

## ŠILTNAMIO EFEKTĄ SUKELIANČIŲ DUJŲ VEIKSNIŲ BALTIJOS ŠALIŲ ŽEMĖS ŪKYJE DEKOMPOZICINĖ ANALIZĖ

**Dalius JALUNSKIS**, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Bioekonomikos plėtros fakultetas, el. paštas [dalius.jalunskis@vdu.lt](mailto:dalius.jalunskis@vdu.lt)

### Santrauka

Pagrindinis tyrimo tikslas buvo nustatyti ir įvertinti veiksnius, turinčius įtakos šiltnamio efektą sukeliančių dujų Baltijos šalių žemės ūkio sektoriams. Straipsnyje atskleidžiami ŠESD emisijų šaltiniai Baltijos šalių žemės ūkio sektoriuose, atskleidžiamos ir šių emisijų mažinimo galimybės. Analizei atlikti buvo naudojama lyginimo, grupavimo, sisteminimo, mokslinės literatūros analizė, grafinio vaizdavimo metodai. ŠESD emisijų pokyčiams ir su jomis susijusiems rodikliams analizuoti pasitelktas dekompozicinės analizės metodas, kuris leidžia suprasti veiksmų įtaką ŠESD emisijai ir leidžia šiuos veiksmus įvertinti. Efektyvus technologijų naudojimas ir su juo susijęs ūkio sektoriaus valdymas buvo išskirtas kaip būdas, kuriuo remiantis galima sumažinti ŠESD emisijų mastą nepatiriant ekonominės žalos.

**Reikšminiai žodžiai:** žemės ūkis, ŠESD emisijos, dekompozicinė analizė.

### Įvadas

Pastaraisiais metais pasaulinė klimato kaita tapo visuomenės dėmesio centre. Akademinė bendruomenė bandė atrasti pagrindinius veiksnius, turinčius įtakos šiltnamio efektą sukeliančių dujų (toliau ŠESD) emisijos pokyčiams, kad galėtų toliau tirti klimato kaitos priežastis ir poveikį. Paprastai šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją lemia tokių veiksmų derinys kaip šalies technologinis lygis, turtas, energijos struktūra, ekonominė struktūra ar gyventojų struktūra (Qu, 2020).

Žemės ūkis išlieka svarbus ŠESD šaltinis. Tai vienas iš ekonomikos sektorių, kuris tiesiogiai arba netiesiogiai daro įtaką klimato kaitai, kuri prisideda prie ŠESD išmetimo. Žemės ūkio sektorius yra ne tik klimato pokyčių auka, priklausoma nuo klimato bei jo pokyčių, pavyzdžiui: oro temperatūros, potvynių, kritulių kiekio, bet ir teršėjas.

Žemės ūkio ŠESD mažinimo tendencija matoma dažnai, tačiau bet kokie pokyčiai neturi paveikti ūkio produktyvumo, todėl būtina žinoti veiksnius, turinčius reikšmę šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimui.

**Tyrimo tikslas** – nustatyti ir įvertinti veiksnius, lemiančius ŠESD Baltijos šalių žemės ūkyje.

#### Tyrimo uždaviniai

1. Nustatyti veiksnius Baltijos šalių žemės ūkyje, lemiančius ŠESD išsiskyrimą bei sugėrimą;
2. Įvertinti mokslininkų dekompozicinės analizės metodus ir jų savybes;
3. Įvertinti Baltijos šalių žemės ūkio ŠESD emisiją.

### Tyrimų objektas ir metodai

**Tyrimų objektas** – Baltijos šalių žemės ūkio ŠESD.

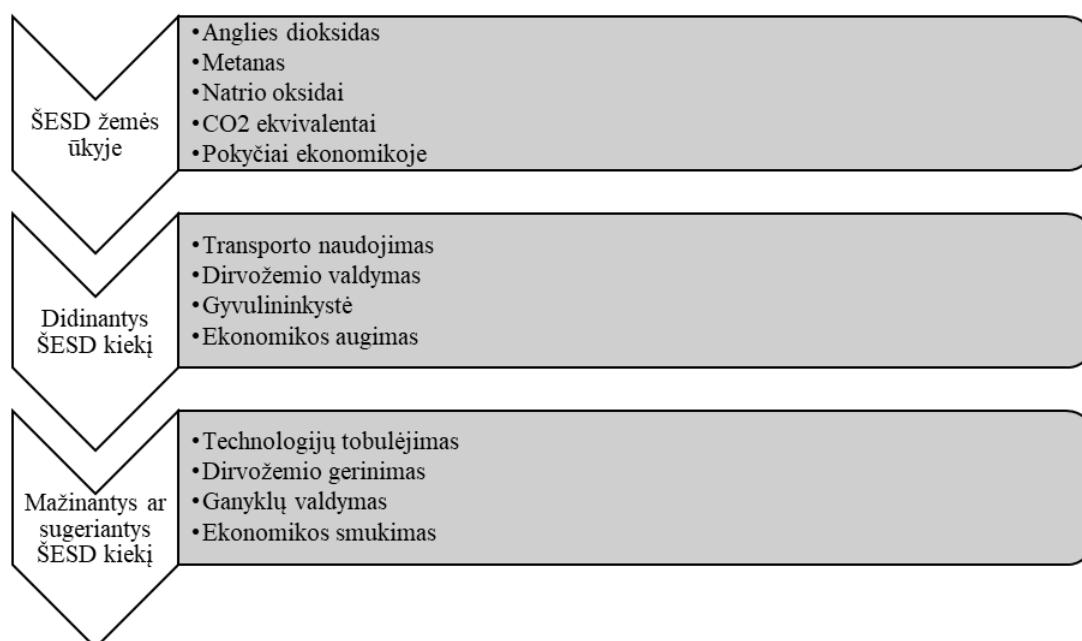
**Tyrimų metodai** – mokslinės literatūros analizė, lyginimas, grupavimas, grafinis vaizdavimas, sisteminimas, apibendrinimas.

### Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Didžiausią įtaką klimato kaitai žemės ūkis daro naudodamas transportą: ruošiant dirvą, beriant trąšas, purškiant pesticidus ar nuimant derlių. Be anglies dioksido dujų, šie ir kiti žemės ūkio veiksniai išskiria metano ir natrio oksido dujas, kurios taip pat yra vienos iš pagrindinių dujų, kurios išsiskiria žemės ūkio sektoriuje ir didina ŠESD kiekį atmosferoje. N<sub>2</sub>O aplinkoje atsiranda iš dirvožemių per trąšas, gyvūlių mėšlą, kuris paliekamas ganyklose, taip pat nuo dirvožemio valdymo. Šių dujų į atmosferą gali patekti ir netiesiogiai, pavyzdžiui, azotui garuojant, jį išplaunant ar nutekėjimo būdu. N<sub>2</sub>O daugiausia išsiskiria per biologinius nitrifikacijos ir denitrifikacijos procesus, kai amoniakas oksiduojamas bakterijų iki nitritų, o nitritai – iki nitratų. Nepaisant šių nitrifikacijos ir denitrifikacijos reakcijų, šie procesai taip pat priklauso ir nuo dirvožemio charakteristikų, tokių kaip: dirvožemio aeracija, drėgmė, temperatūra, sėjomainos ir kt. Būtent temperatūra ir drėgmė ne tik lemia mikroorganizmų kiekį dirvožemyje, bet ir N<sub>2</sub>O išsiskyrimą (Parton et al., 2001; Giacomini et al., 2006; Vilain et al., 2010; Signor et al., 2013). Metano dujos taip pat yra viena iš ŠESD dalių, kurių mastai ne tokie dideli kaip CO<sub>2</sub>, bet daro 33 kartus didesnę įtaką klimato kaitai (Crippa et al., 2020).

Pasak mokslininkų šios dujos išsiskiria dėl žmonių veiklos žemės ūkyje, miškininkystėje, gyvulininkystėje bei nuotekų ir savartyntų valdymo. Autoriai išskiria gyvulininkystę, nes karvės išskiria nemažą dalį metano dujų, pavyzdžiui, karvių mėšlą naudojant kaip trąšą, o vienam litrui pieno pagaminti išskiria apie 1,1 kilogramo metano CO<sub>2</sub> ekvivalentu (Crippa et al.). Pasak Panchasara ir kt. (2021), dėl didėjančio nitrogenu naudojimo trąšose ir gyvulininkystės mastų, N<sub>2</sub>O emisijos iki 2030 metų padidės nuo 30 iki 60 proc., metano dujų emisija – 60 proc. Mokslininkai taip pat teigia, jog ŠESD emisijos priklauso nuo sausrų, kurių metų gyvūlių skaičius mažėja (Panchasara et al.).

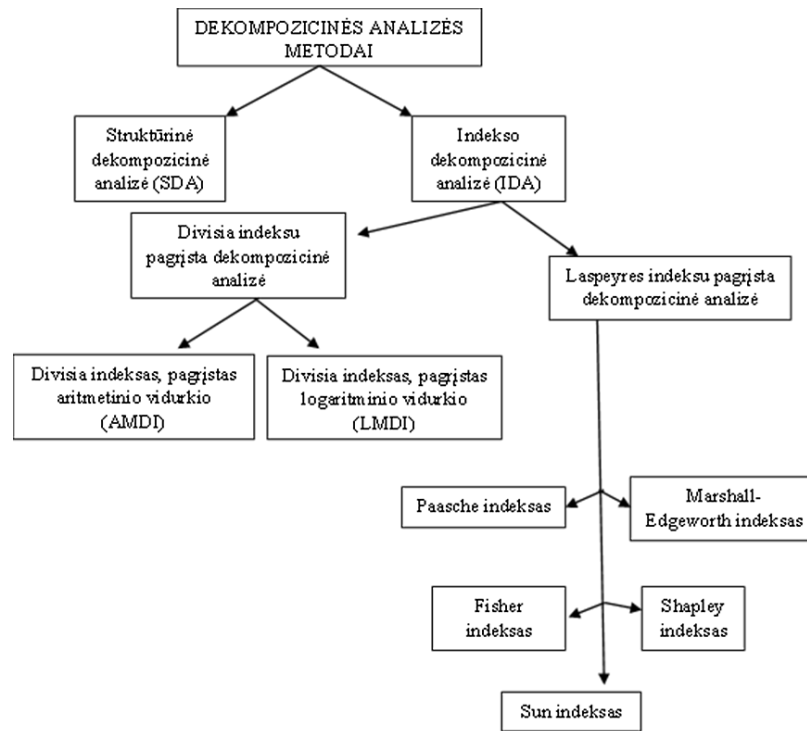
Išsiaiškinus ŠESD emisijų pagrindinius šaltinius, būtina apžvelgti ir veiksniai žemės ūkyje, kurie padeda mažinti ŠESD kiekį atmosferoje jas sugerdami, kitaip tariant, tai – klimato kaitos švelninimo veiksniai žemės ūkyje. Šis švelninimas dažniausiai apibrėžia veiksniai, kurie gali stabilizuoti arba sumažinti klimato kaitos mastus. Ši sąvoka taip pat yra neatsiejama nuo CO<sub>2</sub> absorbuojamo potencialo didinimo, pavyzdžiui, atkuriant ir plečiant miškų, daugiamiečių pievų plotus. Mokslininkai sutinka, kad yra ne viena praktika, kuria remiantis galima sušvelninti ŠESD emisijas, ir išskiria tokias: pasėlių plotų gerinimas, ganyklų valdymas, degraduoto organinio dirvožemio atkūrimas, technologinis tobulėjimas (Smith et al., 2008; Villa-Henriksen et al., 2020; Pancharasa et al., 2021). Mokslininkai taip pat išskiria technologijas, kurių integracija į ūkininkavimą gali padidinti ūkių efektyvumą, gerinti produkcijos kokybę ir mažinti ŠESD emisijas (Chandra et al., 2018; Villa-Henriksen et al.). Baltijos šalis laikui bėgant taip pat sugebėjo sumažinti ŠESD žemės ūkyje. Pasak Brizga ir kt. (2014), postsovietinės valstybės bendrai sugebėjo sumažinti CO<sub>2</sub> emisijas nuo 1990 iki 2010 metų net 35 proc., kai tuo tarpu pasaulinės emisijos padidėjo 44 proc. Šių valstybių, tarp kurių yra ir Lietuva, Latvija, Estija, ŠESD emisijos 1990 metais siekė apie 3,66 mlrd. tonų CO<sub>2</sub> emisijų, kas sudarė 17 proc. visų pasaulinių išmetamų ŠESD, bet 2010 metais CO<sub>2</sub> emisijos minėtose valstybėse nesudarė net 8 proc. pasaulinių CO<sub>2</sub> emisijų. Tokį ŠESD sumažėjimą daugiausia lėmė BVP susitraukimas po Sovietų Sąjungos griūtis. Pasak Drastichova (2017), Lietuva ir Latvija nuo 1990 metų ŠESD emisijas sumažino net daugiau nei 50 proc. Veiksmų, darančių įtaką ŠESD išmetimui ar sugėrimui Baltijos šalių žemės ūkyje, santrauka pateikta 1 paveiksle:



Šaltinis: sudaryta pagal Parton ir kt. (2001), Giacomini ir kt. (2006), Vilain ir kt. (2010), Signor ir kt. (2013), Drastichova (2017)  
 Source: according to Parton et al. (2001), Giacomini et al. (2006), Vilain et al. (2010), Signor et al. (2013), Drastichova (2017)

**1 pav.** ŠESD Baltijos šalių žemės ūkyje veiksniai  
**Fig. 1.** Factors of GHG emissions in the Baltic agriculture

Kaip analitinis pagrindas norint ištirti daiktų pokyčių charakteristikas ir jų veikimo principus, mechanizmus, ekonomikos tyrimuose vis dažniau naudojama šiltnamio efektą sukeliančių dujų dekompozicinė analizė. ŠESD dekompozicinė analizė, kuri paprastai pagrįsta energetinėmis tapatybėmis, turi nustatyti kiekybinį ryšį tarp emisijų ir susijusių veiksmų, o tada išskaidyti pokyčius (Qu, 2020). Per visą tyrimų laikotarpį mokslininkai sukūrė nemažai dekompozicinės analizės metodų, tačiau kuris metodas turėtų būti taikomas, tampa nereta praktinio taikymo problema (2 pav.).



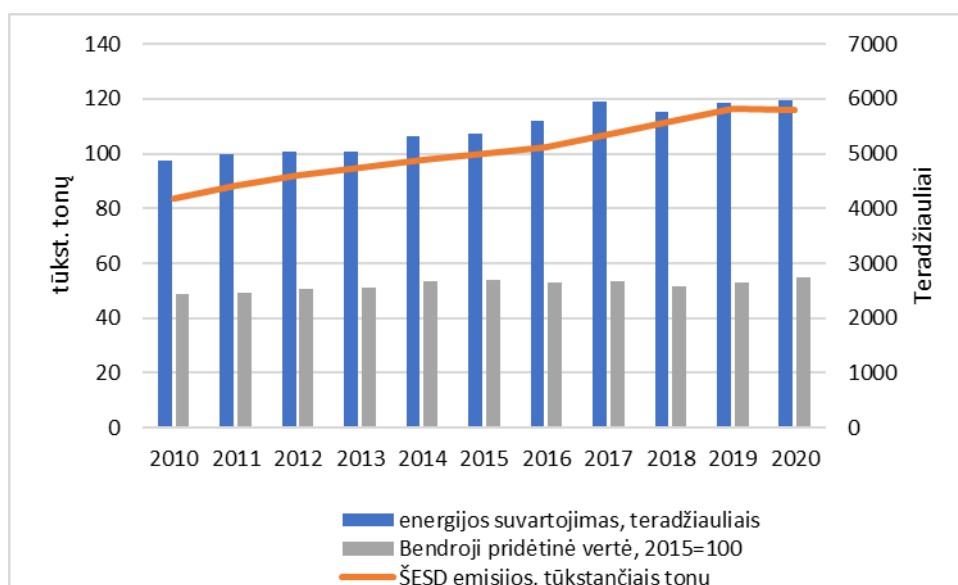
Šaltinis: sudaryta pagal Albrecht ir kt. (2012); Qu (2020); Trūčinskaitė (2022)  
 Source: according to Albrecht et al. (2012); Qu (2020); Trūčinskaitė (2022)

**2 pav.** Dekompozicinės analizės metodai  
**Fig. 2.** Methods of decomposition analysis

Dažniausiai naudojamus dekompozicijos metodus galima skirti į indekso ir struktūrinę dekompozicijos analizę. Pagrindiniu skirtumu tarp šių metodų galima laikyti pritaikomumą: naudojant struktūrinės dekompozicinės analizės metodą galima analizuoti skirtingų ūkio sektorių priklausomybes tarpusavyje, o taikant indekso dekompozicijos analizės metodą – galima analizuoti sektoriaus, šalies ar tarptautinių lygmeniu (2 pav.). Renkantis metodą svarbu įvertinti, ar taikant metodą nelieka didelių paklaidų, ar galima apdoroti duomenis su nulinėmis arba neigiamomis reikšmėmis, kaip plačiai galima taikyti metodą (Ang, 2004; Qu, 2020). Albrecht ir kt. (2012) pastebėjo, kad daugelyje socialinių mokslo sričių naudojami dekompozicijos metodai, kurie padeda atskirti įvairius veiksnius, darančius poveikį ŠESD. Pasak autorių, ŠESD emisijų dekompozicija į daugeliui veiksnių padeda išvelgti esminių parametų svarbą, tokių kaip: CO<sub>2</sub> emisijų mažinimo svarbą, paslaugų ar energijos vartojimo efektingumo tobulinimus, kurie naudojami išsivysčiusiose šalyse. Albrecht ir kt. teigia, jog tradiciniai dekompozicijos metodai su ribotu veiksnių skaičiumi palieka paklaidų, net ir esant trumpam tiriamajam laikotarpiui, o veiksnių reikšmė kintamajam labai priklauso nuo veiksnių buvimo eliminavimo tvarkos sekoje. Šie trūkumai labai sumažina dekompozicijos metodų svarbą ilgesnio laikotarpio tyrimams. Albrecht ir kt. bei Qu teigia, kad Shapley dekompozicijos metodas pašalina šias problemas. Iš esmės metodas apima kintamajam daromo poveikio įvertinimą imant kiekvieną veiksnį iš eilės ir tada kiekvienam apskaičiuojant jo numatomo poveikio vidurkį per visas galimas pašalinimo sekas. Pasak autorių, dėl šios priežasties Shapley indeksu paremtas dekompozicijos metodas turi tris pagrindinius privalumus:

- pirma, dekompozicija yra tobula, t. y. veiksnių, priskiriamų kintamajam, suma lygi stebimam kintamojo pokyčiui, todėl nereikia daryti jokių prielaidų ar skirstyti likučių, nes sprendimas yra be likučių;
- antra, šis metodas yra simetriškas – veiksniai yra traktuojami tolygiu būdu, nedarant tolesnių teorinių prielaidų;
- taip pat šis metodas leidžia atlikti labai sudėtingas dekompozicijas, kurios kitu atveju būtų varginančios dėl didelių likučių ir vėlesnių interpretacijų.

Norint apskaičiuoti CO<sub>2</sub> išmetimą pateikiami šie terminai: anglies emisijos koeficientas (tonomis CO<sub>2</sub> ekvivalentu džauliui), energijos intensyvumas (džauliais perkamosios galios standartui – PPS) ir bendroji pridėtinė vertė (GVA) PPS. Todėl analizėje naudoti trys kintamieji: 1) ŠESD emisija tūkst. tonų, 2) su emisijomis susijęs energijos suvartojimas teradžauliais, 3) bendroji pridėtinė vertė perkamosios galios standartu (3 pav.).



Šaltinis: sudaryta pagal Eurostat (2023)  
Source: according to Eurostat (2023)

**3 pav.** Baltijos šalių žemės ūkio ŠESD emisija ir susiję rodikliai  
**Fig. 3.** GHG emissions and related indicators of the agriculture sector in the Baltic states

ŠESD emisijų dinamika (3 pav.) pavaizduota per bendrosios pridėtinės vertės kitimus ir energijos naudojimo pokyčius. Bendroji pridėtinė vertė fiksuoja pokyčius ekonominėje veikloje, o energijos vartojimo rodiklis kiekybiškai įvertina energijos įvestį, ŠESD emisijos rodiklis parodo pokyčius aplinkoje, atsirandančius dėl procesų, aprašytų pirmaisiais dviem rodikliais (Li et al., 2016). Veiksnų pokyčiai (3 pav.) rodo, kad Baltijos šalių žemės ūkyje ŠESD emisijos didėja, 2020 m. jos siekė beveik 123 tūkst. tonų, nors Lietuvoje laikotarpiu nuo 2015 m. iki 2019 m. ŠESD emisijos mažėjo. Lyginant žemės ūkio išmetamų ŠESD dalį Baltijos šalyse, pažymėtina, kad mažiausią ŠESD dalį generuoja Estijos žemės ūkis, o didžiausią – Lietuva. Energijos suvartojimas ir pridėtinė vertė laikėsi teigiamos tendencijos visą tyrimo laikotarpį (išskyrus pridėtinės vertės mažėjimą nuo 2015 m. iki 2017 m. galimai dėl geopolitinės situacijos), nors Estijos, kuri pasižymi organine žemdirbyste, ŠESD emisijos yra beveik 4 kartus mažesnės nei Lietuvos ir beveik dvigubai mažesnės nei Latvijos. Pasak Wicki ir Wicka (2022), šalyse, kuriose žemės ūkio gamybos intensyvumas yra didelis, ŠESD emisijų mažinimas bus susijęs su energijos vartojimo mažinimu, o tai reiškia, kad mažesnis ir gamybos apimtys. Estijos pavyzdys rodo, kad naudojant efektyvias technologijas ir su jomis susijusius veiksnus galima ženkliai sumažinti emisijų kiekį žemės ūkyje nepakenkiant bendrosios pridėtinės vertės augimui.

## Išvados

1. Baltijos šalių žemės ūkio sektorius, kaip ir dauguma ekonomikos sektorių, išskiria šiltnamio efektą sukeliančias dujas. Mokslinės literatūros analizė atskleidė, kad žemės ūkio sektoriuje įmanoma sumažinti ŠESD emisijas. Transporto naudojimas bei su juo susijęs dirvožemio valdymas mokslininkų išskiriami kaip viena iš ŠESD emisijų priežasčių, o technologijų tobulinimas žemės ūkyje ir efektyvesnė su technologijomis susijusi veikla pažymima kaip galima ŠESD emisijų mažinimo priemonė.
2. Ekonomikos tyrimuose plačiai naudojamų dekompozicinės analizės metodų vertinimas atskleidė Shapley indeksu paremtos dekompozicinės analizės pranašumą, kuriuo remiantis buvo atliktas Baltijos šalių žemės ūkio sektoriaus ŠESD emisijų vertinimas.
3. Atlikta Baltijos šalių žemės ūkio dekompozicinė analizė parodė, kad ŠESD emisijos turi didėjimo tendenciją, kuri susijusi su bendrosios pridėtinės vertės pokyčiais ir energijos vartojimu. Visgi Estijos pavyzdys rodo, kad efektyvus technologijų naudojimas ir su juo susijęs ūkio sektoriaus valdymas gali sumažinti ŠESD emisijų mastą nepatiriant žalos ekonomikai.

## Literatūra

1. Brizga, J., Feng, K., Hubacek, K. 2014. Drivers of greenhouse gas emissions in the Baltic States: A structural decomposition analysis. *Ecological Economics*, Vol. 98, p. 22–28. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.12.001
2. Crippa, M., Solazzo, E., Huang, G., Guizzardi, D., Koffi, E., Muntean, M., Christian, S., Rainer, F. Janssens-Maenhout, G. (2020). High resolution temporal profiles in the Emissions Database for Global Atmospheric Research. *Scientific Data*, Vol. 7(1), 121.
3. Drastichová, M. 2017. Decomposition analysis of the greenhouse gas emissions in the European Union. *Problemy Ekorożwoju/Problems of Sustainable Development*, Vol. 12(2), p. 27–35.

4. Giacomini, S. J., Jantalia, C. P., Aita, C., Urquiaga, S. S., Alves, B. J. R. 2006. Nitrous oxide emissions following pig slurry application in soil under no-tillage system. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Vol. 41, p. 1653–1661. doi.org/10.1590/S0100-204X2006001100012
5. Li, T., Baležentis, T., Makutėnienė, D., Streimikiene, D., Kriščiukaitienė, I. 2016. Energy-related CO<sub>2</sub> emission in European Union agriculture: Driving forces and possibilities for reduction. *Applied Energy*, Vol. 180, p. 682–694. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.031
6. Panchasara, H., Samrat, N. H., Islam, N. 2021. Greenhouse gas emissions trends and mitigation measures in australian agriculture sector—a review. *Agriculture*, Vol. 11(2), 85. doi.org/10.3390/agriculture11020085
7. Parton, W. J., Holland, E. A., Del Grosso, S. J., Hartman, M. D., Martin, R. E., Mosier, A. R., Schimel, D. S. 2001. Generalized model for NO<sub>x</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from soils. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. 106(D15), p. 17403–17419. doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.021
8. Qu, S. 2020. The decomposition analysis of carbon emissions: Theoretical basis, methods and their evaluations. *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*, Vol. 8(04), 2050020.
9. Aharony J., Swary I. 1980. Quarterly Dividend and Earnings Announcements and Stockholders' Returns: An Empirical Analysis. *Finansų žurnalas*. T. 35, p. 1–12. Doi:10.1142/S23457481205002072050020-1
10. Signor, D., Cerri, C. E. P. 2013. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Vol. 43(3), p. 322-338.
11. Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., Smith, J. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 363(1492), p. 789–813. doi: 10.1098/rstb.2007.2184
12. Tručinskaitė, S. 2022. Energijos vartojimo ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo baltijos šalių žemės ūkyje vertinimo teoriniai aspektai ir metodika. In *Conference "Young Scientist 2023"* (pp. 346–350).
13. Vilain, G., Garnier, J., Tallec, G., Cellier, P. 2010. Effect of slope position and land use on nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions (Seine Basin, France). *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 150(9), p. 1192–1202.
14. Wicki, L., ir Wicka, A. 2022. Is the EU Agriculture Becoming Low-Carbon? Trends in the Intensity of GHG Emissions from Agricultural Production. In *Proceedings of the 23rd International Scientific Conference Economic Science for Rural Development*.

## **DECOMPOSITION ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS FACTORS IN AGRICULTURE IN THE BALTIC COUNTRIES**

### **Summary**

The main goal of the article was to identify and evaluate the factors affecting greenhouse gas emissions in the agricultural sectors of the Baltic States. The article reveals the sources of GHG emissions in the agricultural sectors of the Baltic countries, as well as the possibilities of reducing these emissions. To perform the analysis, the methods of comparison, grouping, systematization, analysis of scientific literature, graphic representation were used. The decomposition analysis method is used for the analysis of changes in GHG emissions and indicators related to them, which allows to understand the influence of factors on GHG emissions and allows these factors to be evaluated. Efficient use of technology and related management of the agriculture sector has been singled out as a way to reduce GHG emissions without economic damage.

**Keywords:** agriculture, GHG emissions, decomposition analysis.