0,683	0,613	0,517
Nyderlandai	0,498	0,533	0,493	0,511	0,535	0,671	0,636	0,585	0,527	0,539
Portugalija	0,298	0,292	0,302	0,283	0,698	0,458	0,163	0,366	0,205	0,242
Prancūzija	0,493	0,506	0,482	0,473	0,471	0,474	0,485	0,280	0,296	0,280
Rumunija	0,417	0,410	0,430	0,433	0,400	0,377	0,367	0,256	0,251	0,277
Slovakija	0,534	0,531	0,522	0,525	0,496	0,495	0,495	0,497	0,378	0,353
Slovėnija	0,490	0,518	0,493	0,504	0,491	0,876	0,572	0,604	0,553	0,594
Suomija	0,740	0,742	0,736	0,662	0,691	0,672	0,675	0,836	0,703	0,700
Švedija	0,663	0,622	0,593	0,588	0,734	0,701	0,727	0,777	0,600	0,631
Vengrija	0,495	0,502	0,513	0,503	0,560	0,580	0,540	0,656	0,495	0,513
Vokietija	0,585	0,563	0,551	0,531	0,561	0,482	0,561	0,516	0,440	0,487

17 paveiksle vaizduojama AEIPEI socialinio poveikio subindekso reikšmių dinamika 2015–2024 m. pasirinktose ES šalyse: Bulgarijoje, Estijoje, Graikijoje, Latvijoje ir Lietuvoje. Matyti, kad Latvijos ir Estijos rodikliai visą laikotarpį išlieka aukščiausi ir gana stabilūs, nors fiksuojami nedideli svyravimai. Lietuvoje stebimas ryškesnis augimas nuo laikotarpio vidurio, o pabaigoje reikšmės stabilizuojasi. Tuo tarpu Graikijos ir Bulgarijos subindekso reikšmės yra žemesnės ir labiau kintančios, o Graikijoje laikotarpio pabaigoje matoma ryškesnė mažėjimo tendencija.



17 pav. AEIPEI socialinio poveikio subindekso reikšmės dinamika pasirinktose šalyse 2015-2024 m.

Apibendrinant galima teigti, kad AEIPEI socialinio poveikio subindekso rezultatai išryškina aiškią diferenciaciją tarp ES valstybių: aukščiausius rezultatus pasiekia šalys, kurios AEI plėtrą sėkmingai integruoja į socialinės politikos tikslus, o žemiausi rodikliai būdingi valstybėms, kuriose energetinis skurdas išlieka struktūrine problema, o AEI sektoriaus socialinis potencialas dar nėra pakankamai išvystytas.

4.3. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindeksas

Aplinkosauginio poveikio subindeksas sudarytas siekiant įvertinti, kaip atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) plėtra prisideda prie aplinkos būklės gerinimo, klimato kaitos švelninimo ir energetikos sektoriaus tvarumo didinimo. Šis subindeksas apjungia tris pagrindinius rodiklius, kurie mokslinėje literatūroje įvardijami kaip esminiai vertinant AEI poveikį aplinkosauginei sričiai: ŠESD emisijas vienam gyventojui, AEI dalį galutiniame energijos suvartojime bei AEI dalį galutiniame transporto energijos suvartojime.

Pasirinkti rodikliai leidžia kompleksiskai įvertinti AEI poveikį aplinkai – tiek tiesioginį, susijusį su šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų mažėjimu, tiek struktūrinį, atspindintį energetikos sistemos transformaciją ir perėjimą prie mažiau taršių energijos vartojimo formų. CO₂ emisijos vienam gyventojui parodo bendrą šalies aplinkosauginį poveikį klimato kaitai, o AEI dalis galutiniame energijos ir transporto sektoriaus suvartojime – AEI integracijos mastą skirtinguose energetikos sektoriuose.

Aplinkosauginio poveikio subindeksas apskaičiuojamas pagal 3.2 skyriuje pateiktą (11) formulę (žr. aukščiau). Visiems rodikliams suteikiami vienodo svorio koeficientai – po 1/3, kurių suma lygi vienetui. Siekiant apskaičiuoti AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindeksą, pirmiausia apskaičiuojamos ir normalizuojamos kiekvieno rodiklio reikšmės, kurios vėliau normalizuojamos tarp visų Europos Sąjungos valstybių narių (žr. 7, 8 ir 9 priedus). Aukštesnės subindekso reikšmės rodo palankesnę AEI poveikį aplinkosauginei sričiai.

Apskaičiavus visų rodiklių reikšmes, toliau nustatomas sudėtinis kiekvienos valstybės aplinkosauginio poveikio subindeksas (žr. 11 lent.), kuris toliau bus naudojamas bendrajai AEIPEI indekso reikšmei formuoti.

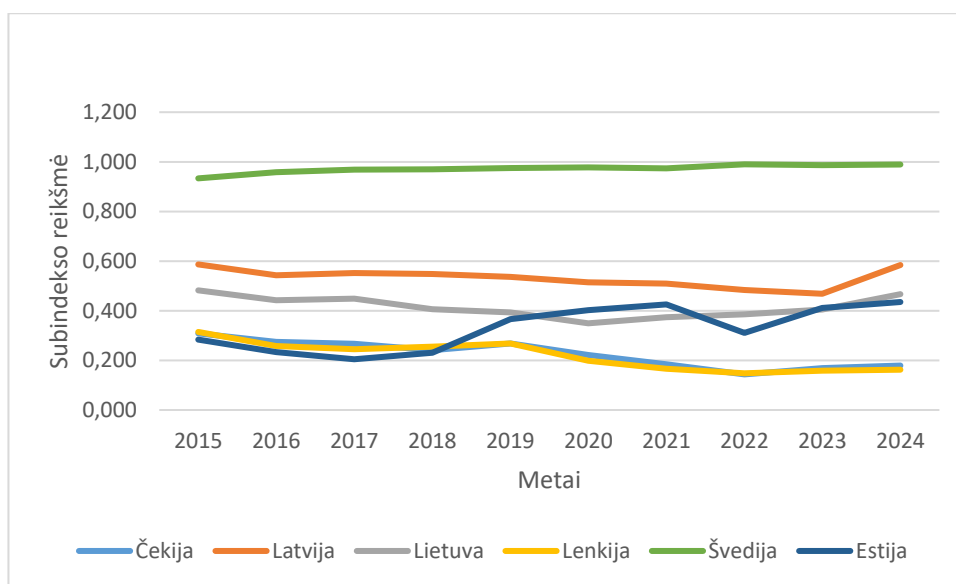
11 lentelė. 2015-2024 m. ES valstybių AEIPEI indekso aplinkosauginės sritys poveikio subindekso vertės (skalėje nuo 0 iki 1)

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,238	0,191	0,230	0,201	0,235	0,192	0,109	0,090	0,126	0,155
Austrija	0,575	0,531	0,508	0,491	0,475	0,432	0,405	0,400	0,474	0,540
Belgija	0,261	0,272	0,280	0,246	0,247	0,253	0,247	0,242	0,250	0,281
Bulgarija	0,397	0,387	0,375	0,375	0,374	0,346	0,288	0,230	0,317	0,332
Čekija	0,309	0,275	0,267	0,242	0,268	0,222	0,185	0,144	0,169	0,179
Danija	0,490	0,467	0,495	0,469	0,485	0,416	0,488	0,470	0,502	0,595
Estija	0,284	0,233	0,204	0,231	0,366	0,403	0,425	0,311	0,411	0,435
Graikija	0,315	0,303	0,331	0,309	0,325	0,308	0,297	0,279	0,302	0,308
Ispanija	0,362	0,399	0,397	0,377	0,391	0,399	0,385	0,382	0,426	0,453
Italija	0,433	0,416	0,410	0,385	0,398	0,380	0,356	0,338	0,339	0,355
Kipras	0,276	0,241	0,237	0,234	0,247	0,246	0,271	0,241	0,218	0,230
Kroatija	0,498	0,452	0,438	0,430	0,456	0,421	0,425	0,341	0,311	0,294
Latvija	0,587	0,543	0,552	0,547	0,536	0,514	0,510	0,484	0,468	0,584
Lenkija	0,315	0,258	0,245	0,255	0,268	0,198	0,167	0,148	0,159	0,163
Lietuva	0,482	0,443	0,449	0,406	0,394	0,349	0,374	0,386	0,404	0,467
Liuksemburgas	0,088	0,072	0,077	0,062	0,056	0,102	0,054	0,082	0,080	0,110
Malta	0,389	0,397	0,417	0,402	0,409	0,397	0,410	0,418	0,422	0,465
Nyderlandai	0,247	0,210	0,228	0,254	0,303	0,280	0,238	0,269	0,301	0,441
Portugalija	0,562	0,542	0,528	0,511	0,510	0,494	0,493	0,489	0,516	0,605
Prancūzija	0,454	0,429	0,432	0,408	0,413	0,378	0,363	0,378	0,401	0,443
Rumunija	0,515	0,500	0,494	0,449	0,461	0,412	0,410	0,412	0,413	0,433
Slovakija	0,431	0,381	0,359	0,327	0,378	0,339	0,319	0,332	0,314	0,343
Slovėnija	0,400	0,351	0,358	0,360	0,391	0,387	0,396	0,346	0,361	0,377
Suomija	0,773	0,512	0,656	0,570	0,581	0,520	0,587	0,566	0,597	0,678
Švedija	0,933	0,958	0,969	0,969	0,975	0,977	0,974	0,990	0,987	0,990
Vengrija	0,455	0,429	0,414	0,368	0,366	0,354	0,298	0,328	0,344	0,375
Vokietija	0,331	0,312	0,317	0,311	0,319	0,297	0,275	0,280	0,311	0,348

Analizė rodo ryškius lyderius, pasižyminčius aukščiausiomis subindekso reikšmėmis viso laikotarpio metu. Absoliuti lyderė yra **Švedija**, kurios vidutinė aplinkosauginio poveikio subindekso reikšmė siekia **0,972**, o reitinge ji užima **1 vietą**. Švedija nuosekliai demonstruoja ypač aukštą AEI integracijos lygį, labai mažas CO₂ emisijas vienam gyventojui ir išplėtotą AEI naudojimą visuose energijos sektoriuose. Antroje vietoje rikiuojasi **Suomija** (vidutinė reikšmė – **0,604**), o trečiąją vietą užima **Latvija** su **0,533** subindekso verte. Šios valstybės pasižymi struktūriškai subalansuota energetikos sistema, kurioje reikšmingą dalį sudaro atsinaujinantys energijos ištekliai, ypač elektros ir šilumos gamyboje. Į lyderių penketuką taip pat patenka **Portugalija** (0,525; 4 vieta) ir **Danija** (0,488; 5 vieta), kurios išsiskiria aktyvia AEI plėtra ir nuoseklia klimato kaitos politikos įgyvendinimo praktika.

Lietuva pagal vidutinę aplinkosauginio poveikio subindekso reikšmę (**0,416**) užima **8 vietą** tarp visų ES valstybių, o tai rodo **aukštesnį nei ES vidurkis aplinkosauginį AEI poveikį**. Lietuvos pozicija tarp dešimties geriausiai pasirodžiusių valstybių rodo, kad šalies energetikos transformacija aplinkosauginiu požiūriu yra pakankamai pažengusi, tačiau vis dar atsilieka nuo Šiaurės Europos valstybių, kurios yra laikomos AEI diegimo ir aplinkosaugos politikos etalonais.

Prasčiausi aplinkosauginio poveikio subindekso rezultatai nustatyti **Liuksemburgui**, kuris su **0,078** vidutine reikšme užima **27 (paskutinę) vietą**. Šią poziciją lemia itin aukštos CO₂ emisijos vienam gyventojui ir ribotos galimybės didinti AEI dalį galutiniame energijos suvartojime. Į silpniausiai pasirodžiusių valstybių grupę taip pat patenka **Lenkija** (0,217; 26 vieta) ir **Čekija** (0,226; 25 vieta), kurių energetikos sektoriuose vis dar dominuoja iškastiniai energijos išteklių. Šios valstybės pasižymi santykinai maža AEI dalimi energijos balanse ir lėtesniu perėjimu prie mažiau taršių energijos gamybos formų. 2023 metų Eurostat duomenimis, šios dvi valstybės užėmė pirmas dvi pozicijas tarp visų ES narių pagal kietųjų iškastinių išteklių (pvz. anglis, lignitas) dalį galutiniame energijos balanse [45]. Lenkiją ir Čekiją istoriškai galima priskirti prie pramoninių valstybių, kurių ekonominė raida nuo XIX a. buvo grindžiama sunkiosios pramonės ir kietųjų iškastinių energijos išteklių naudojimu. Vietinių anglies telkinių gausa, intensyvi industrializacija ir socialistiniu laikotarpiu sustiprinta energijai imli gamybinė struktūra lėmė ilgalaikę priklausomybę nuo iškastinio kuro. Ši istorinė raida paaiškina, kodėl abi valstybės pasižymi aukštesnėmis CO₂ emisijomis ir lėtesniu perėjimu prie atsinaujinančių energijos išteklių, palyginti su kitomis valstybėmis.



18 pav. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindekso reikšmės dinamika pasirinktose šalyse 2015-2024 m.

18 paveiksle pateikiama AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindekso reikšmių dinamika 2015–2024 m. laikotarpiu pasirinktose Europos Sąjungos valstybėse. Iš analizuojamų valstybių aiškiai išsiskiria Švedija – 2015-2024 m. laikotarpyje aplinkosaugos subindekso reikšmė svyruoja tarp 0,928 ir 0,985. Švedija atsinaujinančių energijos išteklių plėtrą pradėjo **gerokai anksčiau nei dauguma ES valstybių**, kas lemia tokius aukštus rezultatus. 2023 metų Eurostat duomenimis, Švedija užėmė pirmą vietą tarp visų ES valstybių pagal atsinaujinančiosios energijos dalį galutiniame energijos balanse [45]. Dėl palankių gamtinių sąlygų šalies šiaurėje hidro energetikai bei gausių biokuro išteklių Švedija gali efektyviai apsirūpinti energija iš AEI. Pavyzdžiui, 2023 metų Eurostat duomenimis Švedija ir Suomija buvo vienintelės dvi valstybės visoje ES, kurių iškastinio kuro dalis galutiniame energijos balanse neviršijo 40% (28,4% ir 32,9% atitinkamai) [45]. Latvijos rezultatai pasižymi stabilumu ir pagerėjimu laikotarpio pabaigoje, o Lietuvoje iki 2020 m. fiksuojamas laipsniškas subindekso mažėjimas, po kurio seka atsigavimas (2020-2024 m.). Tuo tarpu **Čekija ir Lenkija** visą analizuojamą laikotarpį pasižymi žemiausiomis subindekso reikšmėmis. Nepaisant nedidelių svyravimų, šių valstybių rodikliai išlieka žemi ir tik laikotarpio pabaigoje matomas nežymus

pagerėjimas. Tai rodo, kad perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių šiose šalyse vyksta lėčiau, o energetikos sektoriuje vis dar reikšmingą vaidmenį atlieka tradiciniai iškastiniai energijos šaltiniai.

4.4. AEIPE indekso 2015-2024 m. nustatymas

Apskaičiavus ekonominio, socialinio ir aplinkosauginio poveikio subindeksus, nustatoma (AEIPEI) atsinaujinančiųjų energijos išteklių poveikio ekonomikai indekso reikšmė kiekvienai ES šaliai tiriamuoju laikotarpiu 2015-2024 m. AEIPE indekso reikšmė apskaičiuojama remiantis 3.2. skyriuje pateikta (8) formule (žr. aukščiau). AEIPE indekso apskaičiuotos vertės pateiktos 12 lentelėje.

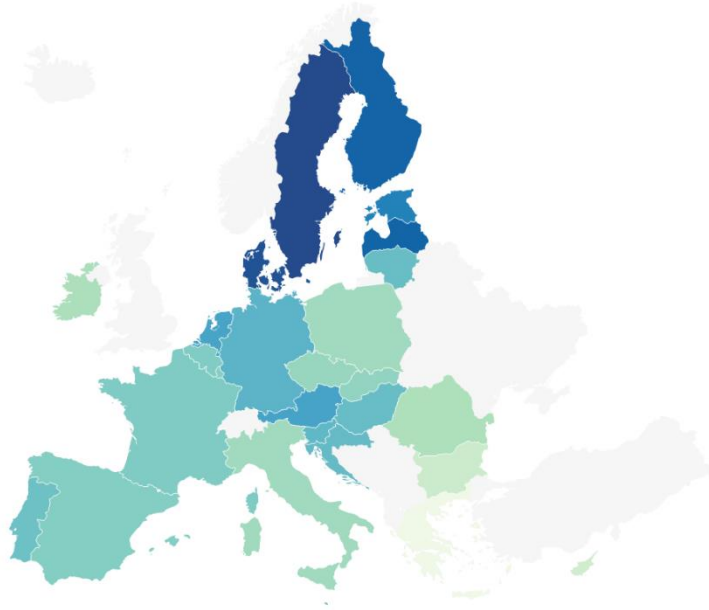
12 lentelė. AEIPE indekso reikšmės 2015-2024 m.

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,282	0,284	0,300	0,284	0,286	0,278	0,258	0,236	0,229	0,262
Austrija	0,494	0,465	0,452	0,488	0,448	0,425	0,436	0,430	0,429	0,453
Belgija	0,325	0,332	0,341	0,339	0,368	0,381	0,357	0,366	0,346	0,394
Bulgarija	0,212	0,240	0,260	0,292	0,294	0,223	0,232	0,232	0,292	0,267
Čekija	0,352	0,342	0,341	0,331	0,342	0,322	0,319	0,326	0,255	0,292
Danija	0,707	0,690	0,714	0,623	0,638	0,586	0,626	0,568	0,543	0,664
Estija	0,522	0,505	0,456	0,471	0,543	0,611	0,583	0,528	0,543	0,548
Graikija	0,182	0,179	0,200	0,200	0,232	0,302	0,225	0,218	0,182	0,170
Ispanija	0,373	0,387	0,403	0,369	0,402	0,363	0,307	0,303	0,283	0,305
Italija	0,332	0,320	0,288	0,272	0,291	0,304	0,345	0,346	0,317	0,338
Kipras	0,249	0,273	0,275	0,262	0,261	0,219	0,234	0,203	0,152	0,167
Kroatija	0,433	0,418	0,434	0,423	0,426	0,408	0,397	0,334	0,311	0,313
Latvija	0,601	0,601	0,616	0,626	0,571	0,529	0,612	0,596	0,576	0,629
Lenkija	0,348	0,322	0,305	0,332	0,313	0,301	0,304	0,292	0,277	0,306
Lietuva	0,381	0,367	0,321	0,307	0,344	0,371	0,359	0,444	0,441	0,478
Liuksemburgas	0,326	0,320	0,322	0,341	0,317	0,386	0,368	0,373	0,367	0,368
Malta	0,325	0,351	0,354	0,329	0,511	0,447	0,430	0,445	0,409	0,386
Nyderlandai	0,371	0,381	0,406	0,434	0,453	0,506	0,473	0,449	0,462	0,524
Portugalija	0,376	0,362	0,370	0,382	0,537	0,409	0,301	0,363	0,316	0,350
Prancūzija	0,389	0,381	0,379	0,369	0,374	0,364	0,352	0,292	0,301	0,311
Rumunija	0,340	0,327	0,330	0,307	0,302	0,281	0,279	0,248	0,239	0,257
Slovakija	0,385	0,368	0,358	0,337	0,356	0,334	0,325	0,339	0,287	0,278
Slovėnija	0,393	0,394	0,390	0,419	0,374	0,551	0,391	0,374	0,362	0,388
Suomija	0,654	0,570	0,625	0,618	0,584	0,545	0,571	0,630	0,581	0,626
Švedija	0,660	0,646	0,633	0,625	0,704	0,679	0,687	0,733	0,658	0,684
Vengrija	0,402	0,396	0,410	0,419	0,392	0,391	0,342	0,407	0,339	0,369
Vokietija	0,457	0,440	0,447	0,436	0,444	0,407	0,393	0,377	0,353	0,393

Iš 12 lentelėje pateikiamų AEIPE indekso reikšmių akivaizdu, kad žemiausias pozicijas užima Pietų Europos valstybės – Graikija (27 vieta) ir Kipras (26 vieta), o lyderės yra Šiaurės šalys – Švedija, Danija, Suomija (atitinkamai 1, 2, 3 vietos). Indekso reikšmė gali keistis nuo 0 iki 1, bet šiuo atveju žemiausia vertė yra Graikijoje 2024 m. (AEIPEI = 0,170), o didžiausia Švedijoje 2022 m. (AEIPEI = 0,733). Valstybių geografinis išsidėstymas pagal vidutinę indekso reikšmę tiriamuoju laikotarpiu pavaizduotas 19 paveiksle.

AEIPEI indekso vidutinė reikšmė

0.22 0.67



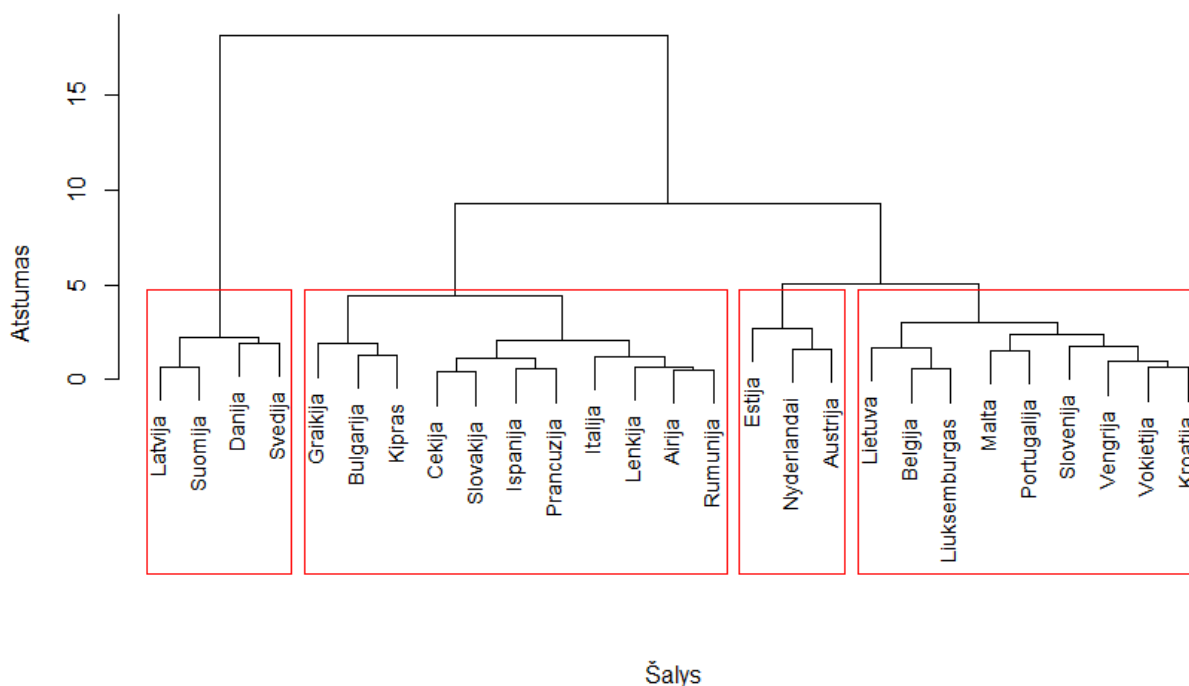
Created with Datawrapper

19 pav. Vidutinė AEIPEI indekso reikšmė Europos Sąjungos šalyse 2015–2024 m.

Žemėlapyje aiškiai matyti **regioniniai skirtumai**: aukštesnės AEIPEI indekso vidutinės reikšmės būdingos Šiaurės ir Baltijos regiono šalims, tuo tarpu dalis Pietų ir Vidurio Europos valstybių pasižymi žemesnėmis reikšmėmis. Tai rodo netolygų atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai pasiskirstymą Europos Sąjungos mastu.

Remiantis apskaičiuotomis **AEIPEI indekso reikšmėmis Europos Sąjungos valstybėms 2015–2024 m. laikotarpiu**, toliau atliekama hierarchinė klasterinė analizė, kurios pagrindu siekiama nustatyti tarpusavyje panašias šalių grupes ir įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių poveikio šalių ekonomikai intensyvumo skirtumus. Gauti rezultatai sudaro prielaidas formuluoti įžvalgas ir galimas rekomendacijas AEI politikos kryptims, atsižvelgiant į jau aptartą AEI gebėjimą daryti kompleksinį poveikį ekonominei, aplinkosauginei ir socialinei sričių raidai.

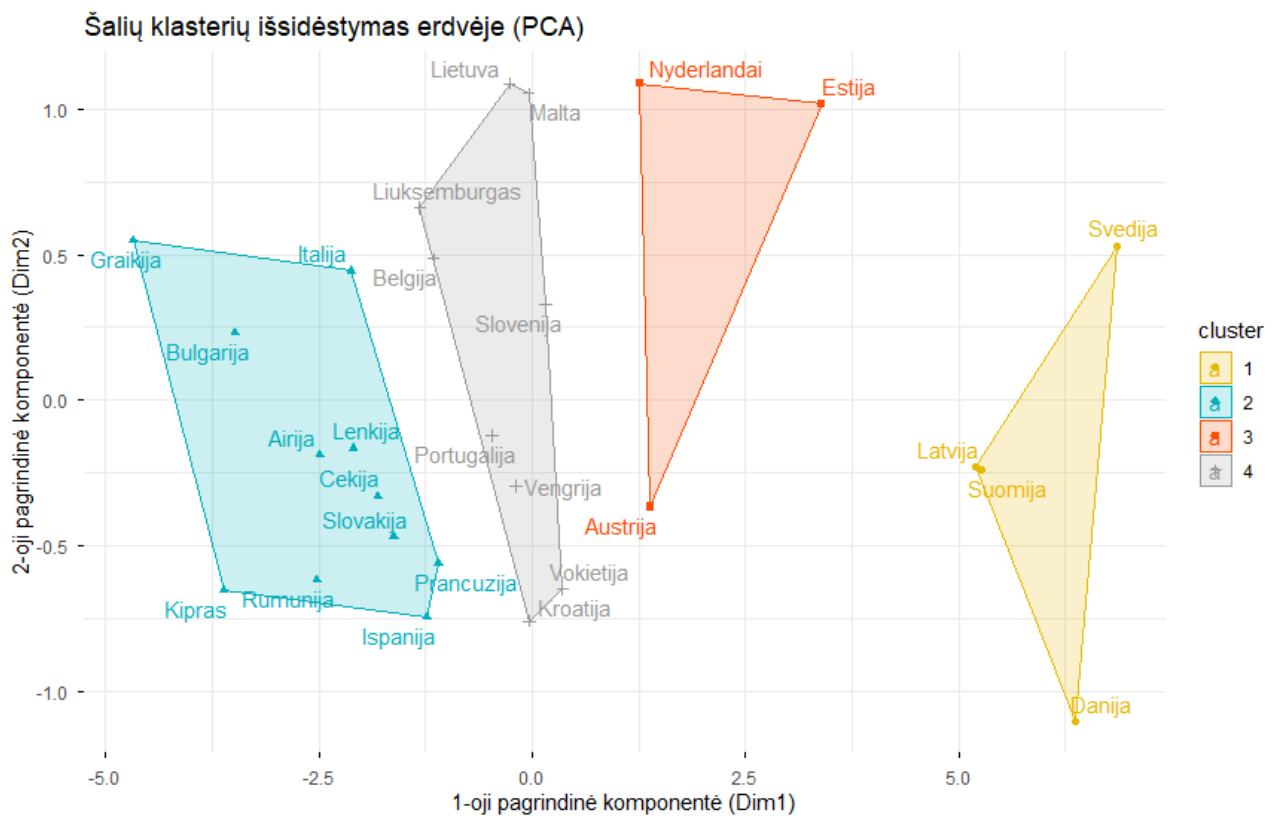
Hierarchinės klasterinės analizės tikslas – sugrupuoti ES valstybes pagal jų AEIPEI indekso reikšmių tarpusavio panašumą, todėl analizėje taikomas vienetinės jungties (artimiausio kaimyno) klasterių sudarymo metodas (angl. *single linkage*). Šalių tarpusavio panašumui įvertinti naudojamas Euklido atstumas, kuris apskaičiuotas statistinių skaičiavimų programine įranga R.



20 pav. ES šalių hierarchinė klasterinė struktūra pagal AEIPE indekso reikšmes 2015-2024 m.

20 paveiksle Latvija ir Suomija bei Danija ir Švedija sudaro aiškiai atskirą grupę (1 klasteris, žr. iš kairės į dešinę). Šios šalys tarpusavyje pasižymi **dideliu** AEIPE indekso reikšmių panašumu ir nuo kitų ES valstybių skiriasi aukštesniu bendru atsinaujinančių energijos išteklių poveikio šalies ūkiui lygiu. Tai rodo struktūrinį AEI integracijos progresą ir leidžia šias valstybes priskirti pažengusiųjų grupei. 2 klasteriui priklauso **Graikija, Bulgarija, Kipras, Čekija, Slovakija, Ispanija, Prancūzija, Italija, Lenkija, Airija ir Rumunija** pasižymi tarpusavyje panašiomis, tačiau **vidutinėmis arba žemesnėmis** AEIPE indekso reikšmėmis, rodančiomis nuosaikų arba lėtesnį AEI poveikio šalies ekonomikai formavimą. Klasterio apimtis leidžia teigti, kad tai bendrų struktūrinių bruožų turinti valstybių grupė, kurioje AEI plėtra nėra pasiekusi aukščiausio brandos lygio. **Estija, Nyderlandai ir Austrija** užima **tarpinę poziciją** tarp **pažengusiųjų ir vidutiniųjų** šalių grupių ir pasižymi santykinai stabiliais bei nuosekliais AEIPE indekso rezultatais (3 klasteris). **Lietuva, Belgija, Liuksemburgas, Malta, Portugalija, Slovėnija, Vengrija, Vokietija ir Kroatija** yra artimos tarpusavyje, apima geografiškai ir ekonomiškai gana nevienalytę valstybių grupę (4 klasteris). Lyginant su kitomis valstybėmis, tai yra klasteris, kuriam priskiriama ir Lietuva, yra artimiausias visų 27 ES valstybių AEIPE indekso vidurkiui. Visos ES mastu 2015–2024 m. laikotarpiu apskaičiuota vidutinė AEIPE reikšmė siekia 0,394, tuo tarpu šio klasterio vidutinė indekso reikšmė yra 0,384. Toks minimalus skirtumas leidžia teigti, kad šis klasteris reprezentuoja **statistinį ES „vidurį“**, atspindintį tipinį atsinaujinančių energijos išteklių poveikio ekonomikai lygį Europos Sąjungoje.

Keturių klasterių išskyrimas leidžia išvengti pernelyg plačių ir analitiškai mažai informatyvių grupių formavimo. Jei visos tarpinio lygmens valstybės būtų sujungtos į vieną klasterį, būtų pernelyg suniveluoti reikšmingi skirtumai tarp šalių. Todėl klasterių skaičiaus parinkimas yra pagrįstas tiek dendrogramos struktūra, tiek statistiniais skaičiavimais, atliktais naudojant programinę įrangą **R**, o pasirinktas sprendimas leidžia tiksliau interpretuoti AEIPE indekso reikšmių pasiskirstymą Europos Sąjungos mastu.



21 pav. ES valstybių klasterių struktūra dvimatėje erdvėje

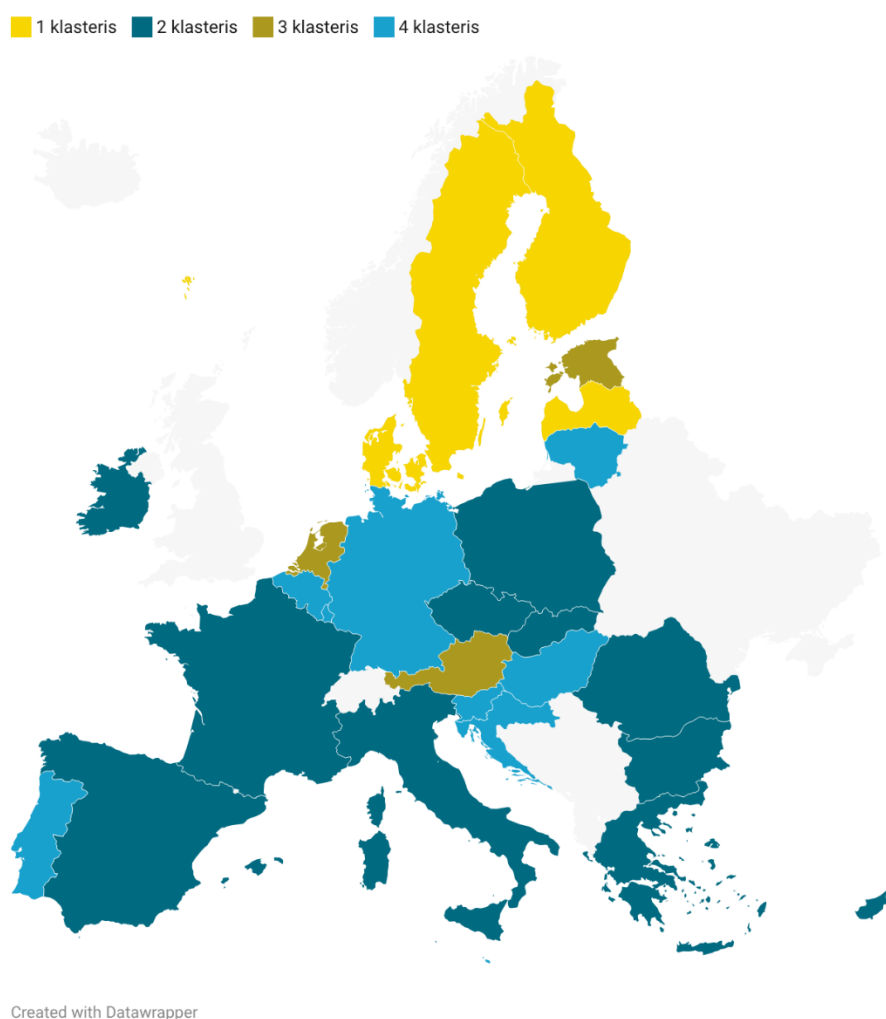
21 paveiksle pateikta ES šalių klasterių vizualizacija dvimatėje erdvėje, gautoje taikant dimensijų mažinimo metodą, kai **pirmoji dimensija (Dim1) paaiškina 91,5 % visos duomenų variacijos**, o antroji dimensija (Dim2) – 4,1 %. Toks didelis pirmosios dimensijos dispersijos dydis rodo, kad pagrindiniai skirtumai tarp valstybių pagal AEIPE indekso reikšmes yra daugiausia vienkrypčiai ir aiškiai atskiriami. **X ašis (Dim1) atspindi pagrindinį skirtumą tarp ES valstybių pagal bendrą AEIPE indekso lygį**, t. y. atsinaujinančių energijos išteklių poveikio stiprumą. Didelė Dim1 paaiškinamos dispersijos dalis rodo, kad ši dimensija lemia esminius skirtumus tarp valstybių. **Y ašis (Dim2) atskleidžia antraeilius, struktūrinius AEIPE indekso skirtumus**, susijusius su skirtingu subindeksų tarpusavio pasiskirstymu. Aukštesnės Dim2 reikšmės rodo labiau subalansuotą AEI poveikio struktūrą, o žemesnės reikšmės – didesnę priklausomybę nuo vienos dominuojančios indekso dimensijos.

Grafike išskiriami **keturi aiškūs klasteriai**, kurie vizualiai patvirtina hierarchinės klasterinės analizės metu gautus rezultatus. Dešinėje grafiko pusėje esantis 1 klasteris, kurį sudaro **Švedija, Suomija, Danija ir Latvija**, yra ryškiai nutolęs nuo kitų grupių pagal pirmąją dimensiją. Tai rodo, kad šios šalys reikšmingai skiriasi nuo likusių ES valstybių aukštesnėmis AEIPE indekso reikšmėmis ir stipresniu atsinaujinančių energijos išteklių poveikiu šalies ekonomikai.

Kitas aiškiai išsiskiriantis 3 klasteris apima **Nyderlandus, Estiją ir Austriją**. Šių valstybių grupė užima tarpinę poziciją tarp aukščiausių rodiklių turinčių šalių ir likusios valstybių dalies. Jų lokalizacija grafike rodo artimas, tačiau ne identiškas AEIPE indekso struktūras, pasižyminčias santykinai stabiliais ir vidutiniais aukštais rezultatais.

Centrinėje kairiojoje grafiko dalyje matomas 4 klasteris, apimantis tokias šalis kaip **Lietuva, Liuksemburgas, Belgija, Slovėnija, Portugalija, Vengrija, Vokietija, Kroatija ir Malta**. Šis klasteris pasižymi AEIPE indekso reikšmėmis, artimomis **Europos Sąjungos vidurkiui**, ir didesne vidine įvairove, todėl gali būti interpretuojamas kaip pereinamasis klasteris nuo žemesnio AEI ekonominio poveikio grupės link aukštesnes AEIPE reikšmes turinčių valstybių.

Kairiausioje grafiko dalyje susiformavęs plačiausias 2 klasteris apima **Graikiją, Bulgariją, Kiprą, Rumuniją, Slovakiją, Čekiją, Lenkiją, Airiją, Ispaniją, Italiją ir Prancūziją**. Šios šalys pasižymi santykinai žemesnėmis AEIPE indekso reikšmėmis ir sudaro grupę, kurioje AEI poveikis ekonominėms, aplinkosauginėms ir socialinėms struktūros transformacijoms yra silpniausias.



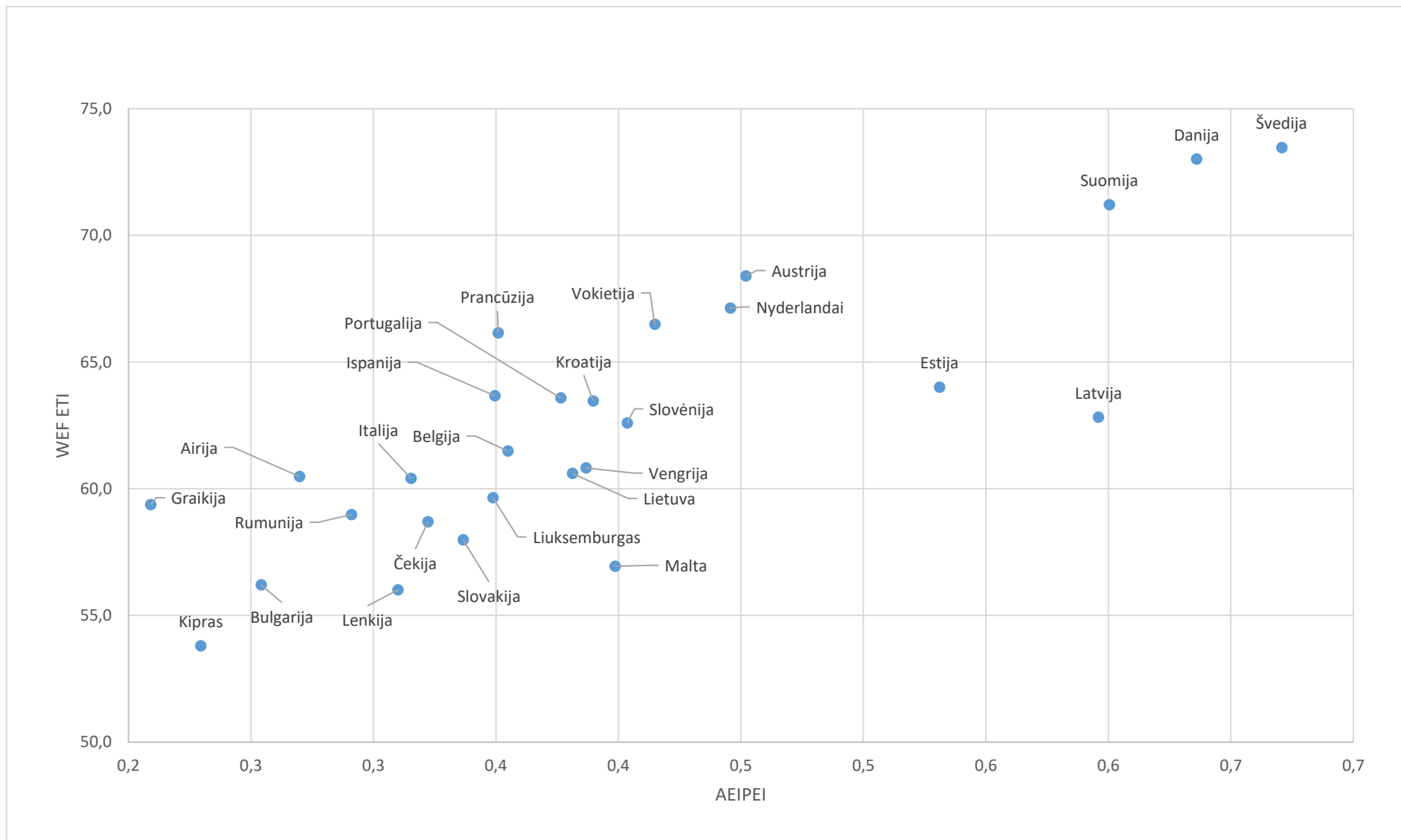
22 pav. Geografinis AEIPE indekso klasterių išsidėstymas

22 paveiksle pateiktas **geografinis ES valstybių pasiskirstymas pagal AEIPE indekso klasterius**, atskleidžiantis teritorinius atsinaujinančių energijos išteklių poveikio skirtumus Europos Sąjungos mastu. Žemėlapyje aiškiai matyti, kad **1 klasteriui priskirtos valstybės telkiasi Šiaurės Europos regione**, kas rodo ryškų regioninį pranašumą AEI integracijos srityje. Žemiausiam, **2 klasteriui**, priskirtos šalys nepasižymi aiškia geografinė koncentracija ir yra išsidėsčiusios gana tolygiai įvairiuose Europos regionuose.

23 paveiksle (žr. žemiau) pateikta ES valstybių sklaidos diagrama atskleidžia ryšį tarp **AEIPE indekso**, matuojančio atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) poveikį ekonomikai 2015–2024 m. laikotarpiu (X ašis, 0–1 skalė), ir Pasaulinio Ekonomikos Forumo **Energetikos Transformacijos Indekso (ETI)**, vertinančio bendrą energetikos sistemos perėjimo pažangą tuo pačiu laikotarpiu (Y ašis, 0-100 skalė). Nors ETI suteikia holistinę energetikos transformacijos vaizdą, jis nėra orientuotas į siauresnį klausimą – **būtent AEI plėtros ekonominio poveikio** identifikavimą. Nepaisant to, vizualiai stebima teigiama sąsaja tarp abiejų indeksų: didesnės AEIPE reikšmės dažniausiai siejasi su aukštesnėmis ETI indekso vertėmis, nors šis ryšys nėra griežtai linijinis ir pasižymi tam tikra variacija tarp šalių. Aiškios lyderės grafike yra **Švedija, Danija ir Suomija** (žr. 23 pav, 10, 11 priedus), kurios išsiskiria tiek aukštomis AEIPEI reikšmėmis (viršijančiomis 0,6), tiek aukštais ETI balais (apie 70–75). Šių valstybių padėtis rodo ne tik reikšmingą AEI ekonominį poveikį, bet ir pažangią, instituciškai bei technologiškai išvystytą energetikos transformaciją. Prie aukštesnių rezultatų grupės taip pat priskiriamos **Nyderlandai ir Austrija**, kurios pasižymi vidutiniškai aukštu AEIPEI lygiu su palyginti aukštais ETI rodikliais, atspindinčiais subalansuotą energijos perėjimo politiką.

Baltijos šalys užima tarpinę poziciją. **Estija** pasižymi vidutiniškai aukšta AEIPEI reikšme (5 vieta) ir santykinai aukštu ETI lygiu 8 (vieta), kas gali būti siejama su sparčiu energetikos sektoriaus pertvarkymu ir struktūriniais pokyčiais. **Latvija** išsiskiria gana aukšta AEIPEI reikšme (4 vieta), tačiau jos ETI rezultatas kiek žemesnis (12 vieta) nei Šiaurės Europos lyderių, tuo tarpu **Lietuva** pasižymi **ETI ir AEIPE indeksų reikšmėmis, artimomis Europos Sąjungos vidurkiui** – pagal ETI užima 16 vietą, o pagal AEIPE – 13 vietą. Tai rodo, kad Lietuvos atsinaujinančių energijos išteklių poveikis ekonomikai ir energetikos sistemos perėjimo pažanga yra **tipiški ES mastu** ir atitinka bendrą Europos Sąjungos valstybių vidutinį lygį. Baltijos šalių AEIPE indekso reikšmės yra aukštesnės nei ETI, kadangi atsinaujinanti energetika turi reikšmingą įtaką šalių ekonomikoms. Pagal nagrinėjamus rodiklius, Baltijos šalys yra tarp lyderių pagal AEI sektoriaus sukuriamą darbo vietų skaičių, AEI dalį galutiniame energijos vartojime, AEI technologijų ir paslaugų sukurtas pajamas tarp visų ES narių. ETI indeksas apima platesnius rodiklius ir nėra toks konkretus – jis vertina visą energetikos sistemą, jos patikimumą ir tvarumą, tad Baltijos šalys, ypačingai Latvija ir Lietuva, pagal World Economic Forum charakteristiką priskirtos „besivystančiai Europai“ (angl. *Emerging Europe*) pasižymi santykinai prastesnėmis pozicijomis nei, kad pagal AEIPE indekso vertes [63].

Žemiausi rezultatai grafike būdingi **Kipro, Bulgarijos, Lenkijos, Rumunijos ir Graikijos** atvejams, kurių AEIPEI reikšmės yra žemos (iki 0,31), o ETI balai nesiekia 60 balų. Tai leidžia daryti prielaidą, kad šiose valstybėse tiek AEI ekonominis poveikis, tiek bendras energetikos perėjimas vyksta lėčiau ir susiduria su struktūriniais, investiciniais ar instituciniais apribojimais. Grafike matyti ir šalys, tokios kaip **Prancūzija ar Vokietija**, kurių ETI rezultatai yra aukštesni (66,15 ir 66,49 atitinkamai) nei galėtų suponuoti jų AEIPEI reikšmės (0,351 ir 0,415 atitinkamai), o tai leidžia teigti, kad aukšta energetikos sistemos transformacijos pažanga nebūtinai visada tiesiogiai atsispindi per AEI išmatuojamą ekonominį poveikį. Nors šios valstybės pasižymi stipriu energetikos sistemos patikimumu, kainų prieinamumu ir stabilumu, gera reguliacine aplinka, infrastruktūra, inovacijomis, energijos diversifikacija, tačiau šie rodikliai nėra tiesiogiai įtraukti į AEIPEI skaičiavimą, kuris fokusuojasi į AEI plėtros sukuriamą ekonominį, socialinį ir aplinkosauginį poveikį todėl, kaip išsivysčiusios ekonomikos, jos dažnai turi aukštesnį ETI, bet santykinai mažesnį AEIPE indeksą.



23 pav. ES šalių išsidėstymas pagal AEIPEI ir ETI indeksų įverčius 2015-2024 m.

13 lentelė. Vidutinės klasteriams priskirtų šalių AEIPEI ir ETI reikšmės 2015-2024 m. laikotarpiu

Klasterio nr.	Klasteriui priklausančios šalys	Vidutinis klasterio šalių vertinimas AEIPE indeksu (2015-2024 m.)	Vidutinis klasterio šalių vertinimas ETI indeksu (2015-2024 m.)
1	Švedija, Danija, Suomija, Latvija	0,626	70,125
3	Estija, Austrija, Nyderlandai	0,476	66,513
4	Vokietija, Slovėnija, Malta, Kroatija, Vengrija, Lietuva, Portugalija, Belgija, Liuksemburgas	0,384	61,998
2	Prancūzija, Ispanija, Slovakija, Čekija, Italija, Lenkija, Rumunija, Airija, Bulgarija, Kipras, Graikija.	0,294	59,284

13 lentelėje pateiktos 2015–2024 m. laikotarpiu apskaičiuotos **vidutinės AEIPEI ir ETI indeksų reikšmės**, suskirstant Europos Sąjungos valstybes pagal 4 klasterius [40]. Iš lentelės duomenų ir gautų įverčių galima daryti išvadą, kad ETI reikšmės tiesiogiai koreliuoja su AEIPEI reikšmėmis 1 bei 3 klasteriuose (šalims lyderėms), o 2 ir 4 klasteriuose pastebimi didesni skirtumai tarp AEIPEI ir ETI indeksų, tačiau šie skirtumai yra santykinai nedideli.

Išvados

1. Išanalizavus ES energijos išteklių naudojimo tendencijas ir pokyčius, nustatyta, kad 2010–2024 m. laikotarpiu ES energijos balanse nuosekliai mažėjo kietųjų iškastinių išteklių dalis (nuo ~13 % iki ~7 %), o atsinaujinančių išteklių ir biodegalų dalis augo (nuo ~9 % iki ~18 %), tačiau nafta ir gamtinės dujos išliko dominuojančiomis energijos rūšimis. Taip pat išryškėjo didelė ES priklausomybė nuo importo – 2023 m. ES pasigamino apie 42 % reikalingos energijos, o likusius 58 % importavo
2. Išskyrus pagrindines AEI panaudojimo poveikio ekonomikai kryptis, teorinės analizės pagrindu nustatyta, kad AEI plėtra daro poveikį trimis tarpusavyje susijusiomis kryptimis: ekonominei (BVP augimas, konkurencingumo ir investicijų skatinimas, pajamos bei eksportas), socialinei (darbo vietų kūrimas, energijos prieinamumas ir energetinio skurdo problematika) ir aplinkosauginei (ŠESD emisijų mažėjimas, AEI dalies didėjimas galutiniame suvartojime ir transporte). Mokslinėje literatūroje pabrėžiama, kad poveikio stiprumas gali skirtis tarp ES valstybių grupių, o AEI plėtros rezultatams įtaką daro institucinė aplinka, infrastruktūra ir investicinis pajėgumas.
3. Sukūrus indeksu paremtą tyrimo metodiką, AEI plėtros poveikiui ekonomikai vertinti sukonstruotas AEIPEI, apimantis tris sritis (ekonominę, socialinę ir aplinkosauginę) bei 9 rodiklius (World Bank Group valdysenos indeksas, pajamos iš AEI sektoriaus/šalies BVP, AEI technologijų eksportas/šalies BVP, AEI išduotų patentų skaičius vienam gyventojui; AEI sukuriama darbo vietos/visos šalies dirbančiųjų kiekis, gyventojų dalis negalintys pakankamai susišildyti būsto; AEI dalis galutinėje energijoje, AEI dalis transporto galutinėje energijoje, ŠESD kiekis vienam gyventojui). Duomenys surinkti iš Pasaulio banko, Eurostat, EurObserv'ER ir IRENA duomenų bazių. Rodiklių reikšmės buvo normalizuotos į 0–1 intervalą ir agreguotos taikant vienodus svorius, užtikrinant metodikos skaidrumą bei rezultatų palyginamumą tarp 27 ES šalių. Dėl trūkstamų 2024 m. reikšmių daliai rodiklių pritaikyta geometrinė interpoliacija, išlaikant laiko eilučių dinamiką.
4. Empiriškai pritaikius AEIPEI ES šalims (2015–2024 m.), apskaičiuotos indekso reikšmės atskleidė ryškius regioninius skirtumus: pagal vidutines AEIPEI reikšmes lyderėmis išsiskyrė Švedija (AEIPEI=0,671), Danija (AEIPEI=0,636) ir Suomija (AEIPEI=0,600), o žemiausias pozicijas užėmė Graikija (AEIPEI=0,209) ir Kipras (AEIPEI=0,229). Apskaičiuoti rezultatai leidžia teigti, kad AEIPEI metodika yra praktiškai pritaikoma ir tinkama sisteminei ES šalių lyginamajai analizei laike.
5. Atlikus ES valstybių vertinimą pagal AEIPEI ir klasterinę analizę nustatyta, kad šalys pagal AEIPEI reikšmes susigrupuoja į keturis klasterius: pažangiausias yra 1 klasteris (Švedija, Suomija, Danija, Latvija), tarpinis – 3 klasteris (Nyderlandai, Estija, Austrija), vidutinis – 4 klasteris (Belgija, Kroatija, Lietuva, Malta, Portugalija, Slovėnija, Vengrija, Vokietija), o žemiausius AEIPEI rezultatus atspindi 2 klasteris (Airija, Bulgarija, Čekija, Graikija, Ispanija, Italija, Kipras, Lenkija, Liuksemburgas, Prancūzija, Rumunija, Slovakija). Interpretuojant skirtumus, aukštesnius AEIPEI įverčius paprastai lemia didesnė AEI integracija, inovacijų ir ekonominių rezultatų (pajamų/eksporto) stiprėjimas bei palankesni socialiniai rodikliai, o žemesnius – lėtesnė AEI skverbtis ir struktūriniai ribojimai (įskaitant socialinius iššūkius). Papildomai palyginus AEIPEI su ETI, nustatyta teigiama, tačiau ne griežtai linijinė sąsaja, o kai kurių šalių reitingų neatitikimai (pvz., Malta, Prancūzija, Ispanija) patvirtina, kad AEIPEI išryškina būtent AEI poveikio ekonomikai rezultatą, kurį ne visuomet tiesiogiai atspindi bendresnis energetikos transformacijos vertinimas.

Literatūros sąrašas

1. Europos Parlamentas. Atsinaujinanti energija: ambicingi tikslai Europai [interaktyvus]. Briuselis: Europos Parlamentas, 2017. Prieiga per internetą: <<https://www.europarl.europa.eu/topics/lt/article/20171124STO88813/atsinaujinanti-energija-ambicingi-tikslai-europai>> [žiūrėta 2026-05-05]
2. Europos Komisija. Planas „REPowerEU“: Komisijos komunikatas Europos Parlamentui, Europos Vadovų Tarybai, Tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir Regionų komitetui [interaktyvus]. Briuselis: Europos Sąjungos leidinių biuras, 2022. Prieiga per internetą: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=COM:2022:230:FIN>> [žiūrėta 2026-05-05].
3. ZOU Caineng, MA Feng, PAN Songqi, ZHAO Qun, FU Guoyou, ZHANG Guosheng, YANG Yichao, YU Hao, LIANG Yingbo, LIN Minjie, WANG Ying, XIONG Bo, LIU Hanlin. (2023). Global energy transition revolution and the connotation and pathway of the green and intelligent energy system. *Petroleum exploration and development*. 50 (2023), 722-740. Prieiga per internetą: [Global energy transition revolution and the connotation and pathway of the green and intelligent energy system \(sciencedirectassets.com\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674484923000000)
4. SODERBERGH Bengt, JAKOBSSON Kristofer, ALEKLETT Kjell. (2010). European energy security: An analysis of future Russian natural gas production and exports. *Energy Policy*. 38 (2010), 7827-7843. Prieiga per: [European energy security An analysis of future Russian natural gas production and exports \(sciencedirectassets.com\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544210387827)
5. Europos Vadovų Taryba ir Europos Sąjungos Taryba. (2024). *Europos žaliasis kursas*. Prieiga per: [Europos žaliasis kursas - Consilium \(europa.eu\)](https://www.europa.eu/press-room/en/infographic/european-green-deal)
6. BEHERA Puspanjali, BEHERA Biswanath, SETHI Narayan * (2024). Assessing the impact of fiscal decentralization, green finance and green technology innovation on renewable energy use in European Union countries: What is the moderating role of political risk? *Renewable Energy*. 229 (2024). Prieiga per: [Assessing the impact of fiscal decentralization, green finance and green technology innovation on renewable energy use in European Union countries: What is the moderating role of political risk? \(sciencedirectassets.com\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148124000000)
7. Europos Vadovų Taryba ir Europos Sąjungos Taryba. (2024). *Timeline – Energy union*. Prieiga per: [Timeline - Energy union - Consilium \(europa.eu\)](https://www.europa.eu/press-room/en/infographic/european-green-deal)
8. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance.) (2018). *EUR-Lex*. Prieiga per: [Directive - 2018/2001 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018D2001)
9. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS REPowerEU Plan (2022). *EUR-Lex*. Prieiga per: [EUR-Lex - 52022DC0230 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0230)
10. WORLD ENERGY CONSUMPTION 1800-2000: THE RESULTS. *Encyclopédie de l'énergie*. (2018). Prieiga per: [World energy consumption 1800-2000: the results - Encyclopédie de l'énergie \(encyclopedie-energie.org\)](https://www.encyclopedie-energie.org/en/energy-consumption-1800-2000)
11. SIMIONESCU, M. ir kt. Renewable Energy and Economic Performance in the Context of the European Green Deal. In *Energies* . 2020. Vol. 13, no. 23, p. 6440. .
12. BUSU, M. Analyzing the Impact of the Renewable Energy Sources on Economic Growth at the EU Level Using an ARDL Model. In *Mathematics* . 2020. Vol. 8, no. 8, p. 1367. .

13. World Economic Forum. (2024) *Nature and Biodiversity*. Prieiga per: <https://www.weforum.org/stories/2024/04/green-skills-gap-educational-reform-renewable-energy/>.
14. PILIPCZUK, O. Analysis of the Current State and Challenges of Renewable Energy Employment in Poland. In *Energies* . 2024. Vol. 17, no. 24, p. 6432. .
15. BALI SWAIN, R. ir kt. Sustainable development, renewable energy transformation and employment impact in the EU. In *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* . 2022. Vol. 29, no. 8, p. 695–708. .
16. GAJDZIK, B. ir kt. Barriers to Renewable Energy Source (RES) Installations as Determinants of Energy Consumption in EU Countries. In *Energies*. 2023. Vol. 16, no. 21, p. 7364.
17. SINGH, H.V. ir kt. The energy transitions index: An analytic framework for understanding the evolving global energy system. In *Energy Strategy Reviews*. 2019. Vol. 26, p. 100382.
18. LIGUS, M. - PETERNEK, P. The Sustainable Energy Development Index—An Application for European Union Member States. In *Energies*. 2021. Vol. 14, no. 4, p. 1117.
19. KASZTELAN, A. On the Road to a Green Economy: How Do European Union Countries ‘Do Their Homework’? In *Energies*. 2021. Vol. 14, no. 18, p. 5941.
20. ALEKNA, R. - KAZLAUSKIENĖ, E. Evaluation Indicators of Green Economic Development: The Case of the Baltic Countries. In *Economics and Culture*. 2020. Vol. 17, no. 1, p. 150–163. .
21. Eurostat. EU imports of energy products – latest developments. 2025. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?oldid=554503>. Žiūrėta 2026-02-17.
22. Eurostat. Energy balance database (nrg_bal_s). Prieiga internete: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_bal_s__custom_20169190/default/table [žiūrėta 2026-02-18].
23. Eurostat. *Shedding light on energy in Europe – 2025 edition*. Interaktyvus leidinys. Prieiga internete: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/energy-2025> [žiūrėta 2026-02-18].
24. Eurostat. *Simplified energy balances (nrg_bal_s)*. Duomenų naršyklė. Prieiga internete: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_bal_s__custom_20169749/default/table [žiūrėta 2026-02-18].
25. Eurostat. *Oil and petroleum products – a statistical overview*. Europos Komisija. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?oldid=683953> [žiūrėta 2026-02-21].
26. Eurostat. *Imports of oil and petroleum products by partner country (dataset nrg_ti_oil)*. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ti_oil__custom_20207123/default/table?lang=en [žiūrėta 2026-02-21].
27. High North News. *EU spent €7.2 billion on Russian LNG in 2025, maximizing imports before 2027 ban*. Prieiga per internetą: <https://en.highnorthnews.com/politics/eu-spent-72-billion-on-russian-lng-in-2025-maximizing-imports-before-2027-ban/1094229> [žiūrėta 2026-02-21].
28. Global Witness. *EU imports of Russian LNG have jumped by 40% since the invasion of Ukraine*. Prieiga per internetą: <https://globalwitness.org/en/campaigns/fossil-fuels/eu-imports-of-russian-lng-have-jumped-by-40-since-the-invasion-of-ukraine/> [žiūrėta 2026-02-21].

29. Europos Komisija. *REPowerEU – phase out of Russian energy imports*. Prieiga per internetą: https://energy.ec.europa.eu/strategy/repowereu-phase-out-russian-energy-imports_en [žiūrėta 2026-02-21].
30. Europos Komisija. *Renewable energy targets* [interaktyvus]. Briuselis: Directorate-General for Energy, 2023–2026. [žiūrėta 2026-02-22]. Prieiga per internetą: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en
31. Europos Komisija. *Renewable energy targets* [interaktyvus]. Briuselis: Directorate-General for Energy, 2023–2026. [žiūrėta 2026-02-22]. Prieiga per internetą: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en
32. DUBINSKII, Oleg. The contribution of renewable energy sector value added to the national economic development in Denmark: an empirical analysis. *Review of Economic Perspectives – Národohospodárský obzor*, 2024, t. 24, nr. 1, p. 37–56. <https://doi.org/10.2478/revecp-2024-0003>.
33. SULICH, A.; SOŁODUCHO-PELĆ, L. *The circular economy and the Green Jobs creation*. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29, p. 14231–14247. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16562-y>.
34. KAHIA, Montassar; BEN AÏSSA, Mohamed Safouane; LANOUAR, Charfeddine. Renewable and non-renewable energy use–economic growth nexus: The case of MENA Net Oil Importing Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Amsterdam: Elsevier, 2017, 71, p. 127–140. ISSN 1364-0321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.010>
35. CEROVIĆ SMOLOVIĆ, Julija; MUHADINOVIĆ, Milica; RADONJIĆ, Milena; ĐURAŠKOVIĆ, Jovan. How does renewable energy consumption affect economic growth in the traditional and new member states of the European Union? *Energy Reports*, 2020, 6: 505–513. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.09.028>
36. Marčiukaitis, M.; Dzenajavičienė, E. F.; Kveselis, V.; Savickas, J.; Perednis, E.; Lisauskas, A.; Markevičius, A.; Marcinauskas, K.; Gecevičius, G.; Erlickytė-Marčiukaitienė, R. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo Lietuvoje patirtis, reikšmė ir siekiai. *Energetika*, 2016, t. 62, Nr. 4, p. 247–267.
37. NAHMAN, A.; MAHUMANI, B. K.; DE LANGE, W. J. Beyond GDP: Towards a Green Economy Index. *Development Southern Africa*, 2016, t. 33, nr. 2, p. 215–233. <https://doi.org/10.1080/0376835X.2015.1120649>
38. FANKHAUSER, Sam; KAZAGLIS, Alex; SRIVASTAV, Sugandha. *Green Growth Opportunities for Asia*. Manila: Asian Development Bank, 2017. (ADB Economics Working Paper Series, No. 508). DOI: 10.22617/WPS178639-2. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.22617/WPS178639-2> [žiūrėta 2026-03-12].
39. STANKEVIČIENĖ, Jelena; NIKANOROVA, Marta. Analysis of economic and environmental welfare in the context of circular economy. In: 5th International Scientific Conference Contemporary Issues in Business, Management and Education 2017 (CIBME 2017), 11–12 May 2017, Vilnius. Vilnius: VGTU Press, 2017. eISSN 2029-7963; eISBN 978-609-476-012-9. Article ID: cbme.2017.052. <https://doi.org/10.3846/cbme.2017.052>
40. WORLD ECONOMIC FORUM. *Fostering Effective Energy Transition 2025: Appendices (A1.1 ETI methodology)*. Geneva: World Economic Forum, 2025. Prieiga per internetą:

- <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2025/full/appendices-4f2415b942/> [žiūrėta 2026-03-12].
41. Cucchiella, F., D'Adamo, I., Gastaldi, M., Koh, S. L., & Rosa, P. *A comparison of environmental and energetic performance of European countries: A sustainability index*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 401–413, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.077>
 42. Iddrisu, I., & Bhattacharyya, S. C. *Sustainable Energy Development Index: A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 513–530, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.032>
 43. GÜR, Betül; SART, Gamze; BAYAR, Yılmaz; ÖZGÜNER KILIÇ, Hicran. The Effect of Renewable Energy Use and ICT Development on CO₂ Emissions in EU Transition Economies: Evidence from Causality and Cointegration Analyses Under the Presence of Cross-Sectional Dependence and Heterogeneity. *Sustainability* [interaktyvus], 2025, 17, 9848. <https://doi.org/10.3390/su17219848> [žiūrėta 2026-03-16].
 44. CHEN, Chaoyi; PINAR, Mehmet; STENGOS, Thanasis. Renewable energy and CO₂ emissions: New evidence with the panel threshold model. *Renewable Energy* [interaktyvus], 2022, 194, p. 117–128. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.095> [žiūrėta 2026-03-16]. ISSN 0960-1481.
 45. Energy statistics – an overview [interaktyvus]. Eurostat, 2026. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview
 46. 47% of EU's electricity came from renewables in 2025. *Eurostat news release*, 2026 m. kovo 19 d. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/w/ddn-20260319-2>
 47. *Eurostat – Statistics Explained*, 2024. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics
 48. WANG, B.; WANG, Q.; WEI, Y.-M.; LI, Z.-P. *Role of renewable energy in China's energy security and climate change mitigation: An index decomposition analysis*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, 90, p. 187–194. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.012>
 49. Busu, M.; Nedelcu, A. C. Analyzing the Renewable Energy and CO₂ Emission Levels Nexus at an EU Level: A Panel Data Regression Approach. *Processes*, 2021, 9(1): 130. <https://doi.org/10.3390/pr9010130>.
 50. Busu, M.; Trica, C. L. Sustainability of Circular Economy Indicators and Their Impact on Economic Growth of the European Union. *Sustainability*, 2019, 11(19): 5481. <https://doi.org/10.3390/su11195481>.
 51. O'Sullivan, M. and Edler, D. Gross Employment Effects in the Renewable Energy Industry in Germany—An Input–Output Analysis from 2000 to 2018. *Sustainability*, 2020. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/343349388_Gross_Employment_Effects_in_the_Renewable_Energy_Industry_in_Germany-An_Input-Output_Analysis_from_2000_to_2018/fulltext/5f3c0b0ba6fdcccc43d2fd93/Gross-Employment-

- Effects-in-the-Renewable-Energy-Industry-in-Germany-An-Input-Output-Analysis-from-2000-to-2018.pdf
52. Stavropoulos, S., Burger, M. J. (2020). Modelling strategy and net employment effects of renewable energy and energy efficiency: A meta-regression. *Energy Policy*, 136, 111047.
 53. BRUNECKIENĖ, Jurgita. Regionų plėtros vertinimas indeksu, 2013. ISBN 978-609-02-0826-7
 54. Kacperska, E., Łukasiewicz, K., Pietrzak, P. (2021). Use of Renewable Energy Sources in the European Union and the Visegrad Group Countries—Results of Cluster Analysis. *Energies*, 14(18), 5680. <https://doi.org/10.3390/en14185680>.
 55. EUROSTAT. *Population unable to keep home adequately warm (SDG_07_60)* [interaktyvi duomenų bazė]. Liuksemburgas: Europos Sąjungos leidinių biuras, 2024. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/sdg_07_60>. [Žiūrėta 2026-04-20].
 56. Europos Komisija (2026). *Klausimai ir atsakymai apie iniciatyvą „AccelerateEU“*. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/lt/qanda_26_630 [žiūrėta 2026-04-27].
 57. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). 2024. Eco-innovation index in Europe. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/eco-innovation-index-8th-eap> [žiūrėta 2026-04-28].
 58. GLOBAL GREEN GROWTH INSTITUTE (GGGI). 2019. Green Growth Index: Methodology. Prieiga per internetą: <https://greengrowthindex.gggi.org> [žiūrėta 2026-04-28].
 59. Indrė TURSIENĖ, Danguolė OŽELIENĖ (2023). ES ŠALIŲ DARNIOS PLĖTROS VERTINIMAS ES ŽALIOJO KURSO KONTEKSTE. *EKONOMIKA IR VADYBA*. Prieiga per: vvf_2023 - 022.pdf (vilniustech.lt)
 60. Energy in Europe – 2026 edition [interaktyvus]. Eurostat, 2026. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/energy-2026>
 61. ŠTURC, Marek. *Renewable energy: Analysis of the latest data on energy from renewable sources*. Luxembourg: European Union, 2012. (*Statistics in Focus*; 44/2012). 8 p. ISSN 1977-0316. Prieiga per internetą: <<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3433488/5585312/KS-SF-12-044-EN.PDF>> (žiūrėta 2026-03-24).
 62. AGUIRRE, M.; IBIKUNLE, G. *Determinants of renewable energy growth: A global sample analysis*. *Energy Policy*, 2014, 69, p. 374–384. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.02.036>
 63. WORLD ECONOMIC FORUM. *Fostering Effective Energy Transition 2025: Regional and country dashboards* [interaktyvus]. Published: 18 June 2025. Prieiga per internetą: <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition-2025/regional-and-country-dashboards-12c7bd0a42/> [žiūrėta 2026-05-07]

Priedai

1 priedas. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso rodiklis – 2015-2024 m. ES valstybių valdysenos indeksas (WGI) išreikštas skalėje nuo 0 iki 1.

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,789	0,779	0,741	0,751	0,713	0,724	0,743	0,797	0,805	0,816
Austrija	0,803	0,799	0,777	0,780	0,778	0,782	0,732	0,724	0,706	0,706
Belgija	0,716	0,697	0,621	0,630	0,607	0,631	0,641	0,652	0,594	0,623
Bulgarija	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Čekija	0,506	0,504	0,504	0,463	0,458	0,483	0,513	0,560	0,563	0,608
Danija	0,958	0,960	0,927	0,950	0,949	0,950	0,979	1,000	1,000	1,000
Estija	0,668	0,669	0,645	0,660	0,681	0,702	0,699	0,729	0,709	0,730
Graikija	0,120	0,078	0,106	0,142	0,163	0,228	0,208	0,223	0,181	0,180
Ispanija	0,449	0,457	0,415	0,418	0,429	0,429	0,432	0,429	0,385	0,407
Italija	0,257	0,253	0,228	0,209	0,217	0,276	0,288	0,325	0,341	0,352
Kipras	0,478	0,477	0,477	0,408	0,431	0,377	0,342	0,358	0,331	0,362
Kroatija	0,191	0,161	0,162	0,150	0,134	0,181	0,204	0,227	0,214	0,235
Latvija	0,405	0,371	0,361	0,342	0,387	0,420	0,455	0,454	0,441	0,490
Lenkija	0,490	0,409	0,343	0,311	0,291	0,291	0,250	0,253	0,252	0,353
Lietuva	0,488	0,473	0,434	0,387	0,457	0,510	0,529	0,543	0,545	0,633
Liuksemburgas	0,970	0,970	0,935	0,954	0,952	0,924	0,891	0,913	0,934	0,961
Malta	0,549	0,543	0,548	0,528	0,417	0,485	0,402	0,396	0,334	0,332
Nyderlandai	0,924	0,950	0,907	0,913	0,893	0,886	0,858	0,843	0,833	0,846
Portugalija	0,552	0,537	0,565	0,525	0,500	0,522	0,515	0,508	0,473	0,484
Prancūzija	0,598	0,570	0,583	0,577	0,574	0,551	0,559	0,555	0,509	0,497
Rumunija	0,138	0,104	0,076	0,020	0,059	0,102	0,115	0,156	0,102	0,138
Slovakija	0,326	0,324	0,281	0,235	0,229	0,309	0,319	0,326	0,270	0,283
Slovėnija	0,452	0,479	0,453	0,451	0,483	0,476	0,448	0,464	0,453	0,477
Suomija	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,980	0,939	0,986
Švedija	0,943	0,951	0,914	0,920	0,912	0,903	0,887	0,892	0,850	0,875
Vengrija	0,263	0,217	0,216	0,155	0,128	0,196	0,169	0,141	0,078	0,114
Vokietija	0,864	0,856	0,833	0,841	0,823	0,788	0,786	0,785	0,741	0,753

2 priedas. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso rodiklis – 2015-2024 m. ES valstybių pajamos iš AEI sektoriaus išreikštos skalėje nuo 0 iki 1

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,000	0,000	0,010	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Austrija	0,315	0,230	0,216	0,325	0,250	0,188	0,326	0,337	0,353	0,373
Belgija	0,072	0,045	0,148	0,110	0,192	0,231	0,120	0,160	0,183	0,179
Bulgarija	0,371	0,347	0,367	0,578	0,614	0,291	0,353	0,336	0,623	0,604
Čekija	0,233	0,187	0,202	0,208	0,199	0,144	0,166	0,227	0,100	0,090
Danija	0,679	0,613	0,753	0,590	0,560	0,512	0,789	0,708	0,725	0,742
Estija	0,936	0,922	0,789	0,812	1,000	1,000	1,000	0,975	1,000	1,000
Graikija	0,095	0,095	0,117	0,123	0,223	0,481	0,290	0,351	0,332	0,347
Ispanija	0,256	0,224	0,263	0,220	0,356	0,284	0,249	0,350	0,477	0,481
Italija	0,311	0,256	0,138	0,118	0,144	0,130	0,364	0,421	0,404	0,492
Kipras	0,112	0,064	0,089	0,064	0,077	0,052	0,107	0,146	0,113	0,119
Kroatija	0,368	0,313	0,264	0,328	0,331	0,263	0,308	0,266	0,257	0,233
Latvija	1,000	1,000	1,000	1,000	0,904	0,604	0,923	0,918	0,909	0,919
Lenkija	0,197	0,153	0,109	0,110	0,172	0,178	0,294	0,316	0,294	0,302
Lietuva	0,423	0,407	0,253	0,196	0,401	0,400	0,433	0,562	0,672	0,764
Liuksemburgas	0,022	0,010	0,000	0,000	0,014	0,045	0,038	0,008	0,021	0,022
Malta	0,216	0,168	0,152	0,122	0,738	0,465	0,497	0,556	0,486	0,415
Nyderlandai	0,075	0,099	0,052	0,087	0,173	0,330	0,322	0,333	0,426	0,494
Portugalija	0,278	0,198	0,244	0,221	0,863	0,413	0,364	0,442	0,443	0,353
Prancūzija	0,156	0,136	0,133	0,130	0,187	0,199	0,215	0,303	0,280	0,296
Rumunija	0,207	0,179	0,175	0,152	0,138	0,123	0,137	0,151	0,136	0,128
Slovakija	0,249	0,196	0,201	0,233	0,348	0,218	0,234	0,321	0,198	0,166
Slovėnija	0,130	0,130	0,137	0,139	0,072	0,708	0,166	0,247	0,265	0,332
Suomija	0,705	0,694	0,736	0,557	0,695	0,492	0,756	1,000	0,888	0,929
Švedija	0,515	0,421	0,352	0,373	0,656	0,467	0,540	0,808	0,722	0,700
Vengrija	0,262	0,255	0,229	0,210	0,315	0,267	0,269	0,491	0,349	0,355
Vokietija	0,307	0,218	0,232	0,174	0,235	0,206	0,240	0,306	0,346	0,370

3 priedas. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso rodiklis – 2015-2024 m. ES valstybių eksportas AEI sektoriuje išreikštas skalėje nuo 0 iki 1

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,011	0,013	0,024	0,015	0,010	0,008	0,010	0,006	0,008	0,008
Austrija	0,133	0,140	0,202	0,153	0,146	0,121	0,114	0,107	0,083	0,082
Belgija	0,301	0,326	0,407	0,555	0,691	0,641	0,619	0,742	0,769	1,000
Bulgarija	0,162	0,581	0,959	0,821	0,811	0,641	0,814	1,000	0,873	0,606
Čekija	0,148	0,144	0,165	0,135	0,106	0,098	0,098	0,058	0,051	0,058
Danija	1,000	1,000	0,919	0,669	0,950	0,600	0,360	0,279	0,427	0,771
Estija	0,146	0,123	0,167	0,052	0,048	0,160	0,024	0,001	0,002	0,002
Graikija	0,006	0,014	0,007	0,010	0,021	0,031	0,043	0,018	0,012	0,028
Ispanija	0,171	0,187	0,290	0,243	0,205	0,176	0,176	0,194	0,252	0,211
Italija	0,028	0,035	0,054	0,047	0,042	0,052	0,051	0,045	0,045	0,035
Kipras	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Kroatija	0,049	0,077	0,272	0,097	0,064	0,076	0,042	0,002	0,001	0,001
Latvija	0,229	0,188	0,327	0,372	0,273	0,215	0,327	0,455	0,541	0,631
Lenkija	0,153	0,172	0,214	0,112	0,085	0,085	0,092	0,082	0,076	0,090
Lietuva	0,292	0,236	0,393	0,333	0,296	0,285	0,436	0,383	0,425	0,399
Liuksemburgas	0,055	0,081	0,166	0,189	0,113	0,064	0,037	0,000	0,001	0,000
Malta	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,000	0,000
Nyderlandai	0,470	0,538	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,793	1,000	0,794
Portugalija	0,038	0,085	0,121	0,141	0,168	0,123	0,123	0,027	0,028	0,020
Prancūzija	0,044	0,047	0,073	0,084	0,075	0,065	0,056	0,037	0,059	0,060
Rumunija	0,029	0,021	0,027	0,021	0,004	0,006	0,007	0,021	0,005	0,001
Slovakija	0,191	0,255	0,302	0,213	0,196	0,129	0,113	0,136	0,233	0,137
Slovėnija	0,162	0,214	0,359	0,208	0,234	0,269	0,237	0,011	0,010	0,017
Suomija	0,009	0,004	0,008	0,005	0,004	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003
Švedija	0,027	0,031	0,051	0,051	0,052	0,041	0,029	0,030	0,044	0,047
Vengrija	0,277	0,349	0,516	0,426	0,394	0,314	0,294	0,320	0,320	0,404
Vokietija	0,185	0,187	0,223	0,219	0,204	0,172	0,157	0,112	0,143	0,177

4 priedas. AEIPEI ekonominio poveikio subindekso rodiklis – 2015-2024 m. ES valstybių išduotų patentų susijusių su AEI technologijomis 1 gyventojui rodiklis išreikštas skalėje nuo 0 iki 1.

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,025	0,009	0,005	0,006	0,003	0,017	0,000	0,002	0,002	0,000
Austrija	0,135	0,119	0,109	0,347	0,119	0,113	0,030	0,021	0,002	0,000
Belgija	0,029	0,037	0,042	0,050	0,036	0,055	0,016	0,013	0,005	0,057
Bulgarija	0,022	0,016	0,015	0,022	0,019	0,025	0,002	0,003	0,001	0,000
Čekija	0,037	0,036	0,053	0,058	0,064	0,078	0,049	0,098	0,018	0,267
Danija	1,000	1,000	1,000	0,739	0,584	0,447	0,186	0,088	0,012	0,526
Estija	0,026	0,055	0,011	0,018	0,012	0,031	0,012	0,003	0,002	0,000
Graikija	0,022	0,025	0,018	0,019	0,015	0,021	0,010	0,008	0,001	0,000
Ispanija	0,257	0,280	0,270	0,241	0,179	0,157	0,055	0,036	0,006	0,060
Italija	0,027	0,041	0,038	0,044	0,036	0,050	0,023	0,004	0,000	0,000
Kipras	0,673	0,958	0,992	1,000	1,000	0,736	0,668	0,328	0,052	0,000
Kroatija	0,202	0,339	0,432	0,475	0,472	0,443	0,224	0,006	0,000	0,000
Latvija	0,016	0,030	0,020	0,057	0,015	0,020	0,001	0,004	0,000	0,000
Lenkija	0,190	0,207	0,216	0,588	0,141	0,136	0,035	0,029	0,003	0,006
Lietuva	0,262	0,231	0,232	0,547	0,153	0,123	0,023	0,010	0,002	0,000
Liuksemburgas	0,261	0,261	0,356	0,655	0,304	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Malta	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
Nyderlandai	0,045	0,056	0,072	0,202	0,071	0,107	0,050	0,059	0,023	0,300
Portugalija	0,244	0,226	0,238	0,559	0,139	0,095	0,022	0,008	0,002	0,000
Prancūzija	0,127	0,125	0,143	0,151	0,160	0,185	0,043	0,011	0,007	0,023
Rumunija	0,020	0,019	0,026	0,000	0,017	0,019	0,012	0,010	0,000	0,012
Slovakija	0,038	0,032	0,028	0,000	0,045	0,054	0,011	0,016	0,007	0,000
Slovėnija	0,462	0,474	0,378	0,832	0,211	0,168	0,020	0,009	0,001	0,000
Suomija	0,161	0,189	0,262	1,000	0,296	0,340	0,112	0,052	0,008	0,160
Švedija	0,128	0,106	0,108	0,000	0,072	0,106	0,065	0,083	0,006	0,191
Vengrija	0,268	0,255	0,302	0,801	0,219	0,233	0,066	0,045	0,005	0,047
Vokietija	0,516	0,566	0,660	0,688	0,605	0,653	0,239	0,185	0,047	0,129

5 priedas. AEIPEI socialinio poveikio subindekso rodiklis 2015-2024 m. ES valstybių užimtumo AEI sektoriuje rodiklių vertės išreikštos skalėje nuo 0 iki 1.

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,030	0,052	0,039	0,018	0,015	0,008	0,062	0,102	0,000	0,000
Austrija	0,193	0,137	0,086	0,176	0,120	0,113	0,251	0,272	0,173	0,165
Belgija	0,000	0,000	0,010	0,000	0,047	0,126	0,072	0,119	0,031	0,027
Bulgarija	0,209	0,210	0,155	0,308	0,310	0,179	0,246	0,274	0,381	0,346
Čekija	0,164	0,142	0,108	0,123	0,159	0,135	0,193	0,289	0,055	0,034
Danija	0,553	0,487	0,560	0,410	0,412	0,521	0,730	0,643	0,464	0,419
Estija	0,736	0,739	0,578	0,644	0,715	1,000	0,845	0,820	0,719	0,638
Graikija	0,087	0,101	0,118	0,105	0,117	0,433	0,219	0,281	0,151	0,139
Ispanija	0,225	0,197	0,206	0,158	0,269	0,244	0,212	0,312	0,302	0,269
Italija	0,257	0,202	0,081	0,056	0,075	0,091	0,321	0,377	0,242	0,259
Kipras	0,041	0,025	0,018	0,013	0,000	0,000	0,118	0,168	0,036	0,042
Kroatija	0,458	0,385	0,347	0,370	0,339	0,311	0,362	0,358	0,248	0,191
Latvija	1,000	1,000	1,000	1,000	0,821	0,724	1,000	1,000	0,852	0,758
Lenkija	0,137	0,108	0,039	0,054	0,098	0,146	0,260	0,302	0,187	0,188
Lietuva	0,403	0,402	0,169	0,135	0,524	0,722	0,665	0,933	1,000	1,000
Liuksemburgas	0,147	0,137	0,072	0,057	0,137	0,199	0,195	0,165	0,087	0,072
Malta	0,155	0,106	0,087	0,050	0,915	0,659	0,626	0,661	0,478	0,348
Nyderlandai	0,049	0,090	0,000	0,041	0,113	0,377	0,322	0,355	0,322	0,348
Portugalija	0,195	0,139	0,138	0,121	1,000	0,531	0,000	0,495	0,410	0,281
Prancūzija	0,106	0,101	0,050	0,053	0,097	0,148	0,180	0,000	0,126	0,118
Rumunija	0,153	0,142	0,131	0,114	0,065	0,081	0,127	0,165	0,058	0,051
Slovakija	0,196	0,154	0,113	0,149	0,204	0,151	0,191	0,264	0,077	0,050
Slovėnija	0,103	0,118	0,044	0,060	0,000	0,803	0,162	0,265	0,187	0,225
Suomija	0,500	0,484	0,475	0,328	0,382	0,356	0,351	0,671	0,433	0,400
Švedija	0,333	0,268	0,191	0,198	0,471	0,449	0,472	0,644	0,403	0,348
Vengrija	0,217	0,204	0,167	0,147	0,246	0,260	0,263	0,464	0,256	0,229
Vokietija	0,253	0,179	0,143	0,095	0,148	0,176	0,212	0,284	0,206	0,194

6 priedas. AEIPEI socialinio poveikio subindekso rodiklis – gyventojų, negalinčių tinkamai šildyti būsto, dalis ES šalyse 2015–2024 m. skalėje nuo 0 iki 1.

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,789	0,888	0,928	0,913	0,883	0,919	0,906	0,744	0,727	0,865
Austrija	0,956	0,973	0,986	1,000	1,000	1,000	0,982	0,938	0,904	0,920
Belgija	0,888	0,917	0,887	0,888	0,926	0,896	0,902	0,829	0,791	0,871
Bulgarija	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
Čekija	0,893	0,944	0,965	0,966	0,965	0,973	0,960	0,929	0,786	0,865
Danija	0,930	0,973	0,977	0,956	0,965	0,942	0,933	0,825	0,743	0,896
Estija	0,971	0,973	0,971	0,978	0,975	0,954	0,969	0,905	0,893	0,945
Graikija	0,261	0,269	0,312	0,343	0,431	0,400	0,277	0,180	0,086	0,000
Ispanija	0,747	0,776	0,824	0,766	0,799	0,638	0,424	0,256	0,000	0,092
Italija	0,580	0,616	0,616	0,611	0,671	0,738	0,696	0,649	0,604	0,638
Kipras	0,285	0,397	0,393	0,368	0,336	0,250	0,201	0,166	0,198	0,270
Kroatija	0,765	0,797	0,841	0,810	0,830	0,838	0,804	0,735	0,781	0,883
Latvija	0,645	0,763	0,775	0,816	0,781	0,827	0,839	0,730	0,759	0,865
Lenkija	0,828	0,856	0,882	0,891	0,915	0,935	0,915	0,834	0,861	0,963
Lietuva	0,211	0,264	0,220	0,181	0,120	0,169	0,054	0,237	0,043	0,061
Liuksemburgas	1,000	1,000	1,000	0,984	0,979	0,919	0,946	0,967	1,000	0,945
Malta	0,655	0,869	0,873	0,813	0,788	0,781	0,710	0,706	0,749	0,687
Nyderlandai	0,948	0,976	0,986	0,981	0,958	0,965	0,951	0,815	0,733	0,730
Portugalija	0,402	0,445	0,465	0,445	0,396	0,385	0,326	0,237	0,000	0,202
Prancūzija	0,880	0,912	0,913	0,894	0,845	0,800	0,790	0,559	0,465	0,442
Rumunija	0,681	0,677	0,728	0,751	0,735	0,673	0,607	0,346	0,444	0,503
Slovakija	0,872	0,909	0,931	0,900	0,788	0,838	0,799	0,730	0,679	0,656
Slovėnija	0,877	0,917	0,942	0,947	0,982	0,950	0,982	0,943	0,920	0,963
Suomija	0,979	1,000	0,997	0,997	1,000	0,988	1,000	1,000	0,973	1,000
Švedija	0,992	0,976	0,994	0,978	0,996	0,954	0,982	0,910	0,797	0,914
Vengrija	0,773	0,800	0,858	0,860	0,873	0,900	0,817	0,848	0,733	0,798
Vokietija	0,916	0,947	0,960	0,966	0,975	0,788	0,911	0,749	0,674	0,779

7 priedas. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindekso rodiklis – CO₂ emisijų dalis 1 gyventojui ES šalyse 2015–2024 m. skalėje nuo 0 iki 1.

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0,238	0,191	0,230	0,201	0,235	0,192	0,109	0,090	0,126	0,155
Austrija	0,575	0,531	0,508	0,491	0,475	0,432	0,405	0,400	0,474	0,540
Belgija	0,261	0,272	0,280	0,246	0,247	0,253	0,247	0,242	0,250	0,281
Bulgarija	0,397	0,387	0,375	0,375	0,374	0,346	0,288	0,230	0,317	0,332
Čekija	0,309	0,275	0,267	0,242	0,268	0,222	0,185	0,144	0,169	0,179
Danija	0,490	0,467	0,495	0,469	0,485	0,416	0,488	0,470	0,502	0,595
Estija	0,284	0,233	0,204	0,231	0,366	0,403	0,425	0,311	0,411	0,435
Graikija	0,315	0,303	0,331	0,309	0,325	0,308	0,297	0,279	0,302	0,308
Ispanija	0,362	0,399	0,397	0,377	0,391	0,399	0,385	0,382	0,426	0,453
Italija	0,433	0,416	0,410	0,385	0,398	0,380	0,356	0,338	0,339	0,355
Kipras	0,276	0,241	0,237	0,234	0,247	0,246	0,271	0,241	0,218	0,230
Kroatija	0,498	0,452	0,438	0,430	0,456	0,421	0,425	0,341	0,311	0,294
Latvija	0,587	0,543	0,552	0,547	0,536	0,514	0,510	0,484	0,468	0,584
Lenkija	0,315	0,258	0,245	0,255	0,268	0,198	0,167	0,148	0,159	0,163
Lietuva	0,482	0,443	0,449	0,406	0,394	0,349	0,374	0,386	0,404	0,467
Liuksemburgas	0,088	0,072	0,077	0,062	0,056	0,102	0,054	0,082	0,080	0,110
Malta	0,389	0,397	0,417	0,402	0,409	0,397	0,410	0,418	0,422	0,465
Nyderlandai	0,247	0,210	0,228	0,254	0,303	0,280	0,238	0,269	0,301	0,441
Portugalija	0,562	0,542	0,528	0,511	0,510	0,494	0,493	0,489	0,516	0,605
Prancūzija	0,454	0,429	0,432	0,408	0,413	0,378	0,363	0,378	0,401	0,443
Rumunija	0,515	0,500	0,494	0,449	0,461	0,412	0,410	0,412	0,413	0,433
Slovakija	0,431	0,381	0,359	0,327	0,378	0,339	0,319	0,332	0,314	0,343
Slovėnija	0,400	0,351	0,358	0,360	0,391	0,387	0,396	0,346	0,361	0,377
Suomija	0,773	0,512	0,656	0,570	0,581	0,520	0,587	0,566	0,597	0,678
Švedija	0,933	0,958	0,969	0,969	0,975	0,977	0,974	0,990	0,987	0,990
Vengrija	0,455	0,429	0,414	0,368	0,366	0,354	0,298	0,328	0,344	0,375
Vokietija	0,331	0,312	0,317	0,311	0,319	0,297	0,275	0,280	0,311	0,348

8 priedas. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindekso rodiklis – atsinaujinančiosios energijos dalis galutiniame energijos balanse ES šalyse 2015–2024 m. skalėje nuo 0 iki 1.

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0.087	0.081	0.092	0.076	0.101	0.110	0.024	0.000	0.018	0.036
Austrija	0.604	0.593	0.571	0.567	0.548	0.523	0.451	0.395	0.524	0.590
Belgija	0.065	0.072	0.062	0.045	0.059	0.046	0.026	0.015	0.007	0.000
Bulgarija	0.281	0.284	0.265	0.283	0.297	0.255	0.151	0.114	0.170	0.183
Čekija	0.213	0.202	0.182	0.166	0.189	0.133	0.116	0.096	0.081	0.100
Danija	0.539	0.558	0.597	0.597	0.615	0.424	0.586	0.532	0.565	0.662
Estija	0.508	0.505	0.495	0.485	0.506	0.392	0.504	0.479	0.511	0.575
Graikija	0.227	0.212	0.235	0.228	0.258	0.223	0.202	0.181	0.210	0.227
Ispanija	0.238	0.247	0.231	0.207	0.222	0.213	0.174	0.166	0.205	0.228
Italija	0.265	0.255	0.256	0.224	0.228	0.195	0.141	0.109	0.093	0.104
Kipras	0.104	0.095	0.091	0.139	0.138	0.125	0.145	0.120	0.113	0.134
Kroatija	0.508	0.485	0.447	0.444	0.439	0.411	0.385	0.283	0.265	0.250
Latvija	0.689	0.673	0.695	0.701	0.695	0.636	0.598	0.578	0.556	0.643
Lenkija	0.146	0.128	0.103	0.162	0.171	0.109	0.077	0.068	0.045	0.071
Lietuva	0.440	0.429	0.420	0.372	0.378	0.325	0.324	0.311	0.338	0.434
Liuksemburgas	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.020	0.000	0.024	0.000	0.008
Malta	0.003	0.018	0.022	0.011	0.024	0.000	0.018	0.019	0.022	0.059
Nyderlandai	0.015	0.010	0.007	0.000	0.038	0.066	0.028	0.043	0.063	0.120
Portugalija	0.540	0.540	0.517	0.490	0.484	0.471	0.438	0.407	0.400	0.453
Prancūzija	0.208	0.214	0.205	0.193	0.208	0.170	0.151	0.137	0.156	0.183
Rumunija	0.419	0.416	0.387	0.354	0.354	0.279	0.239	0.210	0.220	0.228
Slovakija	0.167	0.141	0.112	0.097	0.202	0.134	0.112	0.084	0.051	0.077
Slovėnija	0.379	0.352	0.328	0.301	0.306	0.289	0.261	0.225	0.206	0.220
Suomija	0.725	0.711	0.734	0.726	0.734	0.672	0.612	0.652	0.700	0.779
Švedija	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Vengrija	0.201	0.191	0.156	0.111	0.115	0.063	0.048	0.040	0.054	0.081
Vokietija	0.210	0.202	0.197	0.199	0.210	0.170	0.149	0.147	0.138	0.168

9 priedas. AEIPEI aplinkosauginio poveikio subindekso rodiklis – atsinaujinančiosios energijos dalis galutiniame transporto energijos balanse ES šalyse 2015–2024 m. skalėje nuo 0 iki 1.

Šalis/Metai	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Airija	0.229	0.181	0.260	0.167	0.201	0.186	0.034	0.121	0.190	0.291
Austrija	0.462	0.397	0.354	0.276	0.254	0.201	0.211	0.282	0.360	0.513
Belgija	0.148	0.218	0.237	0.156	0.131	0.222	0.229	0.264	0.306	0.429
Bulgarija	0.199	0.204	0.202	0.149	0.124	0.105	0.112	0.147	0.169	0.225
Čekija	0.249	0.230	0.229	0.144	0.161	0.155	0.106	0.128	0.129	0.171
Danija	0.247	0.238	0.235	0.154	0.130	0.164	0.223	0.252	0.282	0.480
Estija	0.000	0.000	0.000	0.029	0.105	0.258	0.285	0.216	0.235	0.243
Graikija	0.023	0.038	0.116	0.039	0.008	0.000	0.000	0.041	0.068	0.086
Ispanija	0.025	0.170	0.186	0.142	0.135	0.153	0.178	0.219	0.279	0.343
Italija	0.228	0.242	0.204	0.162	0.179	0.179	0.205	0.240	0.247	0.310
Kipras	0.087	0.086	0.080	0.005	0.000	0.091	0.131	0.169	0.180	0.239
Kroatija	0.078	0.029	0.027	0.000	0.089	0.058	0.108	0.000	0.000	0.000
Latvija	0.128	0.074	0.067	0.076	0.042	0.062	0.094	0.026	0.012	0.285
Lenkija	0.192	0.120	0.128	0.098	0.085	0.042	0.052	0.097	0.137	0.167
Lietuva	0.158	0.114	0.136	0.058	0.020	0.014	0.086	0.134	0.165	0.277
Liuksemburgas	0.268	0.219	0.234	0.155	0.169	0.289	0.165	0.226	0.241	0.324
Malta	0.177	0.186	0.242	0.207	0.214	0.203	0.223	0.262	0.256	0.349
Nyderlandai	0.226	0.176	0.214	0.270	0.350	0.303	0.206	0.301	0.356	0.731
Portugalija	0.283	0.268	0.272	0.228	0.202	0.169	0.178	0.214	0.284	0.496
Prancūzija	0.319	0.296	0.303	0.223	0.207	0.150	0.148	0.209	0.239	0.342
Rumunija	0.213	0.224	0.233	0.141	0.168	0.135	0.184	0.218	0.205	0.268
Slovakija	0.331	0.268	0.235	0.155	0.168	0.153	0.174	0.222	0.230	0.316
Slovėnija	0.077	0.046	0.082	0.111	0.175	0.223	0.267	0.196	0.263	0.314
Suomija	1.000	0.322	0.685	0.447	0.422	0.344	0.592	0.536	0.536	0.709
Švedija	0.871	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Vengrija	0.285	0.283	0.274	0.190	0.173	0.242	0.093	0.188	0.188	0.258
Vokietija	0.255	0.252	0.248	0.197	0.157	0.188	0.159	0.262	0.323	0.430

10 priedas ES valstybių 2015-2024 m. ETI ir AEIPEI vidutinių reikšmių reitingas tarp visų ES narių

Šalis	ETI reitingas	AEIPEI reitingas	Skirtumas
Airija	17	24	-7
Austrija	4	6	-2
Belgija	14	15	-1
Bulgarija	25	25	0
Čekija	22	20	2
Danija	2	2	0
Estija	8	5	3
Graikija	20	27	-7
Ispanija	9	17	-8
Italija	18	21	-3
Kipras	27	26	1
Kroatija	11	11	0
Latvija	12	4	8
Lenkija	26	22	4
Lietuva	16	13	3
Liuksemburgas	19	18	1
Malta	24	10	14
Nyderlandai	5	7	-2
Portugalija	10	14	-4
Prancūzija	7	16	-9
Rumunija	21	23	-2
Slovakija	23	19	4
Slovėnija	13	9	4
Suomija	3	3	0
Švedija	1	1	0
Vengrija	15	12	3
Vokietija	6	8	-2

11 priedas. 2015-2024 m. laikotarpio ES AEIPEI ir ETI vidurkio reikšmės

Šalis	AEIPEI vidurkis	ETI vidurkis
Airija	0,270	60,48
Austrija	0,452	68,4
Belgija	0,355	61,49
Bulgarija	0,254	56,21
Čekija	0,322	58,7
Danija	0,636	73,01
Estija	0,531	64,01
Graikija	0,209	59,37
Ispanija	0,350	63,67
Italija	0,315	60,41
Kipras	0,229	53,8
Kroatija	0,390	63,46
Latvija	0,596	62,82
Lenkija	0,310	56,01
Lietuva	0,381	60,6
Liuksemburgas	0,349	59,65
Malta	0,399	56,94
Nyderlandai	0,446	67,13
Portugalija	0,376	63,58
Prancūzija	0,351	66,15
Rumunija	0,291	58,98
Slovakija	0,337	57,98
Slovėnija	0,404	62,6
Suomija	0,600	71,21
Švedija	0,671	73,46
Vengrija	0,387	60,82
Vokietija	0,415	66,49