

LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU UNIVERSITĀTE
EKONOMIKAS UN SABIEDRĪBAS ATTĪSTĪBAS FAKULTĀTE
EKONOMIKAS UN FINANŠU INSTITŪTS

LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS "SILAVA"



NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ



 *Mg.envir.sc.* Ieva Līcīte

promocijas darbs

KLIMATA PĀRMAIŅU SAMAZINĀŠANA LAUKSAIMNIECĪBAS
ORGANISKĀS AUGSNES APSAIMNIEKOŠANĀ LATVIJĀ

*CLIMATE CHANGE MITIGATION IN AGRICULTURAL ORGANIC SOIL
MANAGEMENT IN LATVIA*

zinātnes doktora grāda zinātnes doktore (*Ph. D.*) sociālās zinātnēs iegūšanai

*Promocijas darbs izstrādāts Ekonomikas un uzņēmējdarbības nozares
Agrārās ekonomikas apakšnozarē*

Promocijas darba vadītājs
Prof., **Dr.oec.** Dina Popluga

Promocijas darba vadītājs
Vadošais pētnieks, **Dr.silv.** Andis Lazdiņš

Promocijas darba autore
Mg.envir.sc. Ieva Līcīte

Jelgava
2024

ANOTĀCIJA

Ieva Licīte. Promocijas darbs: “Klimata pārmaiņu samazināšana lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā Latvijā”, Jelgava, 2024.

Situācijas izpēte un novērtējums radīja pamatu promocijas darba **hipotēzes** formulēšanai: zinātniski pamatota un aprēķinos bāzēta organiskās augsnes apsaimniekošanas lēmumu pieņemšana sekmē Latvijas klimata politikas mērķu sasniegšanu.

Atbilstoši izvirzītajai hipotēzei formulēts promocijas darba **mērķis** – izstrādāt priekšlikumus lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas lēmumu pieņemšanas uzlabošanai, lai veicinātu Latvijas klimata politikas mērķu sasniegšanu.

Promocijas darba mērķa izpildei izvirzīti šādi darba **uzdevumi**:

- 1) izpētīt lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas galvenos teorētiskos un politiskos aspektus klimata pārmaiņu samazināšanai;
- 2) izvērtēt lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas praksi Latvijā un identificēt potenciāli izmaksu efektīvākos klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus;
- 3) novērtēt un salīdzināt identificēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitāti, sagatavojot priekšlikumus lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas lēmumu pieņemšanai.

Promocijas darba struktūra veidota atbilstoši darba uzdevumiem, to veido trīs nodaļas ar apakšnodaļām.

Pirmajā nodaļā izpētīti lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas teorētiskie un politiskie aspekti klimata pārmaiņu samazināšanai. Skaidrots lauksaimniecības organiskās augsnes fenomens. Analizēta lauksaimniecības organiskās augsnes izplatība, tās apsaimniekošanas sociāli ekonomiskā nozīme, ietekme uz klimata pārmaiņām un nozīme klimata un nozaru politikās.

Otrajā nodaļā analizēta lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošana Latvijā, tostarp sasaistē ar lauksaimniecības atbalsta politiku, izmantojot telpisko, faktoru un klasteru analīzi. Izmantojot ekspertu aptaujas metodi, identificēti potenciāli izmaksu efektīvākie klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi.

Trešajā nodaļā salīdzinoši izvērtēta atlasīto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitāte, izmantojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodi izvēles ranžēšanai pēc līdzības ideālajam risinājumam un robežsamazinājuma izmaksu analīzes metodi. Sagatavotas SEG emisiju prognozes klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietekmes novērtēšanai Latvijas klimata politikas mērķu sasniegšanā un veikts pasākumu ietekmes potenciāla novērtējums.

Promocijas darba noslēgumā formulēti galvenie pētījuma rezultāti un secinājumi, definētas izpētes laikā identificētās problēmas un izvirzīti priekšlikumi to risināšanai.

Promocijas darba apjoms zinātnes grāda iegūšanai ir 143 lappuses. Darbā ir 20 tabulas, 22 attēli, 4 pielikumi, izmantoti 378 informācijas avoti, no tiem 352 angļu valodā.

ANNOTATION

Ieva Licite. PhD thesis: “Climate Change Mitigation in Agricultural Organic Soil Management in Latvia”, Jelgava, 2024.

The research and evaluation of the situation provided the basis for formulating the **hypothesis** of the thesis: scientifically supported and data-based decision-making on organic soil management promotes the achievement of Latvia's climate policy goals.

The **objective** of the doctoral thesis is to develop proposals for improving the agricultural organic soil management decision making to promote the achievement of Latvia's climate policy objectives.

To achieve the set objective, the **tasks** are formulated as follows:

- 1) investigate the main theoretical and political aspects of organic soil management in agriculture for mitigating climate change;
- 2) evaluate the practice of organic soil management in Latvian agriculture and identify potentially cost-effective measures for reducing climate change;
- 3) assess and compare the cost-effectiveness of the identified climate change mitigation measures, preparing proposals for decision-making in organic soil management in agriculture.

The thesis structure is organized according to the tasks and consists of three chapters with subchapters.

The first chapter explores the theoretical and policy aspects of agricultural organic soil management in the context of climate change reduction, and the phenomenon of organic agricultural soil is explained.

The second chapter analyses agricultural organic soil management in Latvia, including its connection to agricultural support policies, using spatial, factor, and cluster analysis. By using the expert survey method, potentially cost-effective climate change mitigation measures are identified.

The third chapter provides a comparative evaluation of the cost-effectiveness of selected climate change mitigation measures, using a multi-criteria decision-making analysis method for ranking based on similarity to the ideal solution and a marginal abatement costs method. An assessment of the potential impact of the measures is carried out, and a simulation of greenhouse gas emission projections is prepared to evaluate the potential impact of climate change mitigation measures on the achievement of Latvia's climate change policy goals.

In the conclusion of the thesis, the main research results and conclusions are formulated, research problems identified during the study are defined, and proposals for their resolution are put forward.

The thesis for obtaining a scientific degree consists of 143 pages. The thesis includes 20 tables, 22 figures, 4 annexes, and references to 378 information sources, of which 352 in English.

ANNOTATSIOON

Ieva Līcīte. Doktoritöö „Kliimamuutuste vähendamise võimalused põllumajanduslikus orgaanilises mullas“, Jelgava, 2024.

Olukorra uurimise ja hindamise alusel püstitati doktoritöö **hüpotees**: teaduslikult põhjendatud ja arvutustel põhinev otsuste tegemine orgaanilise mulla majandamise osas aitab saavutada Läti kliimapoliitilisi eesmärgi.

Vastavalt püstitatud hüpoteesile sõnastati doktoritöö **eesmärk**: töötada välja ettepanekud, kuidas parandada põllumajandusliku orgaanilise mulla majandamist, et edendada Läti kliimapoliitiliste eesmärkide saavutamist.

Doktoritöö eesmärgi saavutamiseks seati järgmised **ülesanded**:

- 1) uurida põllumajandusliku orgaanilise mulla majandamise peamisi teoreetilisi ja poliitilisi aspekte kliimamuutuste leevendamiseks;
- 2) hinnata Läti senist praktikat põllumajandusliku orgaanilise mulla majandamisel ja teha kindlaks potentsiaalselt kõige kulutõhusamad kliimamuutuste leevendamise meetmed;
- 3) hinnata ja võrrelda tuvastatud kliimamuutuste leevendamise meetmete kulutõhusust, tehes sisendettepanekuid põllumajandusliku orgaanilise mulla majandamise otsuste tegemiseks.

Doktoritöö ülesehitus vastab püstitatud ülesannetele, koosnedes kolmest osast ja nende alajaotustest.

Esimeses osas uuritakse põllumajandusliku orgaanilise mulla majandamise teoreetilisi ja poliitilisi aspekte kliimamuutuste leevendamise kontekstis. Selgitatakse põllumajandusliku orgaanilise mulla nähtust. Analüüsitakse põllumajandusliku orgaanilise mulla levikut, selle majandamise sotsiaal–majanduslikku tähtsust, mõju kliimamuutustele ning tähendust kliima– ja muude valdkondade poliitika vaates.

Teises osas analüüsitakse põllumajandusliku orgaanilise mulla majandamist Lätis, sh seost põllumajandustoetuste poliitikaga, kasutades ruumilise, faktor– ja klasteranalüüsi meetodeid. Kõige kulutõhusamad kliimamuutuste leevendamise meetmed on välja selgitatud eksperdiküsitluse meetodil.

Kolmandas osas esitatakse võrdlushinnang valitud kliimamuutuste leevendamise meetmete kulutõhususele, kasutades valikute järjestamiseks ideaalse lahendusega sarnasuse alusel mitmekriteeriumilist otsustusanalüüsi meetodit ja piirkulu analüüsi meetodit. Selleks, et hinnata kliimamuutusi vähendavate meetmete mõju Läti kliimapoliitika eesmärkide saavutamisele, koostatakse kasvuhoonegaaside heitkoguste prognoos ning esitatakse hinnang meetmete võimaliku mõju kohta.

Doktoritöö lõpus esitatakse uurimistöö peamised tulemused ja järeldused, määratletakse uurimistöö käigus tuvastatud probleemid ning tehakse ettepanekud nende lahendamiseks.

Doktoritöö maht on 143 lehekülge. Töö sisaldab 20 tabelit, 22 joonist, 4 lisa, kasutatud on 378 teabeallikat, millest 352 olid inglise keeles.

SATURS/CONTENT

INFORMĀCIJA PAR PUBLIKĀCIJĀM UN ZINĀTNISKO DARBU/ <i>INFORMATION ON PUBLICATIONS AND SCIENTIFIC WORK</i>	7
TABULU SARAKSTS/ <i>LIST OF TABLES</i>	10
ATTĒLU SARAKSTS/ <i>LIST OF FIGURES</i>	12
SAĪSINĀJUMU UN SKAIDROJUMU SARAKSTS/ <i>LIST OF ABBREVIATIONS AND EXPLANATIONS</i>	14
IEVADS/ <i>INTRODUCTION</i>	15
1. LAUKSAIMNIECĪBAS ORGANISKĀS AUGSNES APSAIMNIEKOŠANAS TEORĒTISKIE UN POLITISKIE ASPEKTI KLIMATA PĀRMAIŅU SAMAZINĀŠANAI / <i>THEORETICAL AND POLITICAL ASPECTS OF AGRICULTURAL ORGANIC SOIL MANAGEMENT FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION</i>	19
1.1. Lauksaimniecības organiskās augsnes fenomens un sociāli ekonomiskā loma / <i>Phenomenon of Agricultural Organic Soil and its Socioeconomic Role</i>	19
1.2. Klimata pārmaiņu ietekmes novērtēšanas teorētiskie aspekti un SEG emisiju ziņošanas kārtība / <i>Theoretical Aspects of Climate Change Impact Assessment and GHG Emission Reporting Procedures</i>	29
1.3. Lauksaimniecības organiskā augsne klimata un lauksaimniecības politikā / <i>Agricultural Organic Soil within the Context of Climate and Agricultural Policies</i>	37
2. LAUKSAIMNIECĪBAS ORGANISKĀS AUGSNES APSAIMNIEKOŠANAS NOVĒRTĒJUMS UN APSAIMNIEKOŠANAS UZLABOŠANAS IESPĒJAS LATVIJĀ / <i>MANAGEMENT EVALUATION AND MANAGEMENT IMPROVEMENT POSSIBILITIES OF AGRICULTURAL ORGANIC SOIL IN LATVIA</i>	51
2.1. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas raksturojums / <i>Characteristics of Agricultural Organic Soil Management</i>	51
2.2. Lauksaimniecības atbalsta politikas un lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas kopsakarības / <i>Interconnections between Agricultural Support Policy and Agricultural Organic Soil Management</i>	56
2.3. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi lauksaimniecības organiskajā augsnē / <i>Climate Change Mitigation Measures in Agricultural Organic Soil Management</i>	63
3. LĒMUMU PIENĒMŠANAS ATBALSTS KLIMATA PĀRMAIŅU SAMAZINĀŠANAI LAUKSAIMNIECĪBAS ORGANISKĀS AUGSNES APSAIMNIEKOŠANĀ / <i>DECISION-MAKING SUPPORT FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION IN AGRICULTURAL ORGANIC SOIL MANAGEMENT</i>	73
3.1. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas agrotehniskie, sociāli ekonomiskie un vides rādītāji / <i>Agrotechnological, Socio-economic and Environmental Criteria for Implementing Climate Change Mitigation Measures</i>	73
3.2. Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīze klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izvēlē / <i>Multi-Criteria Decision-Making Analysis in the Selection of Climate Change Mitigation Measures</i>	80
3.3. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitātes analīze / <i>Analysis of Cost Effectiveness of Climate Change Mitigation Measures</i>	88
3.4. SEG emisiju prognožu simulācija klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu iespējamās ietekmes novērtēšanai Latvijas klimata politikas saistību izpildē / <i>Simulation of</i>	

<i>GHG Emission Projections to Assess the Impact of Climate Change Mitigation Measures on the Fulfillment of Latvia's Climate Policy Commitments</i>	95
<i>GALVENIE SECINĀJUMI/MAIN CONCLUSIONS</i>	102
<i>PROBLĒMAS UN PRIEKŠLIKUMI TO RISINĀŠANAI/PROBLEMS AND PROPOSALS FOR THEIR SOLUTION</i>	103
<i>IZMANTOTĀ LITERATŪRA/BIBLIOGRAPHY</i>	105
<i>PIELIKUMI/ANNEXES</i>	131

INFORMĀCIJA PAR PUBLIKĀCIJĀM UN ZINĀTNISKO DARBU/INFORMATION ON PUBLICATIONS AND SCIENTIFIC WORK

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes (LBTU) Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Ekonomikas un finanšu institūtā un Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā “Silava” no 2019. – 2023. gadam. Datu materiāla ieguve un pētniecība veikta Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā “Silava” ar Eiropas Savienības LIFE programmas un Latvijas Valsts reģionālās attīstības aģentūras finansiālu atbalstu projektā „Klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju demonstrēšana auglīgās organiskajās augsnēs Baltijas valstīs un Somijā” (LIFE OrgBalt, LIFE18 CCM/LV/001158), kā arī izmantojot Latvijas Zinātnes padomes Fundamentālo un lietišķo pētījumu projekta “Siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas no koku stumbra virsmas ietekmējošo faktoru izpēte lapkoku audzēs ar meliorētām un pārmitrām augsnēm” (LZP-2021/1-0137) rezultātus. Promocijas darba izstrāde un aprobācija finansēta projektā „LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli” (līgums Nr. 2021/2/GR/Silava/LLU).

Promocijas darba rezultāti 2020. – 2023. gadā publicēti desmit zinātniskās publikācijās anonīmi recenzētā zinātniskajā periodikā, kas citēta starptautiski pieejamās datu bāzēs, tostarp publicējot dažāda spektra datus par siltumnīcefekta gāzu emisiju aprēķiniem un augsnes darbību datu izmaiņām saistībā ar organiskās augsnes apsaimniekošanas un zemes izmantošanas veida maiņu no lauksaimniecības uz meža zemi.

1. **Licite I.**, Lupikis, A. (2020). Impact of land use practices on greenhouse gas emissions from agriculture land on organic soils. In: *Engineering for Rural Development: Proceedings of 19th International Scientific Conference, 1823–1830*. doi: 10.22616/ERDev.2020.19.TF492, indeksēts **SCOPUS**.
2. Lazins A., Snepsts G., Butlers A., Purvina D., Zvaigzne Z.A., **Licite I.** (2021). Evaluation of middle-term greenhouse gas (GHG) mitigation potential of birch plantations with mineral and organic soils. In: *Engineering for Rural Development: Proceedings of 20th International Scientific Conference, 32-37*. doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF005, indeksēts **SCOPUS**.
3. Bārdule A., Butlers A., Lazdiņš A., **Licite I.**, Zvirbulis U., Putniņš R., Jansons A., Adamovičs A., Razma Ģ. (2021). Evaluation of soil organic layers thickness and soil organic carbon stock in hemiboreal forests in Latvia. *Forests*, 12(7), 840. <https://doi.org/10.3390/f12070840>, indeksēts **SCOPUS, Q1**.
4. **Licite I.**, Popluga D. (2022). The mapping of climate and agricultural policies targeting organic soil management: a case study from Latvia. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 22(5.1), pp. 793-800. Doi: 10.5593/sgem2022/5.1/s23.099, indeksēts **SCOPUS**.
5. **Licite I.**, Popluga D., Rivža P., Lazdiņš A., Meļņiks R. (2022). Nutrient-Rich Organic Soil Management Patterns in Light of Climate Change Policy. *Civil Engineering Journal*. 8(10), pp. 2290-2304. Doi: 10.28991/CEJ-2022-08-10-017, indeksēts **SCOPUS, Q2**.
6. **Licite I.**, Popluga D. (2022). Identification of the climate change mitigation targeted management practices on organic soils in the Baltic region. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM*. 22 (4.2), pp. 303-310. Doi: 10.5593/sgem2022V/4.2/s19.38, indeksēts **SCOPUS**.
7. Vanags–Duka M., Bārdule A., Butlers A., Upenieks E.M., Lazdiņš A., Purviņa D., **Licite I.** (2022). GHG Emissions from Drainage Ditches in Peat Extraction Sites and Peatland Forests in Hemiboreal Latvia. *Land*, 11(12), 2233. <https://doi.org/10.3390/land11122233>, indeksēts **SCOPUS, Q2**.
8. Bārdule A., Butlers A., Spalva G., Ivanovs J., Meļņiks R.N., **Licite I.**, Lazdiņš A. (2023). The Surface-to-Atmosphere GHG Fluxes in Rewetted and Permanently Flooded Former Peat Extraction Areas Compared to Pristine Peatland in Hemiboreal Latvia. *Water*, 15(10), 1954. <https://doi.org/10.3390/w15101954>, indeksēts **SCOPUS, Q1**.

9. Purvina D., **Licite I.**, Butlers A., Lazdins A., Saule G., Turks A., Prysiazniuk L.(2023). Evaluation of peat layer thickness effect on soil GHG fluxes. In: Engineering for Rural Development: Proceedings of 22nd International Scientific Conference, 454 –460. doi: 10.22616/ERDev.2023.22.TF096, indeksēts **SCOPUS**.
10. Rancāne S., **Licite I.**, Zuševica A., Zute S., Jansone I., Damškalne M., Zariņa L., Koroļova J., Putniece G., Prysiazniuk L. (2023). Biomass of alternative species for traditional cereal crops in Latvia and their potential impact on the carbon cycle. Zemdirbyste, 110(3), doi:10.13080/z-a.2023.110.023, indeksēts **SCOPUS**.

Par pētījuma rezultātiem autore ziņojusi 15 konferencēs, tostarp 9 starptautiskās zinātniskās konferencēs, 5 starptautiskos zinātniskos forumos, 1 zinātniski praktiskā konferencē.

1. III International Economic Forum, 31.10.2019., Rīga, Latvija. **Stenda ziņojums:** “Klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju izpēte organisko augšņu apsaimniekošanā lauksaimniecības zemēs”.
2. 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, tiešsaiste. 20. – 22.05.2020., **Ziņojums:** “Impact of land use practices on greenhouse gas emissions from agriculture land on organic soils”.
3. Zinātniski praktiska konference “Līdzsvarota lauksaimniecība”, tiešsaiste. 25. – 26.02.2021. **Ziņojums:** “Siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju prognozes un klimata izmaiņu mazināšanas saistību izpildes iespēju novērtējums aramzemēs un zālajos”.
4. Starptautiska zinātniska konference "Zināšanās balstīta meža nozare", 26. – 27.01.2021., tiešsaiste. **Ziņojums:** “Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas iespējas organiskajās augsnēs lauksaimniecībā izmantojamās zemēs”.
5. International Peatland Congress, tiešsaiste. 03. – 06.05.2021. **Ziņojums:** “Evaluation of GHG emissions from organic soils”.
6. IV International Economic Forum “Future economy: globalisation challenges faced by Europe and the Baltics in the 21st century”, tiešsaiste.17.09.2021. **Stenda ziņojums** “Evaluation of greenhouse gas emissions from organic soils for better policy planning”.
7. 7th International Conference “Trends in Regional Development in the EU Countries 2021”, tiešsaiste. 22.10.2021. **Stenda ziņojums** “Importance of greenhouse gas emissions calculation methods for better climate change policy planning in organic soil management”.
8. ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām konference COP26, 08.11.2021., tiešsaiste. **Ziņojums** “Preliminary results form LIFE OrgBalt project” seminārā "Organic soils and peatlands in the Baltic countries: Mitigation measures&monitoring, paludiculture and Carbon farming approaches", Global Peatland Pavilion.
9. 3rd International Scientific Conference Sustainable Bioeconomy Development 2022: Theory and Practice, tiešsaiste. 04. – 05.05.2022. **Ziņojums** “Mapping of Resent Greenhouse Gas Related Research Activities in the Field of Organic Soil Management in Agriculture Land in Latvia”.
10. 21st International Scientific Conference Engineering for Rural Development, tiešsaiste. 25. – 27.05.2022. **Ziņojums** “Carbon dioxide (CO₂) emissions from naturally wet and drained nutrient-rich organic forests soils”.
11. 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022, 02. – 11.07.2022., Albena Bulgaria. **Ziņojums** “The mapping of climate and agricultural policies targeting organic soil management: case study from Latvia”.
12. SGEM International Scientific Conferences on Earth & Planetary Sciences extended scientific sessions “Geen Sciences for Geen Life“, 06. – 09.12.2022., Vīne, Austrija **Ziņojums** “Identification of the climate change mitigation targeted management practices on organic soils in the Baltic region”.

13. Scientific forum "LIFE platform meeting on the benefits of peatland restoration for Europe", Berlin, Germany, 26. – 28.04.2023. **Ziņojums** "LIFE OrgBalt and LIFE Restore projects GHG sequestration effects, the methods of GHG flux measurements and modelling, lessons learned and results".
14. Scientific conference "1st Northern European "4 per 1000" regional meeting: More carbon in the soil for multiple benefits", 06. – 08.06.2023., Helsinki, Finland. Session "Regional Priority in Northern Europe: Agricultural organic soils". **Ziņojums** "The complexity of agriculture organic soil management – LIFE OrgBalt project experience".
15. ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām konference COP28, 10.12.2023., Dubaija, Apvienotie Arābu Emirāti. **Ziņojums** "Agriculture organic soil as climate policy subject in Baltics" Igaunijas Biozinātņu universitātes organizētā diskusijā "Contextualized Carbon Sequestration in Agricultural Soils: Potential and Limits", Estonian Pavilion.

Autore veikusi zinātniski pētniecisko darbu/The author has conducted scientific research work Eiropas Sociālā fonda projektā Nr. 8.2.2.0/20/I/001 "LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli" un zinātniskos pētījumos.

1. Eiropas Komisijas LIFE programmas projekta "Klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju demonstrēšana auglīgās organiskajās augsnēs Baltijas valstīs un Somijā" (LIFE OrgBalt, LIFE18 CCM/LV/001158), projekta vadītāja no 2019. gada līdz 2024. gadam.
2. Norvēģijas Grantu klimata un vides 2014. – 2021. gada perioda programmas "Klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās tām un vide" iepriekš noteiktā projekta "Klimata pārmaiņu politikas integrācija nozaru un reģionālajā politikā" vadītāja Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" no 2021. gada līdz 2023. gadam.
3. Norvēģijas Grantu klimata un vides 2014. – 2021. gada perioda programmas "Klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās tām un vide" iepriekš noteiktā projekta "Ilgtspējīgas augsnes resursu pārvaldības uzlabošana lauksaimniecībā" vadītāja Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā "Silava" no 2021. gada līdz 2024. gadam.
4. ERAF pētījuma "Siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanas potenciālu ietekmējošo faktoru izpēte zālajos un aramzemēs ar organiskajām augsnēm" (Līgums Nr. 1.1.1.1/21/A/031.) eksperte no 2022. gada līdz 2023. gadam.
5. Valsts atbalsta lauksaimniecībai pētījuma "Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana" eksperte no 2020. gada līdz 2023. gadam.

Autorei ir pieredze pedagoģiskajā darbā/The author has experience in pedagogical work: Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātē no 2020. gada 1. septembra līdz 2023. gada 31. augustam vadot studiju kursu "Agrārpolitika", no 2023. gada 1. septembra vadot studiju kursu "Ilgtspējīgas lauksaimniecības politika", no 2022. gada 1. septembra vadot studiju kursu "Sustainable agriculture policy" Lauksaimniecības fakultātes ārvalstu studentiem.

Autore izsaka pateicību/The author expresses her gratitude pētījuma zinātniskajai vadītājai LBTU ESAF profesorei, *Dr.oec.* Dinai Poplugai par daudzām pētnieciskajām idejām, nepārtrauktu atbalstu, motivāciju un optimisma devu, pētījuma zinātniskajam vadītājam LVMI Silava vadošajam pētniekam, *Dr.silv.* Andim Lazdiņam par atbalstu, iedrošinājumu un sākotnējo pētījuma ideju. Tāpat autore izsaka pateicību LBTU ITF profesoram, *Dr.habil.sc.ing.* Pēterim Rivžam par atbalstu datu statistiskajā apstrādē un modelēšanā, LBTU LPTF asociētai profesorei (Emeritus), *Dr.agr.* Dzirdai Kreišmanei par atbalstu agronomisko datu sagatavošanā, un LVMI Silava zinātniskajam asistentam, *Mg.envir.sc.* Raitim Normundam Meļņikam par ģeotelpisko datu apstrādi un kartogrāfiskā materiāla vizualizācijām.

TABULU SARAKSTS/LIST OF TABLES

Nr.	Tabulas nosaukums	Lpp.
1.1.tabula/ <i>Table 1.1</i>	Pasaules Augsnes klasifikatora histosols augsnes pamatgrupas atbilstība Latvijas augsnes klasifikācijai/ <i>Correspondence of World Soil Classification histosol soil group to the Latvian soil classification</i>	22
1.2.tabula/ <i>Table 1.2</i>	IPCC vadlīniju un nacionālie SEG emisiju faktori lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju aprēķināšanai Latvijā 2020. gada un 2021. gada Nacionālajos SEG emisiju inventarizācijas ziņojumos/ <i>IPCC guidelines and national GHG emission factors for calculating GHG emissions of agricultural organic soil in Latvia in the 2020 and 2021 National GHG emission inventory reports</i>	36
1.3.tabula/ <i>Table 1.3</i>	Promocijas darbā analizētie starptautiskā, ES un nacionālā līmeņa politikas un normatīvie dokumenti uz 30.06.2022./ <i>International, EU and national policy documents analysed in the study as of 30.06.2022.</i>	41
1.4.tabula/ <i>Table 1.4</i>	Starptautiskā līmeņa dokumentu analīzes rezultāti uz 30.06.2022./ <i>Results of the analysis of international documents as of 30.06.2022.</i>	42
1.5.tabula/ <i>Table 1.5</i>	ES līmeņa dokumentu analīzes rezultāti uz 30.06.2022./ <i>Results of the analysis of EU documents as of 30.06.2022.</i>	43
1.6.tabula/ <i>Table 1.6</i>	Latvijas līmeņa dokumentu analīzes rezultāti 30.06.2022./ <i>Results of the analysis of national documents as of 30.06.2022.</i>	44
2.1.tabula/ <i>Table 2.1</i>	LAD un VAAD lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes datu kopā ietvertu zemes vienību raksturojošo mainīgo rādītāju apraksts 2012. – 2020. gadā/ <i>Description of variables characterizing the land units contained in the LAD and VAAD agricultural organic soil research dataset in 2012 – 2020</i>	58
2.2.tabula/ <i>Table 2.2</i>	Daudzfaktoru korelācijas rezultāti izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienību mainīgajiem rādītājiem Latvijā 2020. gadā/ <i>Multivariate correlation results for variables of agricultural organic soil land units selected for research in Latvia in 2020</i>	59
2.3.tabula/ <i>Table 2.3</i>	Faktoru analīzes rezultāti izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienību mainīgajiem rādītājiem Latvijā 2020. gadā/ <i>Factor analysis results for variables of agricultural organic soil land units selected for research in Latvia in 2020</i>	60
2.4.tabula/ <i>Table 2.4</i>	Klasteru analīzes rezultāti izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienībām Latvijā 2020. gadā/ <i>Cluster analysis results for agricultural organic soil land units selected for research in Latvia in 2020</i>	61
2.5.tabula/ <i>Table 2.5</i>	Attālums starp klasteru centriem izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienībām Latvijā 2020. gadā/ <i>Distance among cluster centres for agricultural organic soil land units selected for research in Latvia in 2020</i>	62
2.6.tabula/ <i>Table 2.6</i>	Latvijai piemēroto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu lauksaimniecības organiskajā augsnē vispārīgs agrotehniskais raksturojums/ <i>General agrotechnical characteristics of climate change mitigation measures in agricultural organic soil in Latvia</i>	68
3.1.tabula/ <i>Table 3.1</i>	Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu sociāli ekonomisko un vides ietekmi raksturojoši rādītāji Latvijā 2023. gadā/ <i>Indicators characterizing the socio-economic and environmental impact of the selected climate change mitigation measures in Latvia in 2023</i>	75

Nr.	Tabulas nosaukums	Lpp.
3.2.tabula/ Table 3.2	Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ekosistēmu pakalpojumu vērtības Latvijā 2023. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Climate change mitigation measures' ecosystem service values in Latvia in 2023, EUR ha⁻¹</i>	77
3.3.tabula/ Table 3.3	Promocijas darbā izmantotie klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazinājuma potenciāla rādītāji, t CO ₂ ekv. ha ⁻¹ / <i>Indicators of GHG reduction potential of climate change mitigation measures used in the doctoral thesis, t CO₂ eq. ha⁻¹</i>	79
3.4.tabula/ Table 3.4	TOPSIS analīzes darba matrica/ <i>TOPSIS analysis decision matrix</i>	85
3.5.tabula/ Table 3.5	TOPSIS analīzes kritēriju svara rādītāju apkopojums bāzes scenārijā/ <i>Aggregation of TOPSIS Analysis Criterion Weight Indices in the Baseline Scenario</i>	86
3.6.tabula/ Table 3.6	TOPSIS analīzes kritēriju svara rādītāji jūtīguma analīzei/ <i>TOPSIS Analysis Criterion Weight Indices for Sensitivity Analysis</i>	87
3.7.tabula/ Table 3.7	Datu matrica klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu MACC analīzei lauksaimniecības organiskajā augsnē Latvijā 2022. gadā/ <i>Data matrix for climate change mitigation measures MACC analysis in agriculture organic soil in Latvia in 2022</i>	92
3.8.tabula/ Table 3.8	Datu matrica SEG emisiju prognožu simulācijas sagatavošanai Latvijas ZIZIMM sektora aramzemes un zālāju kategorijās 2023. gadā/ <i>Data matrix for simulation of GHG emission projections for Cropland and Grassland categories of the LULUCF sector of Latvia in 2023</i>	96

ATTĒLU SARAKSTS/LIST OF FIGURES

Nr.	Attēla nosaukums	Lpp.
1.1.att./ <i>Fig.1.1</i>	Augsnes iedalījums: minerālaugsne un organiskā augsne atbilstoši Pasaules un Latvijas augsnes klasifikācijai/ <i>Separation of soils in mineral soils and organic soil groups in accordance with worldwide and Latvian soil classification systems</i>	23
1.2.att./ <i>Fig.1.2</i>	Organiskām vielām bagātas augsnes atbilstības kopsakarības Pasaules, Latvijas un IPCC vadlīniju definējumā/ <i>Compliance correlations of soils rich in organic material among World, Latvian and IPCC guidelines definition</i>	25
1.3.att./ <i>Fig.1.3</i>	Latvijas klimatneitralitātes mērķa sasniegšanas trajektorija un prognozētās lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisijas 2050. gadā / <i>The target trajectory of Latvia's climate neutrality goal and the projected agricultural organic soil GHG emissions in 2050</i>	40
1.4.att./ <i>Fig.1.4</i>	Starptautiskā, ES un Latvijas nacionālā līmeņa klimata un lauksaimniecības politikas un normatīvo dokumentu, kuros minēta lauksaimniecības organiskā augsne, grafisks attēlojums pēc to tematikas un apstiprināšanas laika 1992. – 2022. gadā/ <i>Graphic representation of international, EU and Latvian national level climate and agricultural policy and regulatory documents, which mention agricultural organic soil, according to their topic and time of approval in 1992 – 2022</i>	47
1.5.att./ <i>Fig.1.5</i>	Latvijas politikas, normatīvajos un SEG emisiju ziņošanas un prognožu dokumentos identificētās lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes vajadzības 2000. – 2022. gadā/ <i>Agricultural organic soil research needs identified in Latvian policy, regulatory and GHG emission reporting and forecasting documents in 2000-2022</i>	47
2.1.att./ <i>Fig.2.1</i>	Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas raksturojuma pētījuma izpētes platību izvietojums Latvijā 2022. gadā/ <i>Distribution of the study areas of agricultural organic soil management characteristics research in Latvia in 2022</i>	52
2.2.att./ <i>Fig.2.2</i>	Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas dinamika Latvijā 2012. – 2020. gadā/ <i>Dynamics of agricultural organic soil management in Latvia in 2012–2020</i>	53
2.3.att./ <i>Fig.2.3</i>	Lauksaimniecības kultūraugu grupu platības īpatsvara telpisks attēlojums Latvijas novados 2012. un 2020. gadā/ <i>Spatial representation of the area share of agricultural crop groups in administrative compartments of Latvia in 2012 and 2020</i>	54
2.4.att./ <i>Fig.2.4</i>	Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlases pētījuma izpildes metodika/ <i>Methodology for the selection of climate change mitigation measures</i>	65
2.5.att./ <i>Fig.2.5</i>	LIFE OrgBalt projekta klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlases pētījuma rezultāti Baltijas valstīs un Somijā 2018. – 2020. gadā / <i>The results of the LIFE OrgBalt project's research on selection of measures to reduce climate change in the Baltic States and Finland in 2018–2020</i>	67
3.1.att./ <i>Fig.3.1</i>	Pasākuma P1 “Aramzemes pārveide par zālāju” ieviešanas agrotehnisko darbību kopums/ <i>Implementation of the measure P1 “Conversion of cropland to grassland”</i>	75
3.2.att./ <i>Fig.3.2</i>	Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes izpildes soļu vizualizācija/ <i>Visualization of multi-criteria decision analysis execution steps</i>	81
3.3.att./ <i>Fig.3.3</i>	TOPSIS metodes kritēriju izvēles vizualizācija/ <i>TOPSIS method criteria selection visualization</i>	85

Nr.	Attēla nosaukums	Lpp.
3.4.att./ Fig.3.4	Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu attālumu līdz ideāli pozitīvajam risinājumam raksturojošie koeficienti bāzes scenārijā/ <i>Relative distances characterising the closeness to ideal solution of climate change mitigation measures in the baseline scenario</i>	87
3.5.att./ Fig.3.5	Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ranžējums trīs atšķirīgu kritēriju svara piešķiršanas scenāriju gadījumā/ <i>Ranking of climate change mitigation measures in the case of three different criteria weight assignment scenarios</i>	88
3.6.att./ Fig.3.6	Ekspertu jeb “no apakšas uz augšu” MACC pieejas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitātes līknes teorētiskais piemērs/ <i>The theoretical example of expert based or bottom-up MACC approach for designing the cost efficiency curve of climate change mitigation measures</i>	91
3.7.att./ Fig.3.7	Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu MACC aprēķina modelis lauksaimniecības organiskajai augsnei Latvijā/ <i>Model for calculations of MACC for climate change mitigation measures for agriculture organic soil in Latvia</i>	91
3.8.att./ Fig.3.8	Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazinājuma potenciāls un izmaksas lauksaimniecības organiskajā augsnē Latvijā 2022. gadā (MACC I)/ <i>The costs and potential for reducing GHG emissions under climate change mitigation measures in agricultural organic soil in Latvia in 2022 (MACC I)</i>	93
3.9.att./ Fig.3.9	Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazinājuma potenciāls un izmaksas lauksaimniecības organiskajā augsnē Latvijā 2022. gadā (MACC II)/ <i>The costs and potential for reducing GHG emissions under climate change mitigation measures in agricultural organic soil in Latvia in 2022 (MACC II)</i>	94
3.10.att./ Fig.3.10	Lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazināšanas potenciāla savstarpējs salīdzinājums Latvijā 2023. gadā/ <i>Comparison of the GHG emissions reduction potential of agricultural organic soil climate change mitigation measures in Latvia in 2023</i>	97
3.11.att./ Fig.3.11	ZIZIMM sektora SEG emisiju prognožu simulācija potenciālas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas gadījumā trīs scenārijos Latvijā/ <i>Simulation of GHG emission projections of the LULUCF sector in case of implementation of potential climate change mitigation measures in three scenarios in Latvia</i>	98
3.12.att./ Fig.3.12	ZIZIMM sektora SEG emisiju prognožu simulācija, pieņemot, ka 3. scenārija pasākumus ievieš visā lauksaimniecības organiskās augsnes platībā Latvijā/ <i>Simulation of GHG emission projections of the LULUCF sector, assuming that scenario No 3 is implemented in the entire area of agricultural organic soil in Latvia</i>	99

**SAĪSINĀJUMU UN SKAIDROJUMU SARAKSTS/LIST OF
ABBREVIATIONS AND EXPLANATIONS**

Saīsinājums	Saīsinājuma skaidrojums
ANO	Apvienoto Nāciju Organizācija
CH ₄	Metāns
CO ₂	oglekļa dioksīds
CO ₂ ekv.	oglekļa dioksīda ekvivalents
C _{org}	organiskais ogleklis
DAP	Dabas aizsardzības pārvalde
EK	Eiropas Komisija
EM	Ekonomikas ministrija
ES	Eiropas Savienība
ESVD	Ekosistēmu pakalpojumu vērtību datu bāze
ETS	emisiju tirdzniecības sektors
FAO	Pārtikas un lauksaimniecības organizācija
IESS	Starptautiskā Augsnes zinātņu savienība
IPCC	Klimata pārmaiņu starpvaldību padome
KEM	Klimata un enerģētikas ministrija
Klimata konvencija	Vispārējā konvencija par klimata pārmaiņām
KLP	Kopējās lauksaimniecības politika
LAD	Lauku atbalsta dienests
LBTU	Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
LVĢMC	Valsts sabiedrību ar ierobežotu atbildību „Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”
LVMĪ Silava	Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”
MACC	konstruēta robežsamazinājuma izmaksu līkne
MCDA	daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīze
MK	Minsitru kabinets
N ₂ O	dislāpekļa oksīds
NPV	tīrās tagadnes vērtība
OECD	Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija
OV	organiskā viela
Ramsāres konvencija	Konvencija par starptautiskās nozīmes mitrājiem, īpaši kā par ūdensputnu dzīves vidi
SEG	siltumnīcefekta gāzes
SM	Satiksmes ministrija
TEEB	Ekosistēmas un bioloģiskās daudzveidības ekonomika
TOPSIS	izvēles ranžēšana pēc līdzības ideālam risinājumam
UNESCO	Apvienoto Nāciju izglītības, zinātnes un kultūras organizācija
VAAD	Valsts augu aizsardzības dienests
WAM	scenārijs ar papildu politikām un pasākumiem
yr	Gads
ZIZIMM	zemes izmantošana, zemes izmantošanas maiņa un mežsaimniecība
ZM	Zemkopības ministrija

IEVADS/INTRODUCTION

Ilgtspējīga nozaru un valsts kopējā ekonomiskā attīstība mūsdienās nav iespējama bez klimata pārmaiņu samazināšanas centienu integrācijas valsts un nozaru līmeņa attīstības plānošanas dokumentos un rīcībā. Klimata pārmaiņu samazināšana un spēja pielāgoties klimata pārmaiņām ir viens no galvenajiem 21. gadsimta ilgtspējīgas attīstības izaicinājumiem (United Nations General Assembly, 2015). Siltumnīcefekta gāzu emisiju koncentrācija atmosfērā kopš industriālās revolūcijas pirmsākumiem 17. gadsimta sākumā nepārtraukti augusi saistībā ar neilgtspējīgu enerģijas izmantošanu, dzīves stila un patēriņa izmaiņām, kā arī pateicoties neilgtspējīgai zemes izmantošanai un zemes izmantošanas veida maiņai, šīm izmaiņām nepārprotami novedot pie globālās sasilšanas (Calvin et al., 2023). Neskatoties uz jau pieņemtajiem globālajiem politiskajiem lēmumiem klimata pārmaiņu mazināšanai un valstu deklarētajiem apņemšanās centieniem (*Nationally Determined Contributions*), joprojām pastāv nesaiste starp prognozēto siltumnīcefekta gāzu emisiju apjomu un Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām 2015. gada Parīzes nolīguma mērķi pasaules vidējās temperatūras pieaugumu saglabāt būtiski mazāku par 2 °C salīdzinājumā ar pirmsindustriālo līmeni un censties panākt, lai temperatūra nepaaugstinātos vairāk par 1,5 °C (Calvin et al., 2023). Klimata pārmaiņas neapstājas pie valstu administratīvajām robežām, ir nepieciešama vienota rīcība un Eiropas Savienība klimata pārmaiņu samazināšanu ir noteikusi par vienu no tās galvenajām prioritātēm ārpolitikā, izsakot apņemšanos stiprināt klimata un enerģētikas diplomātijas pastiprināšanu (Council of the European Union, 2023). Vienlaikus Eiropas Savienība klimata pārmaiņu samazināšanu ir deklarējusi arī par iekšpolitikas prioritāti apņemoties līdz 2050. gadam panākt Eiropas Savienības klimatneitralitāti, veidojoties par taisnīgu un pārticīgu sabiedrību ar modernu un konkurētspējīgu ekonomiku (European Council, 2019). Eiropas Savienības dalībvalstis, tostarp Latvija, izstrādā nacionālus politikas plānošanas dokumentus, lai nacionālā līmenī noteiktu virzību kopējā Eiropas Savienības klimatneitralitātes mērķa sasniegšanai. Latvija 2020. gadā apstiprinājusi informatīvo ziņojumu “Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam” (LR Ministru kabinets, 2020). Ņemot vērā novērojamas un prognozētās siltumnīcefekta gāzu emisiju izmaiņu tendences, klimata pārmaiņu samazināšana gan globālā, gan reģionālā līmenī atzīta par ļoti izaicinošu un neiespējamu bez dabas risinājumiem (*nature based solutions*) bāzētu pasākumu pielietošanas un zinātniskās izpētes iesaistes, integrēti sadarbojoties dabaszinātņu un sociālo zinātņu pētniekiem (Malhi et al., 2020). Nepieciešamie risinājumi katrā no reģioniem un valstīm ir atšķirīgi, bet gan globālajos, gan Eiropas Savienības, gan arī Latvijas klimata politikas plānošanas dokumentos ir uzsvērti kūdras jeb organiskās augsnes un specifiski lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas īpašā nozīme klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu izpildē. Latvijā lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošana ir viens no lielākajiem siltumnīcefekta gāzu emisiju avotiem lauksaimniecības zemē – pēc platības lauksaimniecības organiskā augsne aizņem aptuveni 7% no Latvijas lauksaimniecības zemes, bet tās radītais siltumnīcefekta gāzu emisiju apjoms pārsniedz 30% no lauksaimniecības zemes siltumnīcefekta gāzu emisijām (LEGMC, 2022b). Lai gan organiskās augsnes aizņemtā platība ir salīdzinoši neliela, šīs augsnes apsaimniekošana ir sociāli un ekonomiski nozīmīga, jo lielākā vai mazākā mērā ietekmē aptuveni 48% no visām Latvijas lauku saimniecībām (Pilvere, 2017). Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanai ir būtiska nozīme Eiropas Savienības klimatneitralitātes mērķa sasniegšanā (European Commission, 2022a), savukārt, Latvijas klimata politikas mērķu izpilde nav īstenojama bez proaktīvas un mērķtiecīgas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu plānošanas un ieviešanas lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā (LR Ministru kabinets, 2020).

Lauksaimniecības organiskās augsnes izpētei globālā un nacionālā līmenī raksturīga ekoloģiskās un ekonomiskās pētniecības jomu paralēla attīstība. Kūdras jeb organiskās augsnes ekoloģijas un biofizikālo īpašību izpēte veikta gan pasaulē (Hiraishi et al., 2014), gan Latvijā

(Lazdins et al., 2021; Lazdiņš et al., 2016; Licite & Lupikis, 2020 u.c), bet reti analizēts tas, kā iegūtie rezultāti būtu izmantojami politikas plānošanā, kāds ir ieteikumu ieviešanas potenciāls ņemot vērā sociāli ekonomiskos aspektus, lai gan ekoloģiskā un ekonomiskā attīstības perspektīva un problemātika 21. gadsimtā ir savijusies ciešāk kā jebkad iepriekš (Söderqvist, 2011). Ilgtspējīgas attīstības zinātniskā izpēte joprojām lielākoties koncentrējas dabas zinātņu jomā, savukārt, ekonomiskā izpēte notiek atrauti no ilgtspējīgas attīstības izaicinājumu izpētes (Polasky et al., 2019). Dabas zinātņu pētījumi pierāda ilgtspējīgas attīstības, tostarp klimata pārmaiņu samazināšanas, tehnoloģiskās iespējas, tomēr mūsdienu sabiedrības lielākais izaicinājums ir nodrošināt to, ka biofiziskā izteiksmē sevi pierādījušas inovācijas tiek virzītas ieviešanai, saskaroties ar sarežģītu ekonomisko, politisko un sociālo vidi (Tallis et al., 2018), kas, savukārt, var būt par iemeslu tam, kāpēc joprojām nav panākta veiksmīga klimata pārmaiņu samazināšana. Cieša biozinātņu un sociālo zinātņu integrācija, sociālo un humanitāro zinātņu atziņu izmantošana ieviešot tehnoloģiskos klimata pārmaiņu samazināšanas risinājumus, ir veids, kā rast patiesi efektīvus risinājumus un mainīt sabiedrības konceptus (Nightingale et al., 2020).

Politikas lēmumu pieņemšanā, tostarp klimata un lauksaimniecības politikas jomās, trūkst kvantificētu datu izmantošanas pieejas un sociālo ietekmju fona analīzes (Will et al., 2020). Politikas lēmumus nereti pieņem bez pietiekama procesa izvērtējuma, sekojot emocionāliem nevis datu analīzē un aprēķinos balstītiem secinājumiem (Huber et al., 2018), kas padara lēmumus to ieviešanā mazāk efektīvus un formālus. Eiropas Savienībā lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas pasākumi ietverti Zviedrijas, Somijas, Dānijas, Luksemburgas un Vācijas politikas plānošanas dokumentos, bet emisiju samazināšanas potenciāls lielākoties nav kvantificēts (European Commission. Directorate General for Climate Action. & IEEP., 2018) un pasākumu ieviešanas apjoms un faktiskā siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas ietekme nav skaidra. Latvijā trūkst informācijas par izmaksu efektīviem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem (Licite & Popluga, 2022a), kā arī pasākumu ietekmes kvantificēšanas un ranžēšanas iespējām, kas dotu iespēju politikas lēmumu pieņēmējiem ieviest zinātniski pamatotus risinājumus. Tāpēc autore, lai sasniegtu promocijas darba pētījumam izvirzīto mērķi, izvēlas veikt padziļinātu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas un klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju izpēti Latvijā, integrēti analizējot biofizikālos un sociāli ekonomiskos organiskās augsnes apsaimniekošanas aspektus un piedāvājot kvantitatīvu datu izmantošanas pieeju lēmumu pieņemšanas atbalstā.

Situācijas novērtējuma rezultātā izvirzīta promocijas darba zinātniskā **hipotēze** – zinātniski pamatota un aprēķinos bāzēta organiskās augsnes apsaimniekošanas lēmumu pieņemšana sekmē Latvijas klimata politikas mērķu sasniegšanu. Promocijas darba **mērķis** ir izstrādāt priekšlikumus lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas lēmumu pieņemšanas uzlabošanai, lai veicinātu Latvijas klimata politikas mērķu sasniegšanu.

Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, formulēti šādi **uzdevumi**:

- 1) izpētīt lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas galvenos teorētiskos un politiskos aspektus klimata pārmaiņu samazināšanai;
- 2) izvērtēt lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas praksi Latvijā un identificēt potenciāli izmaksu efektīvākos klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus;
- 3) novērtēt un salīdzināt identificēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitāti, sagatavojot priekšlikumus lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas lēmumu pieņemšanai.

Pētījuma **objekts** ir lauksaimniecības organiskā augsne Latvijā, savukārt pētījuma **priekšmets** ir lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošana klimata pārmaiņu samazināšanai.

Lai izpildītu promocijas darba uzdevumus, autore lieto dažādas pētījumu **metodes**:

- 1) *salīdzinošās analīzes un sintēzes metodes*, lai identificētu un analizētu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas teorētiskos aspektus, izmantojot zinātnisko avotu, politikas un normatīvo dokumentu repozitoriju informāciju;
- 2) *grafiskā un telpiskā analīze (ArcGIS programmatūra)*, lai analizētu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu Latvijā un atspoguļotu iegūtos rezultātus;
- 3) *statistiskās analīzes metodes (korelācijas, faktoru un klasteru analīze, izmantojot IBM SPSS Statistics 26 (Statistical Package for Social Sciences))*, lai analizētu lauksaimniecības atbalsta politikas un lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas kopsakarības, nosakot kompleksos faktorus, kas skaidro dažādu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas veidu savstarpējās sakarības un izdalot atšķirīgas organiskās augsnes grupas, atkarībā no kompleksu faktoru ietekmes uz apsaimniekošanas veidu;
- 4) *ekspertu intervijas*, lai, intervējot Baltijas valstu un Somijas vadošos zinātniskos ekspertus, veiktu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlasīšanu, ņemot vērā pasākumu potenciālo klimata pārmaiņu samazināšanas devumu un izmaksu efektivitāti;
- 5) *daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes metodi TOPSIS un izmaksu efektivitātes analīzes metodi MACC*, lai veiktu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu savstarpēju novērtējumu un ranžēšanu, kā arī pasākumu potenciālās klimata pārmaiņu samazināšanas ietekmes novērtēšanu, veicot SEG emisiju prognožu simulāciju.

Izvirzīto uzdevumu izpildei un promocijas darba mērķa sasniegšanai izmantoti dažādi

datu avoti un materiāli:

Uzdevumu izpildei izmantotas starptautiskās zinātniskās literatūras datu bāzēs indeksētas zinātniskās publikācijas lauksaimniecības un klimata politikas, SEG emisiju aprēķinu, klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietekmes novērtēšanas, lēmumu pieņemšanas analīzes un atbalsta jomās. Politikas un normatīvās vides izpētei izmantota Eiropas Savienības Oficiālā vēstneša vietne EUR–Lex, Latvijas Republikas tiesību aktu vietne Likumi.lv, Latvijas Republikas politikas plānošanas informācijas sistēmas datu bāze POLSIS, Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām dokumentu un lēmumu datu bāze, dažādu institūciju interneta vietnēs iegūstami dokumenti.

Latvijas lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas prakses raksturošanai un novērtēšanai kopsakarībās ar saņemto lauksaimniecības atbalstu, izmantota Lauku atbalsta dienesta Lauku reģistra informācijas sistēma un Valsts augu aizsardzības dienesta augsnes agroķīmiskās izpētes datu bāze. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas agrotehnisko, sociāli ekonomisko un vides rādītāju raksturošanai izmantoti Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra sagatavotie lauksaimniecības bruto segumu aprēķinu un zinātnisku publikāciju dati, tirgus cenu informācija (dažādas tiešsaistes vietnes), Ekosistēmas un bioloģiskās daudzveidības ekonomikas (*The Economics of Ecosystem and Biodiversity*) datu bāzes, TEEB Ekosistēmu pakalpojumu vērtību datu bāze (*Ecosystem Service Value Database*), Latvijas Republikas Valsts kases diskonta likmju kalkulators.

Pētījuma ierobežojumi/Research Limitations

Organiskā augsne Latvijā sastopama gan lauksaimniecībā izmantojamā, gan meža zemē. Promocijas darbā autore analizē vienu no organiskās augsnes veidiem – lauksaimniecības organisko augsni, ar to saprotot organisko augsni lauksaimniecībā izmantojamā zemē. Sastopami divi organiskās augsnes veidi – barības vielām bagāta (minerotrofa) un barības vielām nabadzīga (ombrotrofa) organiskā augsne. Barības vielām nabadzīga organiskā augsne galvenokārt sastopama izstrādātos kūdras purvos, savukārt barības vielām bagāta organiskā augsne veido pārējo lauksaimniecībā izmantoto organiskās augsnes platību, kuras apsaimniekošana rada lielāko siltumnīcefekta gāzu emisiju apjomu. Promocijas darbā pētīta barības vielām bagāta (minerotrofa) lauksaimniecības organiskā augsne, šādu izvēli pamatojot ar to, ka šī augsnes grupa lauksaimniecības zemē dominē gan pēc platības, gan pēc radīto

siltumnīcefekta gāzu emisiju īpatsvara. Promocijas darba izpēte veikta Latvijas valsts līmenī, tomēr izstrādāto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietekmes novērtējuma pieeju ar atbilstošiem pielāgojumiem ir iespējams izmantot arī reģionu līmenī vai Latvijas kaimiņvalstīs.

Novitāte un zinātniskais nozīmīgums/*Novelty and Scientific Significance*

Promocijas darbam piemīt zinātniska un praktiska novitāte Latvijā. Autore veikusi kompleksu lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu ietekmes un šīs ietekmes samazināšanas iespēju novērtējumu un ar izstrādātajiem priekšlikumiem iesaka, kā iespējams uzlabot lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas lēmumu pieņemšanu un tālāku zinātnisku izpēti. Izstrādāti ieteikumi lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu ietekmes samazināšanas pasākumu novērtēšanai un ranžēšanai, izmantojot Latvijā salīdzinoši reti lietotu kvantitatīvu datu pieeju un inovatīvu lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu kombinēšanu. Ekosistēmu pakalpojumu vērtības testēšana klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitātes aprēķināšanā, izmantojot robežizmaksu samazināšanas līknes metodi, ir zinātniskās izpētes novitāte Latvijā.

Tautsaimnieciskais nozīmīgums/*Economic Significance*

Promocijas darba rezultāti par klimata pārmaiņas samazinošiem pasākumiem lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā ir praktiski izmantojami valsts un lauku saimniecību līmeņa saimniecisko lēmumu pieņemšanā un attīstības plānošanā.

Nacionālo klimata politikas mērķu neizpildes gadījumā valsts var saskarties ar finanšu sankcijām, kas negatīvi ietekmē tautsaimniecības attīstību. Promocijas darba pētījuma priekšlikumu ieviešana, autoresprāt, varētu būtiski sekmēt lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas radīto SEG emisiju samazināšanu un Latvijas klimata pārmaiņu samazināšanas politikas mērķu sasniegšanu.

Aizstāvamās tēzes/*Theses Put Forward to be Defended*

- 1) Lauksaimniecības organiskajai augsnei ir īpaša nozīme lauksaimniecības un klimata politikas attīstībā.
- 2) Latvijas lauksaimniecības politika organiskās augsnes apsaimniekošanā nav vērsta uz valsts klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu sasniegšanu. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā ir iespējams izvēlēties izmaksu efektīvus klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus.
- 3) Kvantitatīvu lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu izmantošana, dod iespēju plānot izmaksu efektīvu SEG emisiju samazināšanu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā, sekmējot Latvijas klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu sasniegšanu.

1. LAUKSAIMNIECĪBAS ORGANISKĀS AUGSNES APSAIMNIEKOŠANAS TEORĒTISKIE UN POLITISKIE ASPEKTI KLIMATA PĀRMAIŅU SAMAZINĀŠANAI /*THEORETICAL AND POLITICAL ASPECTS OF AGRICULTURAL ORGANIC SOIL MANAGEMENT FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION*

Lauksaimniecības organiskā augsne ir resurss, kura apsaimniekošanas veids ietekmē apkārtējo vidi un var sekmēt vai kavēt valsts klimata pārmaiņu samazināšanas politikas mērķu sasniegšanu. Organiskā augsne un tās apsaimniekošanas jautājumi ir pievērsuši zinātnieku un politikas veidotāju uzmanību gan bioloģisko procesu izpētes, gan izplatības noteikšanas, gan arī sociāli ekonomisko ietekmju aspektos, bet vislielākajā mērā tieši saistībā ar šī augsnes veida apsaimniekošanas radītajām siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijām un to ietekmi uz klimata pārmaiņām. Šajā nodaļā autore veic izpēti par lauksaimniecības organiskās augsnes fenomenu, izplatību un sociāli ekonomisko nozīmi, vienlaikus īpaši koncentrējoties politikas procesu un pētniecības rezultātu analīzi saistībā ar lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu ietekmes apzināšanu un tās novērtēšanas teorētiskajiem aspektiem. Politikas procesu analīzes pētījuma periods promocijas darbā ir 1994. – 2022. gads, līdz ar to ar lauksaimniecības organisko augsni saistītie politikas procesi atspoguļoti par stāvokli līdz 2022. gada 3. ceturksnim, sniedzot vispārēju ieskatu par situāciju 2023. gadā.

1.1. Lauksaimniecības organiskās augsnes fenomens un sociāli ekonomiskā loma/ *Phenomenon of Agricultural Organic Soil and its Socioeconomic Role*

Antropogēno oglekļa dioksīda (CO₂) emisiju ietekmi uz klimata sistēmām apliecina globāli novērojumi un tiek atzīts, ka šī ietekme ir skaidra, augoša un skar visus kontinentus (Core Writing Team et al., 2015). Daļa no antropogēnās ietekmes radītajām SEG emisijām specifiski saistāma ar augsnes apsaimniekošanu. Globāli cilvēka darbība skar aptuveni 72% no sasaluma brīvās sauszemes platības. Zemes izmantošanai ir īpaša nozīme cilvēces attīstībā – kopš 20. gadsimta otrās puses lauksaimniecībā izmantotā zemes platība (uz cilvēka darbības iepriekš neskarto zemju rēķina) palielinājusies apjomā, kas pielīdzināms divām trešdaļām no Austrālijas jeb 5,3 milj.km² (Core Writing Team et al., 2015) un veido aptuveni 37% no globālās ekosistēmas (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023).

Klimata pārmaiņu starpvaldību padomes (IPCC) īpašā sauszemes ekosistēmu klimata pārmaiņu, pārtuksnešošanās, zemes degradācijas, ilgtspējīgas zemes apsaimniekošanas, pārtikas nodrošinājuma un SEG emisiju ziņojuma aplēses liecina, ka aptuveni 24% no kopējām globālajām antropogēnajām SEG emisijām 2008. – 2017. gadā veido emisijas no lauksaimniecības zemes apsaimniekošanas un zemes lietojuma veida maiņas (Shukla et al., 2019). Aptuveni 11% no Eiropas SEG emisijām ir saistāmi ar lauksaimniecības nozari (European Environmental Agency, 2021). Lai gan zemes apsaimniekošana rada aptuveni ceturto daļu no globālajām antropogēnajām SEG emisijām, zemes ekosistēma piedalās arī atmosfēras oglekļa uztveršanā un pastāv lauksaimniecības prakses, kas ļauj gan samazināt kopējo atmosfērā izdalīto SEG emisiju daudzumu, gan arī atbalstīt atmosfēras oglekļa uztveršanu. Prognozes liecina, ka saistībā ar globālajiem klimata pārmaiņu procesiem turpmākajās desmitgadēs palielināsies CO₂ emisijas no augsnes un tās tikai daļēji kompensēs veģetācijas radītā papildus CO₂ piesaiste pateicoties veģetācijas sezonu pagarināšanās un CO₂ “mēslošanas” efektam (Shukla et al., 2019). Augsnes emisiju un CO₂ piesaistes palielinājuma savstarpējā bilance nosaka to vai zemes apsaimniekošana var tikt identificēta kā neto SEG emisijas vai neto CO₂ piesaisti radoša darbība.

Augsne ir lielākā sauszemes oglekļa krātuve ar kopējo uzkrājumu, kas vairāk nekā trīs reizes pārsniedz virszemes biomasas un vairāk kā divas reizes atmosfēras oglekļa krājumu (Scharlemann et al., 2014), tādējādi pat nelielas izmaiņas augsnes organiskā oglekļa uzkrājumā

var būtiski ietekmēt klimata pārmaiņu procesus (Minasny et al., 2017). Neskartas kūdras augsnes ekosistēmas var būt efektīvas oglekļa krātuves, neskarta kūdras augsne satur aptuveni vienu trešdaļu no kopējiem augsnes oglekļa krājumiem pasaulē (Joosten et al., 2016; Yu et al., 2011). Kūdras augsne aizņem aptuveni 4 000 000 km² (aptuveni 3%) no Zemes sauszemes platības (Clarke & Rieley, 2010) un 80% no tās atrodas boreālās zonas klimatiskajā reģionā (Wieder et al., 2006). Organiskā augsne boreālajā klimata zonā satur vidēji septiņas reizes vairāk organiskās vielas (OV) nekā minerālaugsne, bet tropu zonā šī attiecība ir līdz desmit reizes lielāka (Parish et al., 2008). Kūdrāji vienlaikus piesaista un uzkrāj lielu daudzumu oglekļa kūdras veidā, bet arī rada CO₂, metāna (CH₄) un dislāpekļa oksīda (N₂O) emisijas (Gorham, 1991), pateicoties kompleksiem aerobo un anaerobo procesiem, kas ir atkarīgi no dažādiem vides un klimata apstākļiem, nobiru ķīmiskā sastāva un mikroorganismu klātbūtnes (Couteaux et al., 1995; Limpens et al., 2008). Dažāda veida augsnes apstrāde kūdras augsnes gadījumā nosaka iepriekš uzkrātā oglekļa sadalīšanos, kas attiecīgi rada palielinātu CO₂ un N₂O izdalīšanos, CH₄ emisijām aerobos apstākļos savukārt samazinoties (Kasimir Klemedtsson et al., 2009). Vēsturiski kūdras augsnes ekosistēmas nereti ir tikušas meliorētas kūdras ieguvei, vēlāk tās pakļaujot dažādiem zemes apsaimniekošanas scenārijiem, ieskaitot pārveidi par aramzemēm un zālājiem ar organisko augsni. Meliorētas un lauksaimniecībā izmantotas kūdras augsnes SEG emisijas veido aptuveni 37,5 t CO₂ ekvivalenti (ekv.) ha⁻¹yr⁻¹, kas attiecībā pret platības vienību ir 60 reizes lielāks oglekļa zudums nekā no minerālās augsnes (Leifeld & Menichetti, 2018). Globāli aptuveni 13% no kūdrājiem ir nosusinot pārveidoti par meža, lauksaimniecības vai kūdras ieguves platībām (Saurich et al., 2021). Mūsdienās viena no tipiskām organiskās augsnes apsaimniekošanas metodēm ir lauksaimniecība (Nordic Council of Ministers, 2015) un parasti lauksaimnieciskās darbības ietver platības meliorāciju (Tanneberger, Moen, et al., 2021; Verhoeven & Setter, 2010). Vēlme realizēt lauksaimniecisko darbību ir galvenais organiskās augsnes meliorācijas iemesls, īpaši kopš 1990. gada, kad tika uzsākta plaša eļļas palmu un kakao plantāciju ierīkošana, kā rezultātā veikta kokaugu apauguma novākšana un meliorācija (FAO, 2020; F. Tubiello et al., 2016). Pārtikas un lauksaimniecības organizācijā (*Food and Agriculture Organization* – FAO) 2020. gadā veiktas aplēses par organiskās augsnes izplatību globālā līmenī 1990 – 2019. gadā, analizējot to FAO valstu datus, kurās satopama organiskā augsne. Meliorētas augsnes definējums FAO 2020. gada aplēsēs aizgūts no IPCC 2006. gada vadlīnijām – meliorēta organiskā augsne ir augsne, kura ir paliekoši vai daļēji paliekoši meliorēta lauksaimnieciskām vajadzībām, ietverot viengadīgo vai daudzgadīgo lauksaimniecības kultūraugu audzēšanu, kokaugu plantācijas vai ganības (Eggleston et al., 2006). Secināts, ka 2019. gadā kopējā meliorētā organiskās augsnes platība pasaulē sasniegusi 25 miljonus hektāru, uzrādot augšupejošu tendenci kopš 1990. gada, kad šī platība bijusi 23 miljoni hektāru. 14 miljoni hektāru meliorētās organiskās augsnes atrodas mērenās un boreālās klimatiskās zonas reģionos ziemeļu hemisfērā, bet pārējās platības galvenokārt atrodas tropiskajos reģionos dienvidu hemisfērā (FAO, 2020). Cits avots uzrāda identisku lauksaimniecības vajadzībām meliorētas organiskās augsnes globālo platību – 25 miljonus ha, bet nedaudz atšķirīgu procentuālo sadalījumu – 60% meliorētas organiskās augsnes boreālajā un vēsajā mērenajā klimatiskajā zonā, 34% tropiskajos reģionos un 5% siltajā mērenajā klimatiskajā zonā, minot ka globālais SEG emisiju apjoms no šīm platībām ikgadēji veido aptuveni vienu miljonu tonnu CO₂ ekv. (915 Mt CO₂ ekv. gadā (yr)), no kā 85% emisiju apjomu veido CO₂ emisijas, kas savukārt reprezentē aptuveni ¼ no kopējām globālajām lauksaimniecības, mežsaimniecības un zemes izmantošanas CO₂ emisijām (Tubiello et al., 2016). Pēc FAO 2020. gada aplēsēm kopējais globālais meliorētas lauksaimniecībā izmantotas organiskās augsnes radītais SEG emisiju apjoms ir 883 Mt CO₂ ekv., no tā 87% veidojot CO₂ un 13% N₂O gāzei, turklāt meliorētās organiskās augsnes radītais emisiju apjoms globāli ir līdzvērtīgs aptuveni 8% no kopējām globāli radītajām lauksaimniecības SEG emisijām (FAO, 2020). Aptuveni 10% no globāli lauksaimniecībā izmantotās organiskās augsnes SEG emisijām saista ar zālāja, pārējo emisiju apjomu saistot ar aramzemes apsaimniekošanu (Conchedda & Tubiello, 2020). 21. gadsimta laikā organiskā augsne lielā platībā lauksaimniecības vajadzībām

meliorēta Āzijas dienvidu daļā (tropos) un šīs platības rada aptuveni pusi no globālajām lauksaimnieciski izmantotās organiskās augsnes emisijām, lielākais šī veida SEG emisiju apjoms rodas Indonēzijā (FAO, 2020).

Organiskajām vielām bagāta jeb kūdras (*peat*) augsne dažādu valstu augsnes klasifikācijas sistēmās ietverta lietojot dažādas definīcijas (Dunn & Freeman, 2011), piemēram, kūdras augsne (*peat soils*), purva augsne (*bog soils*) un organiskā augsne (*organic soils*), bet starptautiskā līmenī (FAO augsnes klasifikācija) visplašāk lieto apzīmējumu *histosols*. Kopējā organiskās augsnes iezīme ir augsts organiskā materiāla saturs. Organiskā viela mikroorganismu darbības rezultātā veidojusies no augu un dzīvnieku organiskā materiāla atliekām nogulumu veidā un ir pakļauta sadalīšanās procesiem (Montanarella et al., 2006). Saistībā ar klimata pārmaiņām organiskā augsne nozīmīga ar to, ka salīdzinoši neliels šīs augsnes īpatsvars pēc platības rada būtisku SEG emisiju apjomu (Nordic Council of Ministers, 2015).

Pasaulē lieto dažādas augsnes klasifikācijas sistēmas un tajās ietvertais ar organisko vielu bagātās augsnes definējums atšķiras. Tāpat definējums mēdz būt pielāgots dažādiem informācijas izmantošanas veidiem. SEG emisiju aprēķiniem izmanto modificētu Pasaules Augsnes klasifikatora (*World Reference Base for Soil Resources – WRB*) metodiku un lieto terminu “organiskā augsne” (Eggleston et al., 2006; Hiraishi et al., 2014), kas arī izmantots promocijas darbā.

Pasaules Augsnes klasifikators ir starptautiski standartizēta augsnes klasifikācijas sistēma, kuru apstiprina Starptautiskā Augsnes zinātņu savienība (*International Union of Soil Sciences – IESS*). Informāciju par aktuālajām Pasaules Augsnes klasifikatora versijām publicē FAO. Pasaules Augsnes klasifikatora 2014. gada versijā (IUSS Working Group WRB, 2014) ar organisko vielu bagātā augsne ietverta augsnes pamatgrupā – *histosols*. Šo pamatgrupu raksturo tas, ka cilmiezis ir daļēji sadalījušās augu atliekas ar smilšu vai mālu piejaukumu vai bez tā. *Histosols* grupas augsne plašāk sastopama boreālajos, subarktiskajos un arktiskajos reģionos. Citos reģionos tā parasti saistāma ar lokāliem, slikti drenētiem reljefa pazeminājumiem, sekla gruntsūdens līmeņa purviem un vēsiem augstieņu reģioniem ar augstu nokrišņu–evapotranspirācijas rādītāju. Globāli *histosols* izplatība ir aptuveni 325-375 miljonus hektāru, galvenokārt Ziemeļu hemisfēras boreālajos, subarktiskajos un arktiskajos reģionos, tikai viena desmitā daļa no *histosols* atrodama tropu reģionos. Plaši *histosols* sastopama ASV, Kanādā, Rietumeiropā un Skandināvijas ziemeļu daļā un Rietumsibīrijas līdzenumā (IUSS Working Group WRB, 2014).

Histosols augsnes pamatgrupas izdalīšanas galvenie kritēriji, atbilstoši Pasaules Augsnes klasifikatora 2014. gada atjauninātajai versijai (IUSS Working Group WRB, 2014) ir šādi:

Augsne ar organisko materiālu, kurā:

- 1) organiskais materiāls sastopams no augsnes virskārtas līdz 10 cm vai dziļāk un pārklāj ledu, cietus iežus, vai tehnogēni cietus materiālus, vai arī skeletainu augsnes materiālu, kura starpsienas pildītas ar organisko materiālu, vai;
- 2) organiskais materiāls sastopams sākot no augsnes virskārtas līdz 40 cm dziļumam un līdz 100 cm dziļumam no augsnes virskārtas kombinēti vienā no veidiem:
 - i. 60 cm un dziļāk, ja materiāls pēc apjoma satur 75% un vairāk sūnu šķiedru, no tā kopējā apjoma, vai;
 - ii. 40 cm un dziļāk, ja tas ir cita veida organiskais materiāls.

A.Kārklīšs (Kārklīšs, 2016a) šos *histosola* augsnes pamatgrupas izdalīšanas kritērijus, atbilstoši Pasaules Augsnes klasifikatora 2014. gada atjauninātajai versijai, komentē, minot, ka, sekojot starptautiskā klasifikatora definējumam, norāde par organisko materiālu slāņu sākšanās dziļumiem un to, ka biežumu vērtē kombinēti visā dziļumā, ietverta, jo starp augsnes organiskā materiāla slāņiem var atrasties minerālais materiāls, kā arī minerālais materiāls var no virspuses pārsegt organisko, bet tas neiespaido klasifikāciju. Respektīvi, dažāda veida minerālo materiālu sanesumi (tostarp, mineralizējusies kūdra) augsnes virskārtā nenožīmē, ka tā vairs nebūtu

klasificējama kā *histosols*, ja vien augsnes dziļākajos slāņos organiskais materiāls ir sastopams definējumam atbilstošā daudzumā.

Pasaules Augsnes klasifikatora 2014. gada atjauninātā versija augsnes organisko materiālu (*organic material*) definē kā materiālu, kurā augsnes organiskā oglekļa saturs pārsniedz 20%, savukārt augsnes organisko oglekli (*soil organic carbon*), kā organisko oglekli, kas neatbilst artefaktu diagnostikas kritērijiem, bet artefaktus, kā cilvēka darbības radītus, pārveidotus vai augsnē ienestus materiālus ar īpašībām, kas ir atšķirīgas no to ienešanas vides, un saglabā savas sākotnējās, cilvēka darbības radītās ķīmiskās un minerālās īpašības (IUSS Working Group WRB, 2014). A. Kārklīšs (Kārklīšs, 2016a) kā artefaktu piemērus min sadzīves un rūpniecības atkritumus un pelnus, vienlaikus uzsverot, ka tāda veida augsnē mākslīgi ienestais organiskais ogleklis (C_{org}), kā komposts un dažāda veida augsnes uzlabotāji (kūdras, sapropelis u.c.) praktiski nevarētu ietekmēt augsnes klasifikāciju.

Latvijas Augsnes klasifikācijas sistēmai nav tiešas atbilstības ar starptautiski lietoto Pasaules Augsnes klasifikatoru. Latvijas augsnes klasifikācijas sistēma veidojusies pakāpeniski – sākotnēji augsnes lielmēroga (1:10 000) kartēšanā laikā 1960. – 1991. gadā izmantoti 1987. gada “Tehniskie norādījumi augsnes kartēšanas un saimniecību iekšējās zemes vērtēšanas lauku darbiem Latvijas PSR (LPSR Valsts Zemes ierīcības projektēšanas institūts Zemesprojekts, 1987). Jaunāka Latvijas Augsnes klasifikācijas vienību versija publicēta Latvijas Augsnes noteicējā (Kārklīšs, 2009).

Latvijas augsnes klasifikācijas sistēma izdala trīs galvenās augsnes klases, kā kritēriju izmantojot dominējošo augsnes ūdens režīmu – automorfā augsne, pushidromorfā augsne un hidromorfā augsne (Kārklīšs, 2009). A. Kārklīšs (Kārklīšs, 2016a), analizējot *histosols* augsnes pamatgrupas (pēc Pasaules Augsnes klasifikatora 2014. gada atjauninātās versijas) atbilstību Latvijas augsnes klasifikācijai, izdara secinājumus par šādu atbilstību:

1.1. tabula/Table 1.1

Pasaules Augsnes klasifikatora *histosols* augsnes pamatgrupas atbilstība Latvijas augsnes klasifikācijai / Correspondence of World Soil Classification *histosol* soil group to the Latvian soil classification

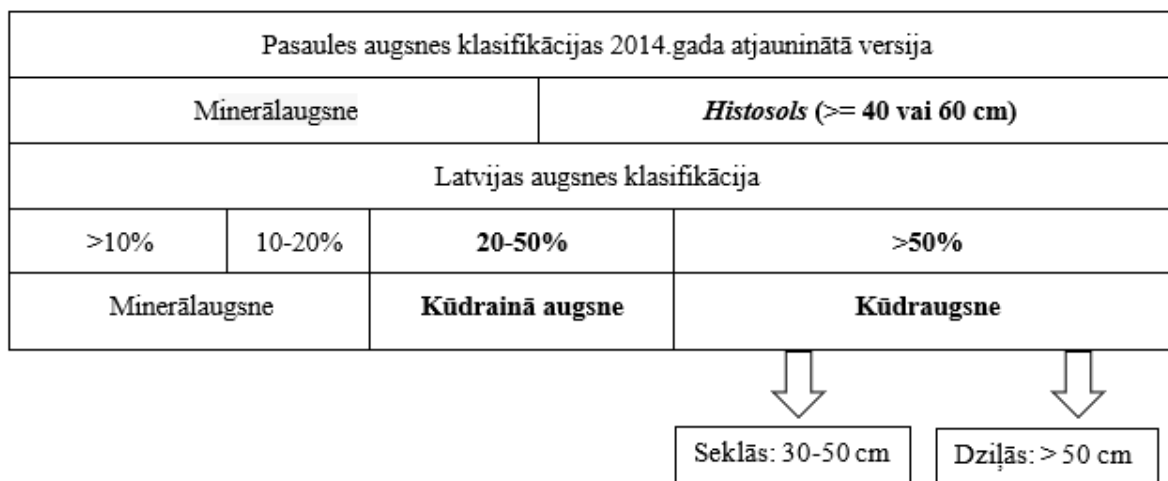
Atbilstības pilnīgums	Histosols atbilstošas hidromorfās un pushidromorfās augsnes (Kārklīšs, 2009; LPSR Valsts Zemes ierīcības projektēšanas institūts Zemesprojekts, 1987)
histosols definīcijai atbilst pilnībā	zemā purva trūdainā kūdraugsne un zemā purva trūdaini kūdrainā augsne (zemā purva kūdras augsne – Tz)
	pārejas purva trūdaini kūdrainās augsne (pārejas purva kūdras augsne – Tp)
histosols definīcijai atbilst daļēji (ja izpilda OV horizonta biezuma kritēriju >40 cm)	kūdrainā aluviālā augsne (aluviālā purva augsne – AT)
	zemā purva gleja trūdainā kūdraugsne un zemā purva gleja trūdaini kūdrainā augsne (zemā purva gleja augsne – Tzg)
	pārejas purva gleja trūdaini kūdrainā augsne un pārejas purva gleja kūdraugsne (pārejas purva kūdras gleja augsne – Tpg) augstā purva tipiskā kūdraugsne (augstā purva kūdras augsne – Ta)

1.1.tabulas turpinājums/*continuation of Table 1.1*

Atbilstības pilnīgums	Histosols atbilstošas hidromorfās un pushidromorfās augsnes (Kārkliņš, 2009; LPSR Valsts Zemes ierīcības projektēšanas institūts Zemesprojekts, 1987)
histosols definīcijai atbilst daļēji, ja kūdra ir labi sadalījusies vai arī izpildās 60 cm biezuma kritērijs	pārejas purva tipiskā kūdraugsne (pārejas purva kūdras augsne – Tp)

Avots: autores veidots attēlojums pēc (Kārkliņš, 2016a)

Latvijas un Pasaules augsnes klasifikācijas sistēmu atšķirības minerālaugsnes un ar organisko materiālu bagātas augsnes savstarpējā attiecībā, atkarībā no organiskā materiāla sastopamības dziļuma (cm) un augsnes OV (*soil organic matter*) satura procentos parādītas 1.1 attēlā.



Avots: autores veidots attēlojums pēc (Kārkliņš, 2016a)

1.1.att./Fig. 1.1. Augsnes iedalījums: minerālaugsne un organiskā augsne atbilstoši Pasaules un Latvijas augsnes klasifikācijai/ Separation of soils in mineral soils and organic soil groups in accordance with worldwide and Latvian soil classification systems

Specifisku jautājumu risināšanai, lai nodrošinātu starptautisku datu salīdzināmību, var tikt lietotas īpaši izstrādātas definīcijas, par kuru lietošanu panākta vienošanās. Šādu, starptautiski izstrādātu, ar organisko materiālu bagātas augsnes definējumu lieto, sagatavojot SEG inventarizācijas aprēķinus saskaņā ar Apvienoto Nāciju Organizācijas (ANO) Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām (Klimata konvencija) (United Nations, 1992). SEG inventarizācijas ziņojumus, pēc starptautiskas vienošanās Klimata konvencijas un tās Kioto protokola līgumslēdzēju pušu konferencēs sagatavo, izmantojot IPCC izstrādāto metodoloģiju jeb vadlīnijas.

IPCC 2006. gada vadlīniju ceturtnā krājuma “Lauksaimniecībā, mežsaimniecība un cita veida zemes izmantošana” 3.nodaļas 3A.5.pielikumā dots organiskās augsnes definējums (Eggleston et al., 2006). Definējums nosaka to, ka atbilstoši IPCC vadlīnijām, par organisku uzskata augsni, kura atbilst zemāk minētajiem kritērijiem 1 un 2, vai 1 un 3:

- 1) organisko vielu horizonta dziļums ir 10 cm vai dziļāks. Gadījumā, ja organisko vielu horizonts ir plānāks par 20 cm, tam 20 cm slāņa sajaukumā ir jā satur vismaz 12 % C_{org} ;

- 2) augsne, kura gada laikā tikai dažas dienas ir piesātināta ar ūdeni un pēc svara satur vismaz 20 % vai vairāk C_{org} jeb aptuveni 35% augsnes OV;
- 3) augsne, kura mēdz būt piesātināta ar ūdeni un atbilst kādam no sekojošajiem nosacījumiem:
 - i. vismaz 12% C_{org} pēc svara jeb aptuveni 20% OV, ja augsne nesatur māla daļiņas; vai
 - ii. vismaz 18% C_{org} pēc svara jeb aptuveni 30% OV, ja augsne satur 60% un vairāk māla daļiņu; vai
 - iii. augsne satur māla daļiņu īpatsvaram proporcionālu C_{org} daudzumu.

IPCC 2006. gada vadlīniju dotais organiskās augsnes definējums veidots uz Pasaules Augsnes klasifikatora 1998. gada versijas pamata (FAO, 1998) un kopumā atbilst FAO definējumam, lai gan ir veikta modifikācija, atmetot detalizētu organiskā materiāla sastopamības dziļuma kritēriju, ar mērķi radīt lielākas elastības iespējas valstu nacionālo augsnes klasifikāciju izmantošanā (Hiraishi et al., 2014). Literatūrā ir norādes, ka lai gan organiskā materiāla sastopamības dziļuma informācija IPCC definējumā dotu specifiskāku definējuma iespēju, tomēr tas pašlaik nav iespējams saistībā ar globālu datu iztrūkumu (Tubiello et al., 2016). IPCC 2006. gada vadlīnijas pieļauj nacionālo augsnes klasifikāciju izmantošanu, bet tādā gadījumā ir jābūt skaidri definētam organiskās augsnes izdalīšanas konceptam, definīcija jālieto visu zemes lietošanas veidu SEG emisiju aprēķinos visā laika rindā un kombinējot ar nacionālajiem SEG emisiju faktoriem (Eggleston et al., 2006; Hiraishi et al., 2014).

IPCC 2006. gada vadlīnijām ir sagatavots 2013. gada papildinājums “Mitrāji” (Hiraishi et al., 2014). Lai gan par šī papildinājuma obligātu lietošanu SEG inventarizācijā nav pieņemts Klimata konvencijas un tās Kioto protokola līgumslēdzēju pušu konferences lēmums, tomēr Klimata konvencijas Puses ir aicinātas to izmantot SEG inventarizācijas sagatavošanā. IPCC vadlīniju 2013. gada papildinājums paredz organiskās augsnes tālāku diferenciaciju pēc mitruma režīma (mitra organiskā augsne un meliorēta (dziļi vai sekli) organiskā augsne) un barības vielu daudzuma jeb auglības (barības vielām bagāta organiskā augsne un barības vielām nabadzīga organiskā augsne). Organiskās augsnes iedalījums pēc barības vielu daudzuma, atbilstoši IPCC vadlīnijām, atkarīgs no organiskās augsnes izcelsmes – barības vielām nabadzīgi purvi (vairāk raksturīgi boreālā klimata reģioniem) vai barības vielām bagātīgāki purvi mērenā klimata reģionos. Barības vielām nabadzīgā organiskajā augsnē dominē sfagnu kūdras frakcijas, kas raksturīgas ombrotrofiem (barības vielām nabadzīgiem) apstākļiem (augstie purvi pēc Latvijā lietotās klasifikācijas). Savukārt barības vielām bagātai organiskajai augsnei raksturīga grīšļu kūdra un minerotrofi (barības vielām bagāti) apstākļi (zemie purvi pēc Latvijā lietotās klasifikācijas) (Hiraishi et al., 2014; Indāns, 1979).

A.Kārklīšs (Kārklīšs, 2016b), analizējot organiskās augsnes definējumu SEG emisiju aprēķinos atbilstoši IPCC vadlīnijām, uzsver, ka IPCC lietotie organiskās augsnes izdalīšanas kritēriji nosaka to, ka organiskās augsnes grupā ieskaitāms daudz lielāks augsnes kopums nekā atbilstoši *histosols* augšņu pamatgrupai Pasaules Augsnes klasifikatora 2014. gada atjauninātās versijas izpratnē vai atbilstošajai augsnei aktuālajā Latvijas augsnes klasifikācijā. To nosaka fakts, ka IPCC vadlīniju kritēriji izdala zemāku minimāli nepieciešamā C_{org} daudzumu (12% pret 20%), kā arī zemāku minimāli nepieciešamā augsnes OV sastopamības biežumu (10 cm pret 40 cm) (Kārklīšs, 2016b).

SEG inventarizācijas sagatavošanas procesā jāizšķiras par to, kādi augsnes tipi pēc aktuālā Latvijas augsnes klasifikatora (Kārklīšs, 2009) atbilst IPCC definējumam. A.Kārklīšs (Kārklīšs, 2016b) identificē šādu atbilstību:

- 1) vērtējot automorfās augsnes atbilstību, tā, kā potenciāli iespējama, identificēta vienīgi trūdaini kūdrainai podzolaugsnei, kuras sastopamību lauksaimniecībā izmantojamā zemē A.Kārklīšs vērtē kā niecīgu;
- 2) pushidromorfās augsnes grupā pilnīga atbilstība konstatēta trīs taksoniem – kūdrainai glejaugsnei (trūdaini kūdrainā velēnu gleja augsne), kūdrainai podzolētai glejaugsnei

(trūdaini kūdrainā velēnu podzolētā gleja augsne) un kūdrainai aluviālā augsnei (aluviālā purva augsne). Pārējie trīs pushidromorfās augsnes taksoni (trūdaini kūdrainā glejaugsne, trūdaini kūdrainā podzolētā glejaugsne, trūdainā gleja aluviālā augsne) pēc A.Kārkliņa vērtējuma varētu atbilst IPCC organiskās augsnes klasifikācijai tikai tad, ja izpildās kritērijs par minimāli nepieciešamo OV saturu augsnē. Pushidromorfā augsne lauksaimniecības zemē sastopamas samērā reti – nelielā platībā pļavās;

- 3) hidromorfās augsnes grupā visa augsne atbilst IPCC organiskās augsnes definīcijai. A.Kārkliņš uzsver, ka hidromorfā augsne lauksaimniecībā izmantotā zemē var daļēji atrasties tīrumos, bet parasti sastopama vēsturiskajās palienu platībās un nelielās beznoteces starppauguru ieplakās. Augstā purva augsne Latvijas lauksaimniecības zemē nav sastopama.

Nemot vērā A.Kārkliņa identificēto ar organiskajām vielām bagātās augsnes atbilstību aktuālajai Pasaules un Latvijas augsnes klasifikācijai un IPCC vadlīniju noteiktajam organiskās augsnes definījumam (Kārkliņš, 2016a, 2016b), 1.2. attēlā dots atbilstības shematiskais tuvinājums.

Pasaules augsnes klasifikācijas 2014.gada atjauninātā versija		
Minerālaugsne	<i>Histosols</i>	
Latvijas augsnes klasifikācijas vienības 2009.gada augsnes noteicējā		
Minerālaugsne	Kūdrainā/pushidromorfā augsne	Kūdraugsne/hidromorfā augsne
IPCC 2006.gada vadlīniju organiskās augsnes definējums		
Minerālaugsne	Barības vielām bagāta organiskā augsne	Barības vielām nabadzīga organiskā augsne

Avots: autores veidots pēc (Kārkliņš, 2016a, 2016b)

1.2.att./Fig. 1.2. Organiskām vielām bagātās augsnes atbilstības kopsakarības Pasaules, Latvijas un IPCC vadlīniju definījumā / Compliance correlations of soils rich in organic material among World, Latvian and IPCC guidelines definition

IPCC vadlīnijas nosaka, ka organiskajām vielām bagāta augsne, atkarībā no tā vai tā ir ombrotrofa vai minerotrofa, var tik iedalīta divās plašās augsnes grupās – barības vielām bagāta augsne (minerotrofi apstākļi) un barības vielām nabadzīga augsne (ombrotrofi apstākļi) (Hiraishi et al., 2014). Uzsvērts, ka šis plašais dalījums dažādās valstīs var būt atšķirīgs atkarībā no vietējiem apstākļiem, kā arī saistībā ar to, ka barības vielām nabadzīga organiskā augsne dominē boreālajā klimata zonā, savukārt mērenās klimata zonas reģionā izplatītāka ir barības vielām bagāta organiskā augsne. Gadījumā, ja valstij nav pieejami precīzi dati par organiskās augsnes izplatību, tostarp dalījumā barības vielām bagāta un nabadzīga organiskā augsne, mērenās klimatiskās zonas valstīm, kā labu praksi iesaka pieņemt, ka visa organiskā augsne ir barības vielām bagāta (Hiraishi et al., 2014). Šāds ieteikums nodrošina to, ka netiek aprēķināts neatbilstoši zems SEG emisiju apjoms. IPCC 2006. gada vadlīnijās noteikta SEG emisiju aprēķinos izmantojamā klimatisko zonu klasifikācija, atbilstoši kurai Latvija atrodas vēsā, mitrā mērenā (*Cool Temperate Moist*) klimata zonā (Eggleston et al., 2006). Promocijas darbā veikts klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju novērtējums barības vielām bagātās (minerotrofās) organiskās augsnes apsaimniekošanā lauksaimniecības zemē.

Eiropā organiskās augsnes izplatība ir ģeogrāfiski nevienmērīga. Lielāka organiskās augsnes koncentrācija konstatējama Eiropas ziemeļu daļā (Tanneberger et al., 2017). Kopējā organiskās augsnes platība (ar kūdras slāni >0) Eiropā lēsta aptuveni 1 000 000 km², kas ir gandrīz 10% no sauszemes platības (Tanneberger, Appulo, et al., 2021). Izplatību galvenokārt nosaka klimatiskie apstākļi pēdējo 10000 gadu laikā, tostarp nokrišņu daudzums un temperatūras režīms – augstāka vasaras temperatūra un zemāks nokrišņu daudzums nosaka attiecīgajos reģionos zemāku izplatības rādītāju (Van Diggelen, 2018). Eiropas Savienības valstīs kūdras augsne aizņem aptuveni 7,7% (241 812 km²) no kopējās platības koncentrējoties galvenokārt ES ziemeļu, austrumu un centrālajā daļā, atsevišķās valstīs SEG emisijas no apsaimniekotas organiskās augsnes veido vairāk nekā piekto daļu no valstu kopējām emisijām (Tanneberger et al., 2017). Gandrīz viena trešdaļa Eiropas organiskās augsnes platības atrodama Somijā un vairāk kā viena ceturtdaļa Zviedrijā, šīm valstīm pēc organiskās augsnes izplatības seko Polija, Lielbritānija, Norvēģija, Vācija, Īrija, Igaunija, Latvija, Nīderlande, Francija un arī Lietuva, Ungārija, Dānija un Čehija (Montanarella et al., 2006). Lauksaimniecības vajadzībām organisko augsni apsaimnieko kā aramzemi vai zālāju.

Latvijā organiskās augsnes izplatības novērtēšanu apgrūtina gan aktuālas augsnes kartogrāfiskās informācijas trūkums, gan iepriekš aprakstītā nacionālās un starptautiski lietotās augsnes klasifikācijas neatbilstība. Valsts vienotajā ģeotelpiskās informācijas portālā ir pieejama (LR Zemkopības ministrija, 2020) ģeotelpiskā informācija par Latvijas lauksaimniecības augsni, kas iegūta digitalizējot 1960. – 1991. gadā sagatavotos augsnes kartēšanas materiālus. Latvijā organiskā augsne veidojusies vietās, kur ir bijis vai ir dabiski paaugstināts gruntsūdens līmenis un lielākā daļa Latvijas lauksaimniecības augsnes (aptuveni 1,5 miljoni ha), līdz ar to arī organiskajām vielām bagātā augsne, 1966. – 1985. gadā tikusi meliorēta (Sauka et al., 1987). Organiskām vielām bagātās augsnes meliorēšana un pakļaušana tādām regulārām lauksaimnieciskām darbībām kā augsnes apstrāde, kaļķošana un mēslošana, radījusi un rada pakāpenisku organisko vielu mineralizāciju, kā rezultātā samazinās gan augsnes organiskā oglekļa daudzums, gan arī augsnes organiskā materiāla slāņa biezums (Tanneberger et al., 2022). Rezultātā platībās, kurās Latvijas augsnes kartēšanas laikā līdz 1991. gadam konstatēta trūdaini kūdrainas un kūdraugsnes klātbūtne, šī augsne, saistībā ar notikušajiem organisko vielu mineralizācijas procesiem, vairs var nebūt sastopama (Kārklīņš, 2016a). 2021. gadā Norvēģijas finanšu instrumenta (2014. – 2021. gads) finansētas programmas “Klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās tām un vide” projekts “Ilgtspējīgas augsnes resursu pārvaldības uzlabošana lauksaimniecībā” uzsāk informācijas aktualizēšanu par Latvijas lauksaimniecībā izmantojamo augsni (LR Zemkopības ministrija, 2021), kur cita starpā veic arī kūdraugsnes izplatības kartēšanu. Tādējādi, līdz 2024. gadam (projekta izpildes laika grafiks) plānots iegūt precīzāku informāciju par kūdraugsnes jeb hidromorfās augsnes faktisko izplatību Latvijā. Joprojām neskaidra paliks pushidromorfās augsnes faktiskā izplatība mūsdienās, jo šīs augsnes izplatības kartēšana projektā “Ilgtspējīgas augsnes resursu pārvaldības uzlabošana lauksaimniecībā” nav paredzēta.

Situācijā, kad nav pieejama aktuāla Latvijas kartogrāfiskā informācija par organiskās augsnes izplatību, bet ir pamats uzskatīt (Kārklīņš, 2016a), ka pašreizējā izplatība atšķiras no vēsturiskajos karšu materiālos fiksētās, ir veikti pētījumi ar mērķi modelēt šī brīža izplatību. Ar valsts atbalstu lauksaimniecībā izmantojamiem zinātnes projektiem 2016. gadā Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava” (LVMI Silava) veicis zinātnisku pētījumu “Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO₂ piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana”, kurā analizēti digitālajās augsnes kartēs pieejamie dati, apsekota statistiski reprezentabla Meža resursu monitoringa parauglaukumu kopa platībās ar organisko augsni (atbilstoši digitizētajam vēsturiskajam augsnes karšu materiālam), veiktas augsnes analīzes, lai noteiktu atbilstību IPCC vadlīniju organiskās augsnes definīcijai un noteikta organiskās augsnes izplatība aramzemē un zālājā, veicot datu rindas interpolāciju un nosakot organiskās augsnes platības izmaiņas aramzemē un zālājā 1990. – 2014. gadā (Lazdiņš et al., 2016; Petaja et al., 2018). Pētījuma rezultāti,

pielietojot ekstrapolācijas metodi, kopš 2018. gada izmantoti Latvijas Nacionālā siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas ziņojuma sagatavošanā, un tie apstiprina pieņēmumu par organiskās augsnes mineralizācijas procesu. 1990. – 2018. gadā organiskās augsnes platība aramzemē un zālājā (atbilstoši Nacionālā siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas ziņojuma zemes kategorijām) ir samazinājusies par 18,86% jeb no 195,1 tūkstošiem ha 1990. gadā līdz 158,3 tūkstošiem ha 2018. gadā un organiskā augsne 2018. gadā Latvijā aizņem 6,3% no kopējās lauksaimniecības zemes (aramzemes un zālāja) platības (LEGMC, 2020).

Viens no organiskās augsnes fenomeniem ir platības disproporcija attiecībā pret šīs augsnes apsaimniekošanas radīto SEG emisiju apjomu. Meliorētās organiskās augsnes apsaimniekošanas radītās SEG emisijas ir viens no lielākajiem SEG emisiju avotiem lauksaimniecības un zemes izmantošanas, zemes izmantošanas veida maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektoros daudzās Eiropas un Āzijas valstīs (Drösler et al., 2008; Tiemeyer et al., 2020; Tubiello et al., 2016). Būtiski arī tas, ka emisijas, atbilstoši IPCC vadlīnijām, no aramzemes un zālāja aprēķina un ziņo gan SEG emisiju ziņošanas lauksaimniecības sektorā (N₂O), gan ZIZIMM sektorā (CO₂, CH₄). Eiropas valstīs, kurās organiskā augsne sastopama aptuveni 3% no lauksaimniecībā izmantotās zemes platības, vidēji šīs augsnes apsaimniekošanas radītās SEG emisijas veido vairāk nekā 50% no kopējām lauksaimniecības zemes apsaimniekošanas radītajām SEG emisijām (Nordic Council of Ministers, 2015). Globāli meliorētās lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas emisijas rada 2 – 5% no kopējām antropogēnajām SEG emisijām (Joosten, 2009; Leifeld & Menichetti, 2018). Lielākajā daļā ES valstu (un Lielbritānijā), kurās sastopama organiskā augsne, tā pagājušā gadsimta laikā lielā proporcijā meliorēta lauksaimniecības vajadzībām, tostarp Vācijā 75%, Polijā 60%, Lielbritānijā (aptuveni 50%) (Conchedda & Tubiello, 2020). ES valstīs radīto organiskās augsnes apsaimniekošanas SEG emisiju efekts ir būtisks gan attiecīgo Ziemeļeiropas, Austrumeiropas un Centrāleiropas valstu emisiju bilanci (Buschmann et al., 2020), gan arī globālā līmenī (Temminck et al., 2023). Neskatoties uz organiskās augsnes apsaimniekošanas radīto SEG emisiju nozīmi un proporciju ES valstīs, SEG emisiju aprēķini joprojām ir aptuveni un emisijas netiek ziņotas pietiekamā precizitātē (Holmberg et al., 2023). Aprēķinu trūkumi saistīti ar nepietiekamu informētību, nepietiekamas detalizācijas darbību datiem un neatbilstošiem vai vājas kvalitātes SEG emisiju faktoriem (Houghton et al., 2012; Tubiello et al., 2016). Latvijā lauksaimniecības organiskās augsnes radīto SEG emisiju apjoms, līdzīgi kā ES valstīs, ir neproporcionāli liels tās platībai un veido vairāk nekā 30% no kopējām lauksaimniecisko darbību radītajām SEG emisijām nacionālās SEG inventarizācijas lauksaimniecības un ZIZIMM sektoros (LEGMC, 2020).

Organiskās augsnes sociāli ekonomiskā loma ir salīdzinoši maz pētīta, tomēr jebkuru apsaimniekošanas izmaiņu plānošana bez socioekonomisko un politisko ietekmju novērtējuma nebūtu ilgtspējīga. Politiskajās un arī zinātniskajās diskusijās vairāk kā par organiskās augsnes apsaimniekošanas ekonomisko nozīmi runā par šīs augsnes aizsardzību, ar to saprotot tādas apsaimniekošanas prakses, kā gruntsūdens līmeņa celšanu vai organiskās augsnes izņemšanu no apsaimniekošanas. Vispārīgi diskutē par tropiskās kūdras augsnes aizsardzību saistībā ar zemes lietojuma veida maiņu un sākotnējā zemes lietojuma atjaunošanu (Joosten, 2009; Leifeld & Menichetti, 2018; Smith et al., 2014), savukārt ES līmenī aktuāla ir diskusija par organiskajām vielām bagātas augsnes aizsardzību, mazinot apsaimniekošanas ietekmi un par appludināšanu (meliorācijas sistēmu likvidēšanu vai ūdens līmeņa celšanu citos veidos) kā apsaimniekošanas praksi, kas varētu samazināt CO₂ emisijas (European Commission, 2018b). Šo diskusiju fonā organiskās augsnes apsaimniekošanas ekonomiskie aspekti, tostarp, piemēram, ekonomiskā ietekme, šo augsni izņemot no lauksaimnieciskās ražošanas, tiek skarti maz, tomēr globālā līmenī ir aplūkota iespējama lauksaimnieciskās ražošanas sadārdzināšanās un pārtikas cenu celšanās (Hasegawa et al., 2018; Humpenöder et al., 2020). Skandināvijas valstu pētījumi atzīst lauksaimniecības organiskās augsnes ekonomisko nozīmi to daudzo zemes īpašnieku un vietējās sabiedrības dzīvē, kuriem šīs augsnes apsaimniekošana ir galvenais vai viens no galvenajiem ienākumu avotiem (Kløve et al., 2017). Uzsvērts arī tas, ka

pieejamais un salīdzinoši pastāvīgais mitruma daudzums šajā augsnē darbojas kā lauksaimniecības kultūraugu iznīkšanas risku mazinošs apstāklis sausuma periodu laikā, kā arī organiskajai augsnei mineralizējoties, atbrīvojas barības vielas, kas samazina slāpekļa minerālmēsli lietošanas nepieciešamību (Kløve et al., 2017). Maz pētīta zemes īpašnieku attieksme pret iespējamām lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas veida izmaiņām klimata politikas mērķu sasniegšanas veicināšanai, bet pētījums Vācijā liecina, ka attieksme ir rezervēta un apsaimniekošanas maiņas realizēšanai būtu nepieciešama ekonomisko zaudējumu kompensācijas izmaksa, kuras apmērs varētu variēt atkarībā no tehnoloģiskajām iespējām, lauksaimnieciskās ražošanas ienesīguma attiecīgajā reģionā un iespējami skartās organiskās augsnes kopplatības (Schaller et al., 2011). Lielbritānijas ieinteresēto grupu aptauja liecina par vispārēju izpratni par lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas veida maiņas nepieciešamību, tomēr nav vienotības viedoklī par to, vai būtu turpināma organiskās augsnes izmantošana lauksaimniecībā jeb platības aktīva apsaimniekošana izbeidzama (Rawlins & Morris, 2010). Sabiedrības aptaujas liecina, ka par vienu no lielākajiem izaicinājumiem samazinot lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu ietekmi, atzīstams izteikts klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu dalījums “efektīvajos” un “praktiski un ekonomiski izdevīgajos” un šī izaicinājuma risināšanai varētu būt nepieciešams lietot finanšu (neiegūto ienākumu kompensācijas, samazinoties ražai vai palielinoties ražošanas izmaksām), izglītošanas un inovāciju atbalsta mehānismu kombināciju (Rhymes et al., 2023).

Zinātniskajā literatūrā, kā viens no iespējami ekonomiski efektīviem organiskās augsnes apsaimniekošanas veidiem appludināšanas gadījumā, minēta paludikultūru saimniecība (Tanneberger, Appulo, et al., 2021). Pārmitros apstākļos spēj augt noteiktas zālaugu un kokaugu sugas (piemēram, niedres, grīšļi, vilkvālītes, melnalkšņi) (Wichtmann et al., 2016), kuru tirgus potenciālu lēš vispārīgi, uzsverot biomasas potenciālu izmantošanu ēku siltināšanai būvniecībā, lopbarībai, enerģētikā, degvielas un inovatīvu produktu (medicīna un pārtika) ieguvei (Geurts et al., 2019), tomēr paludikultūru ekonomisko atdevi vēl tikai pēta pilotprojektos un demonstrāciju vietās. Paludikultūru saimniecības ietekme uz pārtikas nodrošinājumu pretstatā organiskās augsnes apsaimniekošanas turpināšanai, saglabājot meliorācijas sistēmu darbību, nav vērtējama, kā atbilstoša ES bioekonomikas stratēģijā noteiktajam mērķim – pārtikas un barības vielu nodrošinājums (European Commission. Directorate General for Research and Innovation., 2018), jo iegūstamo pārtikas izejvielu apjoms ir salīdzinoši zems, tomēr var tikt saskatītas pozitīvas vides ietekmes, kas daļēji kompensētu ienākumu un pārtikas izejvielu ieguves apjoma zudumu (Tanneberger, Appulo, et al., 2021). Šī atziņa atspoguļo kopējo situāciju organiskās augsnes apsaimniekošanas ekonomisko ietekmju novērtējumā – to neizvirza par prioritāti, galvenokārt orientējoties uz klimata pārmaiņu samazināšanas aspektiem, kas atbilst aktuālajām politiskajām nostādnēm, bet ilgtermiņā var radīt situāciju, kad apsaimniekošanas izmaiņas panākamas vienīgi ar augsta subsīdiju īpatsvara aktivitāšu ieviešanu. ES būtu nepieciešams ietverošs un neitrāls organiskās augsnes apsaimniekošanas ekonomisko ietekmju novērtējums, lai būtu iespējams politikas pasākumus plānot, izmantojot objektīvus ekonomiskus aprēķinus. Šāda veida aprēķini ir veikti individuālu valstu līmenī, piemēram, Lielbritānijā, bet pētījums veikts 2013. gadā un publicēts, minot stingrus tā ierobežojumus – augstu pieņēmumu un vienkāršojumu līmeni, kas nosaka to, ka pētījuma rezultāti izmantojami izglītojoši informatīvos, bet ne politikas plānošanas nolūkos (Graves & Morris, 2013). Jāņem vērā arī tas, ka ir pierādīts, ka katram ekonomiskam, vides un sociālajam ieguvumam, kas saistīts ar SEG emisiju samazināšanu ir noteikti negatīvi blakus efekti, kurus ignorējot, nav panākama holistiska, ilgtspējīga pieeja (Harrison et al., 2021). Ne Eiropas, ne pasaules līmenī promocijas darba izstrādes laikā nav pieejamas aplēses par to cik daudz pārtikas globāli vai ES līmenī saražo apsaimniekojot organisko augsni un kādas varētu būt šīs ražošanas pārtraukšanas ekonomiskās un sociālās sekas.

Ņemot vērā organiskās augsnes teritoriālo izplatību un ietekmi uz SEG emisijām, Latvijā ir veikts šīs augsnes apsaimniekošanas ekonomiskais novērtējums. 2017. gada pētījumā “Organisko augšņu devuma novērtējums Latvijas lauksaimniecībā – daudzfaktoru ietekmes

izvērtējums efektīvas zemes izmantošanas risinājumu piedāvājumā” Latvijas Lauksaimniecības universitātes (no 2022. gada 1. septembra pārdēvēta par Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāti (LBTU)) autoru kolektīvs veicis organiskās augsnes devuma novērtējumu Latvijā, savietojot digitizēto vēsturisko augsnes kartogrāfisko informāciju, Lauku atbalsta dienesta (LAD) datus lauku līmenī un Lauksaimniecības datu centra datus par lauksaimniecības dzīvniekiem. Dati analizēti atbilstoši nacionālajai augsnes klasifikācijai sadalījumā – hidromorfās un pushidromorfās augsnes. Tā kā pētījums izmanto vēsturisko kartogrāfisko informāciju, nav ņemti vērā notikušie mineralizācijas procesi, kas visticamāk skāruši pushidromorfo augsni. Tālāku secinājumu izdarīšanai pamatotāk varētu būt izmantot informāciju par hidromorfo augsni, kura visticamāk joprojām atrodas sākotnēji izdalītajā augsnes klasē – hidromorfā augsne. Galvenie pētījuma rezultāti (Nipers, 2018; Pilvere, 2017, 2018b) liecina, ka:

- 1) teritoriāli organiskā augsne Latvijā galvenokārt izvietota Latgales augstienē, kā arī Vidzemes un Alūksnes augstienēs, bet nelielās platībās organiskā augsne sastopama visā Latvijas teritorijā un lielākā vai mazākā mērā skar 48% no lauku saimniecībām;
- 2) hidromorfās augsnes kvalitatīvais novērtējums ir zemāks par Latvijas vidējiem rādītājiem – 33 līdz 35 balles, kas ir zem vidējā Latvijas augsnes novērtējuma (38 līdz 40 balles);
- 3) hidromorfajā augsnē 2016. gadā saražotās produkcijas vērtība ir 36 miljoni EUR, kas ir 3,6% no 2016. gada kopējās lauksaimniecības produkcijas izlaides vērtības (996 miljoni EUR);
- 4) atbalstam (vienotajam platību maksājumam) 2016. gadā pieteiktas platības ar hidromorfo augsni 93 200 ha platībā un tajās dominējošie apsaimniekošanas veidi ir: (1) graudaugu, eļļas augu un pākšaugu audzēšana (29,4%), (2) sēts zālājs (14,1%), (3) pļavas un ganības (47,2%);
- 5) aptuveni 12% no kopējās hidromorfās augsnes platības ir nekopta jeb pilnībā vai daļēji aizaugusi ar krūmiem, 3,8% ir aizaugusi ar neproduktīviem kokaugiem;
- 6) bioloģiskās lauksaimniecības atbalstam 2016. gadā pieteikti 23% no hidromorfās augsnes platības un 7,8% atrodas Natura 2000 teritorijās;
- 7) 12,4% no hidromorfās augsnes platībām tur liellopus un 10,5% aitas.

Pētījuma uzdevums nav bijis aplēst ekonomisko vai sociālo ietekmi, kādu radītu organiskās augsnes izņemšana no lauksaimnieciskās aprites, bet analizējot rezultātus var secināt, ka, lai gan organiskās augsnes apsaimniekošana nedod lielu pienesumu Latvijas kopējā lauksaimnieciskās produkcijas vērtībā valsts līmenī (aptuveni 4%), sociāli ekonomiskā loma individuālu saimniecību līmenī varētu būt ievērojama, jo organiskās augsnes klātesamība, atbilstoši vēsturiskajam kartogrāfiskajam materiālam, ir identificēta gandrīz pusē no Latvijas lauku saimniecībām (aptuveni 48%). Individuālu saimniecību līmenī organiskās augsnes apsaimniekošanas ierobežojumiem vai izmaiņām varētu būt būtiska nozīme, īpaši, ja lielākā daļa saimniecības zemes ir ar organisko augsni.

Viens no virzieniem, kuru organiskās augsnes ekonomiski efektīvai apsaimniekošanai piedāvā Latvijas zinātnieki, ir ražošanas efektivitātes kāpināšana, vienlaikus samazinot SEG emisijas uz vienu produkcijas vienību, kas saražota organiskās augsnes apsaimniekošanas rezultātā (Nipers, 2018).

1.2. Klimata pārmaiņu ietekmes novērtēšanas teorētiskie aspekti un SEG emisiju ziņošanas kārtība / *Theoretical Aspects of Climate Change Impact Assessment and GHG Emission Reporting Procedures*

Lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu ietekmes novērtēšanai nepieciešams izprast bioloģiskos procesus, kas rada šo ietekmi un to, kā ticami un starptautiski salīdzināmi kvantificēt ietekmes potenciālu.

Augi fotosintēzes procesos piesaista no atmosfēras oglekļa dioksīdu un slāpekli no augsnes, tādējādi radot OV masu, kas veido gan virszemes, gan pazemes biomasu, atmirušās augu daļas un augsnes organisko vielu. Pretējs process notiek augu elpošanas procesos, sadaloties atmirušajām augu daļām, organiskajai vielai augsnē un degšanas procesos – CO₂ un tādas ne-CO₂ gāzes, kā CH₄ un N₂O izdalās atmosfērā (Hall & Rao, 2001). Šie procesi ir dabiski, ir notikuši un notiek neatkarīgi no cilvēka iesaistes, tomēr antropogēnās darbības tos intensificē. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošana, ierosina CO₂ un N₂O emisijas radošus procesus (OV mineralizāciju un ar meliorāciju saistītu N₂O izdalīšanos), kas bez antropogēnās ietekmes nenoritētu vai noritētu daudz lēnāk (Smith et al., 2014). IPCC 2000. gada speciālais ziņojums par ZIZIMM (Watson et al., 2000), runājot par sauszemes ekosistēmām, norāda, ka cilvēka jeb antropogēnās darbības ietekmē globālā neto biomasas produktivitāte var būt negatīva vērtība, kas nozīmē ikgadēju oglekļa neto zudumu, tam nonākot atmosfērā un ietekmējot klimata pārmaiņu procesus. Intensitāti ar kādu norit CO₂ piesaistes un atbrīvošanas procesi konkrētajā ekosistēmā nosaka attiecīgās ekosistēmas klimatiskie apstākļi (siltākos apstākļos procesi norit straujāk), barības vielu pieejamība, ūdens piesātinājums un skābekļa klātbūtne (Conchedda & Tubiello, 2020; Eggleston et al., 2006). Aeirosos apstākļos (skābekļa klātbūtne) OV sadalīšanās procesos dominē CO₂ izdalīšanās, anaerosos apstākļos (bez skābekļa apstākļi) dominē CH₄ emisijas (Moore & Knowles, 1989). Anaerosos apstākļos OV sadalīšanās procesi bremzējas, jo aerobo baktēriju darbību limitē skābekļa pieejamība, kā rezultātā organiskā viela uzkrājas neskatoties uz to, ka turpina darboties aneirobās baktērijas, kas daļu organiskā materiāla sadala, radot CH₄ un citu ne-CO₂ gāzu emisijas. Tādējādi antropogēnās darbības neskartos apstākļos veidojas OV uzkrājums kā rezultāts tam, ka ikgadēji uzkrātās OV apjoms pārsniedz OV apjomu, kas ikgadēji pakļauts sadalīšanās procesiem (Eggleston et al., 2006; Hiraishi et al., 2014). Var secināt, ka organiskās augsnes meliorācija samazina CH₄ emisijas, bet palielina CO₂ emisijas saistībā ar intensificētiem augsnes OV oksidēšanās procesiem, kā arī palielina N₂O emisijas (it īpaši minerotrofos jeb barības vielām bagātos apstākļos). Minerālā slāpekļa nitrifikācijas intensitāti un attiecīgi N₂O rašanos barības vielām bagātos apstākļos ietekmē arī augsnes pH, temperatūra un gruntsūdens līmenis (Kasimir–Klemedtsson et al., 1997). Uzskata, ka emisijas no meliorētas organiskās augsnes rēķināmas tikmēr, kamēr tās ir uzskatāmas par meliorētām vai tikmēr, kamēr augsnes organiskā viela nav mineralizējusies (Hiraishi et al., 2014). Augsnes organiskā oglekļa zudumi, salīdzinot apsaimniekošanas veidus, ir lielāki no aramzemes nekā no zālāja platībām (Eggleston et al., 2006).

Klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu noteikšanai un to sasniegšanas plānošanai nepietiek ar teorētiskām zināšanām par organiskās augsnes platības vienības radīto SEG emisiju apjomu un bioloģiskajiem procesiem, kas šo emisiju rašanos nosaka. Ir nepieciešama sistemātiska SEG emisiju uzskaitē un starptautiski harmonizēts veids, kādā valstis aprēķina un regulāri ziņo radītās SEG emisijas (Gulluscio et al., 2020). Valstis, kuras ir ANO dalībvalstis un Klimata konvencijas Puses, antropogēnās ietekmes radītās SEG emisijas aprēķina un ziņo atbilstoši IPCC izstrādātai metodoloģijai jeb vadlīnijām, kas ir apstiprinātas Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferencēs (United Nations, 1992). IPCC ir specializēta ANO struktūra, kas 1988. gadā izveidota ar mērķi nodrošināt politikas lēmumu pieņēmējus visā pasaulē ar zinātniski pamatotu informāciju par klimata pārmaiņām, to ietekmēm, nākotnes riskiem, pielāgošanās iespējām klimata pārmaiņām un klimata pārmaiņu samazināšanas iespējām, izmantojot attiecīgā brīža labākās pieejamās zināšanas (Hulme & Mahony, 2010). Viens no galvenajiem IPCC uzdevumiem ir apkopot aktuālāko zinātnisko informāciju un veidot starptautisku ekspertu sadarbības tīklu. IPCC struktūras, sadarbībā ar nacionālajiem ekspertiem, strādā gan pie starptautiski pieņemtās SEG emisiju un CO₂ piesaistes aprēķinu sagatavošanas metodikas izstrādes, nepārtrauktas šīs metodikas uzlabošanas un atbalsta rīku sagatavošanas SEG emisiju un CO₂ piesaistes aprēķināšanai un ziņošanai, bet arī sagatavo regulārus klimata pārmaiņu ietekmju, risku, pielāgošanās un samazināšanas iespēju novērtējuma ziņojumus dažādās antropogēnās ietekmes jomās (Schulte–Uebbing et al., 2015). Kā regulāro ziņojumu

piemērus var minēt IPCC klimata pārmaiņu novērtējuma ziņojumus (2023. gada martā publiskots 6. novērtējuma ziņojums (Calvin et al., 2023)) un regulārus nozaru ziņojumus. Kā nozaru ziņojuma piemērs minams IPCC 2019. gadā publiskotais speciālais ziņojums “Klimata pārmaiņas un zeme”, kas skar klimata pārmaiņu jautājumus saistībā ar pārtukšnešošanu, zemes degradāciju, ilgtspējīgu zemes apsaimniekošanu, pārtikas nodrošinājumu un SEG emisiju izmaiņas sauszemes ekosistēmās (Shukla et al., 2019).

Klimata pārmaiņu ietekmes novērtēšanai starptautiski izmanto IPCC izstrādātās SEG emisiju aprēķinu un ziņošanas vadlīnijas. 2019. gadā publiskots IPCC 2006. gada vadlīniju papildinošs precizējums (Calvo Buendia et al., 2019), kura vispārēja lietošana SEG emisiju aprēķinos tiks uzsākta pēc tam, kad par to kārtējā Līgumslēdzēju pušu konferencē vienosies Klimata konvencijas puses. Klimata konvencijas 1. pielikuma Puses (Klimata konvencijas 1.pielikumā minētās līgumslēdzēju Puses, tostarp ES), atbilstoši Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferences lēmumam 24/CP.19 (Conference of the Parties, 2013) SEG emisiju aprēķiniem izmanto IPCC 2006. gada vadlīnijas (Eggleston et al., 2006) un ir aicinātas izmantot arī IPCC 2013. gada papildinājumu 2006. gada vadlīnijām par mītrzemēm (Hiraishi et al., 2014), tomēr šī papildinājuma izmantošana nav apstiprināta Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferencē, kā saistoša. Ar lēmuma 24/CP.19 1. pielikumu apstiprinātas arī Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferences vadlīnijas šīs konvencijas 1.pielikuma pušu ikgadējo SEG inventarizācijas ziņojumu un nacionālās komunikācijas dokumentu sagatavošanā. Vienotu IPCC un Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferences SEG emisiju aprēķināšanas un ziņošanas kārtības vadlīniju izmantošana visu Klimata konvencijas līgumslēdzēju pušu SEG inventarizācijas un prognožu ziņojumu sagatavošanā nodrošina iegūto aprēķinu rezultātu savstarpēju salīdzināmību, kas ir būtisks klimata politikas plānošanas priekšnosacījums, kā arī to, ka tiek ievēroti SEG inventarizācijas sagatavošanas pamatprincipi: caurskatāmība, konsekvence, salīdzināmība, pabeigtība un precizitāte (Conference of the Parties, 2013).

Klimata konvencijas līgumslēdzēju puses katru gadu sagatavo un iesniedz Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferences sekretariātam antropogēnās ietekmes radīto SEG emisiju aprēķinus, šo informāciju apkopojot nacionālajos SEG inventarizācijas ziņojumos, kā arī ietverot tā sauktajos divgadu un nacionālās komunikācijas ziņojumos (attīstīto valstu ziņojumi par klimata pārmaiņu samazināšanas centieniem). Visus šos ziņojumus, atbilstoši Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu lēmumam 13/CP.20 (Conference of the Parties, 2014), regulāri pārbauda Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferences sekretariāta ekspertu (auditoru) grupa. ES dalībvalstu SEG inventarizācijas ziņojumus pārbauda arī ES līmenī, kad pārbaudi, atbilstoši ES iekšējam regulējumam (European Parliament, 2018b), veic Eiropas Vides aģentūra. Eiropas Komisija (EK) sadarbībā ar dalībvalstīm ik gadu sagatavo arī Savienības kopējo SEG inventarizāciju un Savienības kopējo SEG inventarizācijas ziņojumu, ko arī ikgadēji iesniedz Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferences sekretariātam.

Atbilstoši tam, kā SEG inventarizācijas ziņojums strukturēts Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferences lēmuma 24/CP.19 pielikumā, organiskās augsnes apsaimniekošanas radītās SEG emisijas lauksaimniecības zemē ziņo divās SEG inventarizācijas ziņojuma nodaļās jeb sektoros: (1) lauksaimniecības sektorā (kopējā ziņošanas formāta 3. sektors) un (2) ZIZIMM (kopējā ziņošanas formāta 4.sektors). Atbilstoši IPCC vadlīnijām, lauksaimniecības sektorā aprēķina un ziņo organiskās augsnes apsaimniekošanas rezultātā lauksaimniecības zemē radušās N₂O emisijas, savukārt ZIZIMM sektorā CO₂ un CH₄ emisijas.

Vispārējais princips SEG emisiju aprēķinu veikšanai, atbilstoši IPCC vadlīnijām, paredz divus galvenos SEG emisiju apjoma noteikšanas komponentus – darbību datus un emisiju faktorus. Organiskās augsnes gadījumā šie komponenti ir:

- 1) darbību dati – organiskās augsnes platība attiecīgajā gadā;
- 2) emisiju faktori – CO₂, N₂O un CH₄ gāzu apjoms, kas atbilstoši pieejamajiem datiem gada laikā rodas no vienas platības vienības (ha).

IPCC vadlīniju vispārējie SEG emisiju aprēķināšanas un ziņošanas principi paredz iespēju SEG emisijas aprēķināt, izmantojot dažādas sarežģītības pakāpes pieejas atkarībā no tā, kāda līmeņa informācija ir pieejama emisiju aprēķinus veicošajai valstij. Pirmā sarežģītības līmeņa metodiskā pieeja (*Tier 1*) paredz IPCC vadlīniju piedāvāto noklusēto reģionālo datu izmantošanu SEG aprēķinu veikšanai. Šo pieeju IPCC vadlīnijas iesaka izmantot gadījumos, kad valstīm nav pieejami nacionāli dati SEG emisiju aprēķinu veikšanai. Otrā detalizācijas līmeņa metodiskā pieeja (*Tier 2*) ir līdzīga pirmajai, bet paredz iespēju izmantot valsts specifiskus ievades datus (darbību datus un/vai emisiju faktoros). Trešā un augstākā sarežģītības līmeņa metodiskā pieeja (*Tier 3*) ir pielietojama tad, ja valstij ir izstrādāti SEG emisiju aprēķinu modeļi.

Valstis izmanto dažādu pieeju emisiju aprēķinu metodiskas sarežģītības līmeņa izvēlē. Aptuveni puse no ES valstu ZIZIMM sektora inventarizācijas aprēķinos lietotajiem CO₂ emisiju faktoriem ir pirmā sarežģītības līmeņa jeb *Tier 1* faktori, atbilstoši IPCC 2013. gada papildinājumam 2006. gada vadlīnijām par mitrziem vai arī nacionāli emisiju faktori, vairāk kā trešdaļa emisiju faktoru avots ir IPCC 2006. gada vadlīnijas un daļa gadījumu lieto arī emisiju faktori no IPCC 2013. gada vadlīnijām, kas neatbilst labas prakses piemēram un šī situācija kopumā – dažādu sarežģītības līmeņu un dažādu IPCC vadlīniju emisiju faktoru lietošana ES valstīs apgrūtina ZIZIMM sektora datu salīdzināmību (Barthelmes, 2018) un attiecīgi arī politikas plānošanas iespējas. Jāņem vērā tas, ka, atbilstoši IPCC izmatotajam klimatisko zonu sadalījumam, daļa Skandināvijas valstu un visa Baltijas valstu teritorija atrodas vēsā mērenās zonas klimata joslā nevis boreālajā zonā, kas *Tier 1* emisiju faktoru izmantošanas gadījumā, rada papildus ietekmi uz aprēķināto SEG emisiju apjomu (Barthelmes, 2018) un būtu jāņem vērā tālākā inventarizācijas datu analīzē, it īpaši tos salīdzinot ar cita veida (piemēram, uz lokālu mērījumu bāzes sagatavotiem) SEG emisiju aprēķiniem.

Gan globāli (Friedlingstein et al., 2020; Scharlemann et al., 2014; Smith et al., 2014; Tubiello et al., 2015), gan ES līmenī (Petrescu et al., 2020) ir atzīts, ka ZIZIMM sektorā aprēķinātajām lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisijām ir liela nenoteiktība (+/- 50%) saistībā ar nepietiekamu pieejamo darbību datu apjomu un kvalitāti, kā arī nepietiekami precīzajiem emisiju faktoriem (nav izstrādāti nacionāli SEG emisiju faktori) un nepietiekamajām tehniskajām iespējām un zināšanām šo datu ieguvei, t.sk. institucionālā ziņā. Nenoteiktība nacionāliem jeb valsts līmeņa datiem nav tik izteikta, kāda tā veidojas reģionālu un globāla līmeņa datu apkopojumu un analīžu gadījumā, kā arī nenoteiktība un datu iztrūkums attīstības valstīm ir izteiktāks nekā attīstītajām valstīm (Tubiello et al., 2016). Nereti valstis izvēlas nestrādāt pie nenoteiktības mazināšanas ZIZIMM sektorā saistībā ar datu un modelēšanas resursu nepietiekamību, kas var radīt situāciju, kad plānotās SEG emisiju samazināšanas darbības ZIZIMM sektorā atbilst nenoteiktības apmēram (McGlynn et al., 2022). Līdzīga situācija vērojama arī lauksaimniecības sektorā ziņotajām organiskās augsnes emisijām. Šīs atziņas nosaka nepieciešamību strādāt pie SEG inventarizācijas datu kvalitātes un pieejamības uzlabošanas.

Regulāras SEG emisiju un CO₂ piesaistes ziņošanas saistības Latvijai nosaka tās uzņemtās saistības, pieņemot un apstiprinot Latvijā Klimata konvenciju (LR Saeima, 1995), kā arī saistības, kuras SEG emisiju aprēķināšanā, ziņošanā un uzskaitē uzņemas katra ES dalībvalsts. Nacionālo SEG inventarizācijas, prognožu un saistīto ziņojumu sagatavošana Latvijā ir reglamentēta Ministru kabineta MK) līmenī, nosakot dažādu iesaistīto institūciju atbildības jomas (LR Ministru kabinets, 2022b). Atbilstoši šim regulējumam, SEG inventarizācijas sagatavošanu koordinē Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, bet kopš 2023. gada 1. janvāra koordināciju veic Klimata un enerģētikas ministrija (KEM) (LR Ministru kabinets, 2022a), sadarbojoties ar Ekonomikas ministriju (EM), Zemkopības ministriju (ZM) un Satiksmes ministriju (SM), kā arī valsts sabiedrību ar ierobežotu atbildību „Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs” (LVĢMC), Centrālās statistikas pārvaldi, Fizikālās enerģētikas institūtu, LVMI Silava, LBTU un citām institūcijām un biedrībām, kas minētas regulējuma sadaļā par siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas nacionālo sistēmu. Ar

minēto institūciju ekspertu iesaisti un atbilstoši Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferencē pieņemtajām ziņošanas vadlīnijām par Klimata konvencijas 1.pielikuma Pušu ikgadējo inventarizāciju sagatavošanu (Conference of the Parties, 2013) un attiecīgajam ES līmeņa regulējumam (European Parliament, 2018b), Latvija ikgadēji sagatavo SEG inventarizāciju un Nacionālo SEG inventarizācijas ziņojumu, tostarp par organisko augsni.

SEG inventarizāciju sagatavo ikgadēji par laiku no 1990. gada līdz x – 2 gadam, kur x gads ir gads, kad SEG inventarizāciju iesniedz EK un Klimata konvencijas sekretariātā. Attiecīgajam periodam sagatavo un iesniedz arī Nacionālo SEG inventarizācijas ziņojumu. Atbilstoši MK regulējumam SEG inventarizācijas jomā SEG emisiju aprēķinus SEG inventarizācijas ZIZIMM sektoram sagatavo LVMI Silava, savukārt lauksaimniecības sektoram LBTU. SEG inventarizācijas sagatavošanas procesā katru gadu veic kvalitātes kontroles un kvalitātes nodrošināšanas procedūras saskaņā ar IPCC metodoloģiju, kas nozīmē to, ka SEG inventarizācijas atbilstību un kvalitāti pārbauda nacionālā līmenī, ES līmenī un starptautiskā līmenī. Latvijā nacionālā līmenī kvalitātes pārbaudes, atbilstoši SEG inventarizācijas sagatavošanu koordinējošās iestādes (KEM) izstrādātai Kvalitātes programmai, sākotnēji veic paši attiecīgā sektora inventarizācijas sagatavotāji, kam seko starpsektoru pārbaudes. ZIZIMM sektora pārbaudi veic LBTU, savukārt lauksaimniecības sektora pārbaudi LVMI Silava. Nacionālās pārbaudes nepieciešamas, lai pēc iespējas kvalitatīvāk sagatavotos ES līmeņa un starptautiskajām pārbaudēm. Starptautiskās SEG inventarizācijas pārbaudes veic ikgadēji un atbilstoši Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferencē pieņemtajām tehniskās pārbaudes vadlīnijām (Conference of the Parties, 2014). Gadījumā, ja pārbaūžu laikā konstatē neatbilstības, valsts saņem konstatēto neatbilstību sarakstu un veic nepieciešamos labojumus SEG inventarizācijā vai arī ietver nepieciešamās darbības SEG inventarizācijas turpmāko uzlabojumu plānā. IPCC vadlīnijas (Eggleston et al., 2006) nosaka to, ka inventarizācijas sagatavotājiem ir jātiecas uz augstāka līmeņa SEG emisiju aprēķinu metožu izmantošanu, kas ietver gan precīzāku darbību datu, gan arī valsts specifisku SEG emisiju faktoru izmantošanu, bet vienlaikus veic detalizētu nacionāli veikto uzlabojumu pārbaudi, lai pēc iespējas novērstu emisiju apjoma nepietiekamas novērtēšanas vai pārvērtēšanas riskus. Īpaša vērība pievērsta nacionāli aprēķinātiem SEG emisiju faktoriem, kas piedāvāti ieviešanai SEG emisiju aprēķinos, aizstājot IPCC noklusētos SEG emisiju faktoros. Nacionālo SEG emisiju faktoru sagatavošanā būtiska uzmanība jāpievērš aprēķinu pamatojumam un reģionālās atbilstības salīdzinājumam (vai aprēķinātais nacionālais faktors ir samērojams ar līdzīgos apstākļos citās valstīs lietotiem nacionālajiem emisiju faktoriem). Nacionālajiem emisiju faktoriem, pirms to ietveršanas SEG inventarizācijā, ir jābūt publicētiem zinātniskajā literatūrā vai tehniskos ziņojumos, atbildīgajam inventarizācijas sagatavotājam ir jāvar tos pamatot un aizstāvēt starptautiskās SEG emisiju inventarizācijas kvalitātes pārbaudes laikā. Gadījumā, ja inventarizācijas sagatavotājam neizdodas pamatot nacionālā emisiju faktora atbilstību nacionālajiem apstākļiem, ir jāveic pārrēķins un jāsauglabā IPCC noklusētais emisiju faktors līdz brīdim, kad ir pieejams atbilstošs pamatojums (Conference of the Parties, 2014).

Lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju aprēķinus sagatavo SEG inventarizācijas lauksaimniecības un ZIZIMM sektorā. Lauksaimniecības sektorā aprēķina un ziņo N₂O emisijas, kas rodas organiskās augsnes apsaimniekošanas rezultātā, mineralizējoties augsnes organiskajam slāpeklim. Aprēķinu veic atbilstoši IPCC 2006. gada vadlīniju formulai 11.1 (*Volume 4, chapter 11*) (Eggleston et al., 2006):

$$N_2O - N_{os} = (F_{os} \times EF) \quad (1.1.)$$

kur:

N₂O - N_{os} – ikgadējās tiešās N₂O-N emisijas no apsaimniekotas organiskās augsnes, kg N₂O-N gadā;

F_{os} – ikgadēji apsaimniekotā organisko augšņu platība aramzemēs un zālajos, ha;

EF – N₂O emisiju faktors meliorētām/apsaimniekotām organiskajām augsnēm, kg N₂O-N ha⁻¹ yr⁻¹.

Organiskās augsnes platība N₂O emisiju aprēķiniem lauksaimniecības sektorā atbilst platībai, kādu izmanto ZIZIMM sektorā.

ZIZIMM sektorā aprēķina un ziņo CO₂ un CH₄ emisijas. CO₂ emisiju rašanās saistīta ar oglekļa zudumu, kas rodas organiskās augsnes apsaimniekošanas rezultātā. IPCC vadlīnijas (Eggleston et al., 2006) uzsver, ka meliorācija stimulē OV oksidāciju, kas pirms meliorācijas aktivitāšu veikšanas ilgā laika posmā veidojusies anaerobos apstākļos. CO₂ aprēķinu veic atbilstoši IPCC 2006. gada vadlīniju formulai 2.26 (Eggleston et al., 2006):

$$L_{Organic} = \sum_c (A \times EF)_c \quad (1.2.)$$

kur:

$L_{Organic}$ – ikgadējais oglekļa zudums no meliorētas organiskās augsnes, tonnas C yr⁻¹;

A – ikgadēji apsaimniekotā organiskās augsnes platība aramzemē un zālājā attiecīgajā klimata zonā c , ha;

EF – emisiju faktors meliorētai, apsaimniekotai organiskajai augsnei attiecīgajā klimata zonā, tonnas C ha⁻¹ yr⁻¹.

Par CH₄ emisijām organiskās augsnes apsaimniekošanā, IPCC 2006. gada vadlīnijas min, ka tās rodas anaerobos apstākļos (Moore & Knowles, 1989). Limitētas skābekļa piekļuves apstākļos aerobo baktēriju un citu sadalošo organismu darbība ir ierobežota, savukārt metanogēnās, sulfarogēnās un citas anaerobās baktērijas ir spējīgas sadalīt vismaz daļu no OV, kā rezultātā rodas CH₄ un citu gāzu emisijas. CH₄ izdaloties augšējos augsnes slāņos, kur ir pieejams skābeklis, citas grupas baktērijas – tā sauktās metanotropās baktērijas, daļēji oksidē metānu par CO₂ gāzi. IPCC 2006. gada vadlīnijas uzsver, ka meliorētas organiskās augsnes gadījumā dabiskās CH₄ emisijas ir samazinātas, jo metanogēnās baktērijas, kas rada šīs emisijas, nespēj dzīvot aerobos apstākļos. Tomēr pilnībā likvidētas CH₄ emisijas meliorācijas rezultātā netiek (Strack et al., 2004). CH₄ emisijas no meliorētas organiskās augsnes rēķina arī no meliorācijas grāvjiem, atbilstoši IPCC 2013. gada mitrāju papildinājuma vadlīnijām (Hiraishi et al., 2014). IPCC vadlīnijas šo aprēķinu veikšanai piedāvā noklusētu emisiju faktoru ($EF_{CH_4_ditch}$), kas iegūts uz zinātniskajā literatūrā aprakstītu mērījumu pamata:

$$CH_{4_organic} = \sum_{c,n,p} (A_{c,n,p} \times \left((1 - Frac_{ditch}) \times EF_{CH_4_{land,c,n}} + Frac_{ditch} \times EF_{CH_4_{ditch,c,p}} \right)) \quad (1.3.)$$

kur:

$CH_{4_organic}$ – ikgadējais CH₄ zudums no meliorētas organiskās augsnes, kg CH₄ yr⁻¹;

$A_{c,n,p}$ – meliorētās organiskās augsnes platība attiecīgajā zemes kategorijā un klimata zonā c , barības vielu daudzumā n un augsnes tipā p , ha;

EF – emisiju faktors meliorētai, apsaimniekotai organiskajai augsnei attiecīgajā klimata zonā, tonnas C ha⁻¹ yr⁻¹;

$EF_{CH_4_land,c,n}$ – tiešo CH₄ emisiju faktors meliorētai organiskajai attiecīgajā klimata zonā c , barības vielu daudzumā n , kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹;

$EF_{CH_4_ditch,c,p}$ – CH₄ emisiju faktors no meliorācijas grāvjiem attiecīgajā klimata zonā c augsnes tipā p , kg CH₄ ha⁻¹ yr⁻¹;

$Frac_{ditch}$ – grāvju platības īpatsvars kopējā meliorētas organiskās augsnes platībā. Par grāvi uzskatīta jebkuru antropogēnas ietekmes radītu kanāla tipa veidojumu organiskajā augsnē. Grāvju platību aprēķina, kā to platuma (no malas līdz malai) un garuma reizinājumu.

Tier 2 pieejas ieviešanas gadījumā, augstāk minētajā formulā ievieto nacionālos rādītājus. CH₄ emisiju faktori no platības var tikt papildināti ar nacionālo informāciju par drenāžas dziļumu, zemes lietošanas apakškategoriām vai veģetācijas tipu (ar to saprotot tādu augu klātbūtni vai neesamību, kas darbojas kā CH₄ pārvietotāji no augsnes uz atmosfēru). Slēgtās

drenāžas sistēmas var radīt papildus CH₄ emisiju apjomu aramzemē un zālājā. Šīs emisijas var tikt ietvertas aprēķinos, ja valstij ir pieejami attiecīgi dati. IPCC vadlīnijas uzsver, ka valstis ir aicinātas veikt nacionālus mērījumus un iegūt atbilstošus emisiju datus, kas būtu izmantojami *Tier 2* līmeņa aprēķinos (nacionāli emisiju faktori). Vienlaikus uzsvērta arī iespēja izmantot reģionālus datus, gadījumos, kad tādi ir pieejami un vides apstākļi ir līdzīgi. IPCC 2013. gada mitrāju papildinājuma vadlīnijas atzīmē to, ka organiskās augsnes meliorācijas rezultātā dabiskā CH₄ emisiju rašanās būtiski samazinās un organiskās augsnes var kļūt par CH₄ emisiju piesaistītājsistēmu, jo metanotropās baktērijas CH₄ izmanto savos dzīvības procesos, to tādējādi oksidējot.

Oglekļa (C) vērtību pārveidei CO₂ izteiksmē IPCC 2006. gada vadlīnijas nosaka 44/12 attiecību (molekulāro svaru), respektīvi, oglekļa vērtība ir reizināma ar 44/12 attiecību, lai iegūtu CO₂ emisiju apjomu. Savukārt N₂O emisijas rēķina, reizinot N₂O-N vērtības ar 44/28 vērtību.

Latvijā līdz 2021. gada Nacionālā SEG inventarizācijas ziņojuma iesnieguma sagatavošanai organiskās augsnes radīto SEG emisiju aprēķināšanai ZIZIMM sektorā lauksaimniecības zemē izmantota *Tier 1* pieeja, kas nozīmē darbību datu (organiskās augsnes platība) reizinājumu ar noklusētajiem IPCC vadlīniju SEG emisiju faktoriem. Organiskās augsnes platības dati lauksaimniecības zemē iegūti, izmantojot lauksaimniecības augsnes vēsturisko kartogrāfisko materiālu (LR Zemkopības ministrija, 2020) un nacionāli veiktu pētījumu rezultātus (Lazdiņš et al., 2016).

2020. gada Nacionālajā SEG inventarizācijas ziņojumā organiskās augsnes SEG emisiju aprēķiniem Latvija izmanto noklusētos IPCC vadlīniju emisiju faktoros (Hiraishi et al., 2014). ZIZIMM sektorā: aramzemei 7,9 t CO₂ (meliorēta aramzeme boreālajā un mērenajā klimata zonā), 6,1 t CO₂-C ha⁻¹ zālājam (dziļi meliorēts zālājs, barības vielām bagāta augsne, mērenā klimata zona), 1165 kg CH₄ ha⁻¹ (dziļi meliorēts zālājs, aramzeme, meliorācijas grāvji). Vaļējo meliorācijas grāvju tīkls pieņemts 5% apmērā no kopējās aramzemes un zālāja platības, 16 kg CH₄ ha⁻¹ (dziļi meliorēts zālājs barības vielām bagātā organiskā augsnē). Arī N₂O lauksaimniecības sektorā rēķina, izmantojot noklusētos IPCC vadlīniju emisiju faktoros (Hiraishi et al., 2014): 13 kg N₂O -N ha⁻¹ aramzemei (meliorēta organiskā augsne boreālajā un mērenajā klimata zonā) un 8,2 kg N₂O-N ha⁻¹ zālājam (dziļi meliorēta barības vielām bagāta organiskā augsne mērenajā klimata zonā). Dziļi meliorētas augsnes emisiju faktori izvēlēti, jo trūkst nacionālas informācijas par vidējām gruntsūdens līmeņa svārstībām un zemes izmantošanas intensitāti, kas būtu nepieciešama, lai atbilstoši IPCC vadlīnijām pamatotu sekli meliorētas augsnes emisiju faktoru izvēli (Hiraishi et al., 2014). IPCC 2006. gada vadlīnijas nosaka to, ka mērenās zonas valstis, kurām nav pieejama korekta informācija par barības vielām bagātas un nabadzīgas organiskās augsnes sadalījumu, ir aicinātas izmantot barības vielām bagātas organiskās augsnes SEG emisiju aprēķinu faktoros (Eggleston et al., 2006).

Latvijas 2021. gada Nacionālajā SEG inventarizācijas iesniegumā lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju aprēķiniem ZIZIMM un lauksaimniecības sektorā izmantoti nacionāli SEG emisiju faktori (Licite, Lupikis, A., 2020). Tā kā šie nacionālie organiskās augsnes emisiju faktori aprēķināti kā vidējās vērtības, neņemot vērā vides faktoru dinamiku, turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams integrēt vides faktoros. IPCC noklusēto un nacionālo SEG emisiju faktoru apkopojums lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju aprēķināšanai dots 1.2.tabulā.

**IPCC vadlīniju un nacionālie SEG emisiju faktori lauksaimniecības organiskās augsnes
SEG emisiju aprēķināšanai Latvijā 2020. gada un 2021. gada Nacionālajos SEG
inventarizācijas ziņojumos/ IPCC guidelines and national GHG emission factors for
calculating GHG emissions of agricultural organic soil in Latvia in the 2020 and 2021
National GHG emission inventory reports**

Zemes kategorija	IPCC vadlīniju noklusētie SEG emisiju faktori			Nacionālie SEG emisiju faktori		
	t CO ₂ -C ha ⁻¹ yr ⁻¹	kg CH ₄ ha ⁻¹ yr ⁻¹	kg N ₂ O-N ha ⁻¹	t CO ₂ -C ha ⁻¹ yr ⁻¹	kg CH ₄ ha ⁻¹ yr ⁻¹	kg N ₂ O-N ha ⁻¹
Aramzeme	-7,9	0 ±2,8 (platība) 1165 (meliorācij as grāvji)	13	4,8	-0,59 (platība)	7,1
Zālājs	-6,1	16	8,2	4,4	57,8 (platība)	0,3

Avots: autores veidots pēc (LEGMC, 2020, 2021a)

SEG emisiju faktoru lietojums lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju aprēķinos Baltijas valstīs 2020. gada Nacionālajos SEG inventarizācijas iesniegumos ir atšķirīgs, lai gan visas trīs valstis aprēķinus veic atbilstoši IPCC vadlīnijām (Eggleston et al., 2006; Hiraishi et al., 2014). CO₂ aprēķiniem Igaunija lieto *Tier 1* un *Tier 2* pieeju, Latvija un Lietuva *Tier 1* līmeņa emisiju faktoros (noklusētos). CH₄ emisiju aprēķinu gadījumā Igaunija lieto *Tier 2* līmeņa (nacionālos) faktoros, bet Latvija un Lietuva *Tier 1* līmeņa (noklusētos) faktoros, bet N₂O emisiju gadījumā Igaunija lieto nacionālos emisiju faktoros zālājam un noklusētos faktoros aramzemei, savukārt Latvija un Lietuva gan aramzemei, gan zālājam lieto *Tier 1* pieeju jeb noklusētos IPCC vadlīniju emisiju faktoros (Jauhiainen, Kazanaviciute, et al., 2019). Organiskās augsnes SEG emisiju aprēķinu sagatavošanā biežāk sastopamās problēmas, ko var attiecināt arī uz lauksaimniecības augsni, ir atbilstošu datu nepietiekamība, galvenokārt saistībā ar vides mērījumiem, kas ļautu sagatavot vides ietekmes dinamiski ietverošus nacionālos emisiju faktoros (pretstatā vidējām vērtībām), kā arī sekli un dziļi meliorētas augsnes datu trūkums (Jauhiainen, Alm, et al., 2019).

SEG emisiju prognožu aprēķiniem izmantotā metodoloģiskā pieeja neatšķiras no tās, kas lietota ikgadējo SEG inventarizācijas ziņojumu sagatavošanā (LEGMC, 2021b), tomēr SEG emisiju prognožu sagatavošanas būtiska sastāvdaļa ir ne tikai SEG emisiju aprēķini, bet arī metodes, kas izmantotas ieviešanā esošo un politikas plānošanas dokumentos paredzēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietekmes novērtēšanai un pasākumu savstarpējai salīdzināšanai, lai sagatavotu politikas plānošanai nepieciešamos scenārijus. ES valstīs SEG emisiju prognožu scenāriju sagatavošanā trūkst kvantitatīvu datu un pieejas, joprojām dominē kvalitatīvi dati un apraksts, kas palīdz saprast klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietekmi, bet nedod iespēju analizēt pilnu rādītāju spektru, identificēt sagaidāmos izaicinājumus un iespējas, kas ir nepieciešami zinātniski pamatotu politisko lēmumu pieņemšanai (Dauwe et al., 2019; European Environment Agency, 2018). Rādītāji (piemēram, vides, agrotehniskie, sociāli ekonomiskie), kurus ņem vērā scenāriju sagatavošanas procesā var būtiski atšķirties pēc to tvēruma un detalizācijas. ES valstīs novērojams nepilnīgs rādītāju aptvērums un kvantificēta to novērtējuma trūkums (European Environment Agency, 2018). Latvijas normatīvie un politikas dokumenti neparedz un nepieprasa lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu izmantošanu SEG emisiju prognožu scenāriju sagatavošanai, attiecīgi, šādas metodes netiek izmantotas,

likuma “Par piesārņojumu” deleģētā kārtībā ikgadēji sagatavojot informatīvo ziņojumu par SEG emisiju samazināšanas un oglekļa dioksīda piesaistes saistību izpildi, ko kā nepilnību norāda nacionāli veikti pētījumi (Gancone, 2022), uzsverot, ka lēmumu pieņemšanas atbalsta metodes noteikti būtu izmantojamas gadījumos, kad informatīvajā ziņojumā konstatē, ka nav sasniegti valsts klimata pārmaiņu samazināšanas mērķi. Autoresprāt, lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu izmantošana klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu novērtēšanai un SEG emisiju prognožu scenāriju sagatavošanai un analīzei varētu būt lietderīga ne tikai gadījumos, kad jau konstatēta klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu neizpilde, bet arī regulārajā lauksaimniecības un ZIZIMM sektoru SEG emisiju prognožu scenāriju sagatavošanas procesā.

1.3. Lauksaimniecības organiskā augsne klimata un lauksaimniecības politikā/*Agricultural Organic Soil within the Context of Climate and Agricultural Policies*

Augsne, tostarp organiskā augsne, ir viens no centrālajiem globālās klimata politikas darba kārtības jautājumiem. Kopš 2015. gada uzsāktas trīs globālas augsta līmeņa klimata politikas iniciatīvas: 1) 2015. gadā ANO Klimata konvencijas dalībpušu 21. konferences (COP21) laikā Parīzē tika uzsākta “4p1000” iniciatīva, kuras nosaukums ietver tās galveno ideju, respektīvi, to, ka salīdzinoši mazs globālā augsnes organiskā oglekļa palielinājums (4 %) augsnes virskārtā (0,3 – 0,4 m) nodrošinātu piesaistītā CO₂ apjomu, kas līdzvērtīgs ES fosilā kurināmā emisijām (3-4 Gt CO₂ ekv.) (Chabbi et al., 2017), vienlaikus palielinot lauksaimniecības kultūraugu ražu par aptuveni 1,3% (Soussana et al., 2019). “4p1000” iniciatīvas mērķa sasniegšanu vērtē kā tehniski iespējamu, bet ir nepieciešama ciešāka zinātnes un politikas veidotāju sadarbība (Soussana et al., 2019); 2) 2017. gadā UNFCC dalībpušu konferences laikā Bonnā tika izveidota lauksaimniecības darba programma (jeb tā sauktā Koronīvijas darba programma), ar mērķi cita starpā strādāt pie augsnes oglekļa jautājumiem; 3) 2019. gadā Apvienoto Nāciju FAO Globālās augsnes sadarbības programmas (*Global Soil Partnership*) ietvarā uzsāka iniciatīvu oglekļa atgriešanai augsnē (RECSOIL) (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019). Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas radītās SEG emisijas, kā steidzami risināms jautājums parādās arī Apvienoto Nāciju izglītības, zinātnes un kultūras organizācijas (UNESCO) Konvencijas par starptautiskās nozīmes mitrājiem, īpaši kā par ūdensputnu dzīves vidi (Ramsāres konvencijas) (UNESCO, 1994) rezolūcijās (Ramsar, 2018).

Klimata un lauksaimniecības politikas attīstība vēsturiski veidojusies ilgstoši un sarežģītā mijiedarbībā, gan tuvinoties, gan attālinoties, atbilstoši konkrētā perioda aktuālajām politiskajām tendencēm. Tomēr kopš 21. gadsimta sākuma notikusi nepārprotama tuvināšanās un starptautiski (UNFCCC, 2015), kā arī ES un nacionālajā (dalībvalstu) līmenī tiek aktīvi veicināta klimata politikas integrācija visās nozaru politikās (European Parliament, 2021). Lauksaimniecības politika nebūt nav izņēmums, drīzāk pretēji – lauksaimniecības jomā klimata politikas integrāciju īpaši sekmē, jo nozare saņem publisku ES Kopējās lauksaimniecības politikas (KLP) atbalsta finansējumu, kas nodrošina politikas instrumentu esamību un iespējas publisko interešu, tostarp vides un klimata jautājumos, realizācijai lauksaimnieciskās ražošanas procesā. Klimata politikas pirmsākumi saistāmi ar ANO 1992. gada 9. maija Klimata konvenciju (United Nations, 1992). Klimata politikas regulējums ir komplekss starptautisko, ES līmeņa un nacionālo politisko lēmumu kopums, kas nosaka attiecīgā regulējuma līmeņa un kopējos politikas mērķus, tostarp nozaru jeb sektoru līmenī, kā arī konkrētas prasības un noteikumus SEG emisiju un CO₂ piesaistes ziņošanai un uzskaitēi, šos datus tālāk izmantojot izvirzīto klimata politikas mērķu sasniegšanas iespēju un virzības novērtēšanai. Promocijas darbā autore par starptautisku klimata politikas līmeni uzskata ANO dalībvalstu līmeni.

Starptautiskā līmenī klimata politikas mērķi bāzēti Klimata konvencijas nostādnēs un izrietošajos starptautiskās vienošanās dokumentos (Klimata konvencijas Kioto protokols un Parīzes nolīgums), kas nosaka veidu, kādā valstis vienojušās virzīties uz mērķu sasniegšanu.

Ņemot vērā klimata pārmaiņu globālo raksturu, ir nepieciešami globāli īstenojami risinājumi. Klimata konvencija ir pirmais starptautiskās klimata politikas dokuments ar saviem ietvara un ieviešanas mehānismiem. Konvencijas mērķis ir samazināt SEG koncentrāciju atmosfērā līdz tādām līmenim, kas novērš bīstamu antropogēnu iekļaušanos klimata procesos (United Nations, 1992). Definējot klimata pārmaiņu fenomenu, Klimata konvencija to saista ar tiešām vai netiešām cilvēka darbības ietekmēm, kā rezultātā tiek izmainīts atmosfēras sastāvs un tas notiek paralēli dabiskām klimata pārmaiņām, kas novērotas salīdzināmos laika periodos. Klimata konvencija uzsvēr tieši antropogēno klimata pārmaiņu ietekmes faktoru, ko dažādos veidos ziņo, uzskaita un ietekmē caur visu izrietošo regulējumu.

Lai izprastu lauksaimniecības augsnes vietu un nozīmi klimata politikā, autore analizē klimata politikas mērķus un to attīstību starptautiskā, ES un nacionālā līmenī. Klimata konvencijas īstenošanai 1997. gadā pieņemts Kioto protokols (UNFCCC, 1997), ar kuru pasaules attīstītajām valstīm jeb valstīm, kuras uzskaitītas Klimata konvencijas 1. un 2. pielikumā divos periodos (no 2008. – 2012. gadam un no 2013. – 2020. gadam) noteikti SEG emisiju samazināšanas mērķi. Valstu sekmes klimata mērķu sasniegšanā bijušas dažādas. Latvija tai noteikto mērķi pirmajā Kioto protokola periodā samazināt kopējās valsts SEG emisijas par 8%, salīdzinot ar situāciju 1990. gadā, ir izpildījusi – 2012. gadā SEG emisijas ir par vairāk nekā 50% mazākas, salīdzinot ar emisijām 1990. gadā (LEGMC, 2020). Kioto protokola otrā perioda sekmes mērķu sasniegšanā tiks vērtētas, veicot valstu 2022. gada Nacionālo SEG inventarizācijas ziņojumu analīzi. SEG inventarizācijas lauksaimniecības sektora SEG emisijas ir ietvertas klimata mērķos pilnībā pretstatā ZIZIMM sektora emisijām, kuru ietvērums dažādos politikas plānošanas periodos atšķiras sektora apakškategoriju līmenī.

Kā minēts 1.2. apakšnodaļā, organiskās augsnes emisijas ziņo divos (lauksaimniecības un ZIZIMM) sektoros. ZIZIMM sektors atšķiras ar to, ka ziņo un uzskaitīta ne tikai emisijas, bet arī CO₂ piesaisti, kas gan tieši nav saistāma ar organisko augsni. Klimata konvencijas līmenī SEG inventarizācijas ziņojumos katru gadu ziņo visu ZIZIMM sektora zemes kategoriju SEG emisijas un CO₂ piesaisti, savukārt Kioto protokola līmenī ir atšķirīga pieeja – SEG emisijas un CO₂ piesaistes uzskaitē attiecībā pret noteikto klimata mērķu izpildi ietver noteiktas, obligāti uzskaitāmās zemes kategorijas un darbības, pārējo kategoriju un darbību ietveršanu uzskaitē atstājot brīvprātīgu. Abos Kioto protokola periodos obligātajā uzskaitē ir ietverta meža apsaimniekošana, apmežošana un atmežošana, bet pārējās ZIZIMM sektora darbības ietveramas pēc brīvprātības principiem. Latvija Kioto protokola darbības periodos nav izvēlējusies līdztekus obligātajām darbībām ietvert arī brīvprātīgās.

Klimata pārmaiņu politikas tiesiskais regulējums starptautiskā līmenī pēc 2020. gada veidots, ņemot vērā Klimata konvencijas Parīzes nolīgumu, kas ANO valstu balsojumā apstiprināts 2015. gada 12. decembrī. Parīzes nolīgums aizstāj Kioto protokolu pēc tā darbības beigām un kā galveno virsuzdevumu nosaka noturēt globālo vidējās temperatūras pieaugumu būtiski zem 2 °C robežas salīdzinot ar pirms industriālo līmeni, vienlaicīgi tiecoties ierobežot temperatūras pieaugumu 1,5 °C robežās (UNFCCC, 2015). Zemes apsaimniekošanai Parīzes nolīgums izvirza specifisku apakšmērķi kopējā, iepriekš definētā, virsuzdevuma sasniegšanai, nosakot kopēju apņemšanos 21. gadsimta otrajā pusē sasniegt līdzsvaru starp antropogēnajām SEG emisijām un CO₂ piesaisti, kas pēc būtības nozīmē to, ka visas antropogēnās emisijas jānosedz ar CO₂ piesaisti, kas faktiski 100% rodas ZIZIMM sektorā (UNFCCC, 2015). Papildus SEG emisiju samazināšanas mērķiem Parīzes nolīgums nosaka arī klimata pārmaiņu pielāgošanās mērķus un investīciju novirzi oglekļa mazietilpīgā attīstībā pēc 2020. gada. Ja Kioto protokols noteica saistošus klimata mērķus tikai attīstības valstīm, tad Parīzes nolīgums nosaka visu valstu klimata mērķu saistības atbilstoši ieguldījumu līmenim, kuru valstis definējušas savos nacionālā ieguldījuma ziņojumos. ES dalībvalstu kopējais starptautiskais klimata pārmaiņu samazināšanas mērķis Parīzes nolīgumā līdz 2030. gadam ir samazināt SEG emisijas par vismaz 40%, salīdzinot ar 1990. gadu, savukārt 2050. gadam noteikts 80–95% samazinājums, salīdzinot ar 1990. gadu. Līdz ar ES virzību uz klimatneitralitātes sasniegšanu, šie centieni atspoguļojas arī ES atjaunotajā informācijā klimata pārmaiņu samazināšanas

ieguldījumu ziņojumā. Starptautisko mērķu pārskatīšana Parīzes nolīgumā plānota ar piecu gadu intervālu un ir noteikts, ka mērķi nedrīkst tikt samazināti. Jebkurā gadījumā, organiskās augsnes radītās SEG emisijas ir ietvertas kopējā virzībā uz noteikto mērķu sasniegšanu, atšķiras vienīgi to nacionālā nozīmīguma lielums – atbilstoši aizņemtajai platībai. Virzībai uz starptautiskā līmenī noteikto mērķu sasniegšanu, ES veido Savienības iekšēju klimata politikas regulējumu.

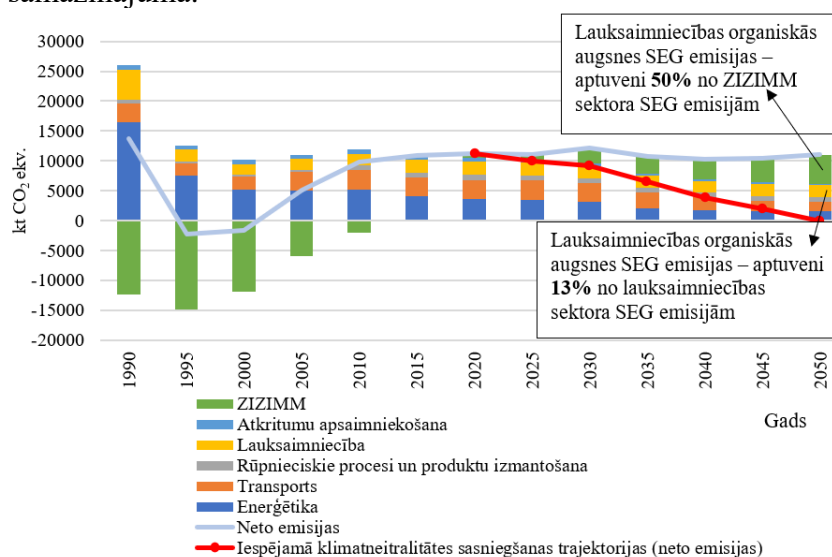
2008. gada (saistībā ar Kioto protokola pirmo periodu) ES pieņēma Klimata un enerģētikas politikas 2020 dokumentu kopumu, kas noteica 20% kopējo emisiju samazinājuma mērķi pret 1990. gadu un akcentēja atjaunojamo energoresursu un energoefektivitātes jautājumus. 2012. gadā ES publiskoja Ceļvedi virzībai uz konkurētspējīgu ekonomiku ar zemu CO₂ emisiju līmeni 2050. gadā (European Parliament, 2012). Šis dokuments pirmo reizi iezīmē virzību uz oglekļa mazietilpīgas attīstības veidošanu, uzsver -20% SEG emisiju samazinājuma mērķa nepietiekamību un iezīmē -80% SEG emisiju samazinājuma mērķi 2050. gadā attiecībā pret 1990. gada SEG emisiju līmeni. 2014. gadā sagatavots ES Klimata un enerģētikas politikas ietvars 2030. gadam, jeb dokumentu kopa, kurā noteikts SEG emisiju samazinājuma mērķis – 40% samazinājums 2030. gadā attiecībā pret 1990. gadu, kas veidojas kā 43% samazinājums ES emisiju tirdzniecības sektorā (ETS) un -30% samazinājums ne-ETS sektorā, kurā citu nerūpniecisko sektoru starpā ietverts arī lauksaimniecības sektors un līdz ar to arī organiskās augsnes SEG emisijas tajā. Ne-ETS sektoram dalībvalstu līmenī noteikti individuāli samazinājuma mērķi, kas Latvijas gadījumā ir -6% SEG emisiju samazinājums zem 2005. gada līmeņa (European Parliament, 2018a). Šajā posmā ES kopējos klimata mērķos un individuāli dalībvalstu līmenī parādās arī ZIZIMM sektors, kas Kioto protokola abos periodos ES mērķos nebija ietverts, respektīvi, valstīm bija tikai individuālas saistības starptautiskā līmenī.

2018. gadā ES publisko stratēģisko redzējumu “Tīru planētu visiem!” (European Commission, 2018a), kas atspoguļo Eiropas Komisijas redzējumu Eiropas klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam. Stratēģiskais redzējums iezīmē dažādus scenārijus virzībā uz klimatneitralitāti iezīmējot 80–100% neto SEG emisiju samazinājumu. Tādējādi 2018. gada stratēģiskais redzējums veidots tiešā sasaistē ar Parīzes nolīgumā ietverto antropogēno SEG emisiju un CO₂ piesaistes līdzsvara mērķi. Izmantojot “Tīru planētu visiem!” stratēģiskā redzējuma nostādnes, ES 2019. gadā turpina strādāt pie klimata politikas mērķu pārskatīšanas un nāk klajā ar Zaļā kursa komunikācijas dokumentu (European Commission, 2019), kas kā galveno virsmērķi nosaka virzību uz klimatneitralitāti, paredzot, ka Eiropa kļūs par pirmo klimatneitrālo pasaules daļu. 2019. gadā atjauninātais SEG emisiju samazināšanas mērķis paredz to, ka vēlākais 2050. gadā visām ES radītajām SEG emisijām jātiek kompensētām ar CO₂ piesaisti, turklāt tas ir jāpanāk Eiropas līmenī, neizmantojot ārējos tirgus. Zaļā kursa komunikācijā uzsvērta ekonomikas izaugsmes atsaiste no resursu izmantošanas kāpuma. 2021. gadā ES Zaļā kursa komunikācijas dokumentā paustās apņemšanās nostiprina ar tā sauktā ES Klimata likuma (*EU Climate law*) palīdzību (European Parliament, 2021), kas cita starpā nosaka 55% SEG emisiju samazinājuma mērķi līdz 2030. gadam attiecībā pret 1990. gada emisijām un ES klimatneitralitātes sasniegšanas mērķi līdz 2050. gadam. Lauksaimniecības nozares SEG emisijas saistāmas ar bioloģiskiem procesiem, tostarp organiskās augsnes apsaimniekošanā, līdz ar to, pārzinot pieejamās un attīstībā esošās tehnoloģijas, no tām pilnībā nav iespējams izvairīties, kas ir ņemts vērā nosakot ES 2050. gada klimatneitralitātes mērķi (European Union, 2020). Lai praktiski ieviestu ES Klimata likuma normas, 2021. gada 14. jūlijā EK publisko “Gatavi mērķradītājam 55” (*Fit for 55*) komunikācijas dokumentu, kas paredz ES normatīvo aktu pārskatīšanu, lai tie atbilstu ES Klimata likumā noteikto mērķu sasniegšanai. Cita starpā pārskata arī ES ne-ETS un ZIZIMM sektoru regulējumu. Ne-ETS sektorā (ietilpst lauksaimniecība) Latvijai noteiktais SEG emisiju samazinājuma mērķis palielināts no -6% SEG emisiju samazinājuma pret 2005. gada līmeni līdz -17% samazinājumam (European Parliament, 2023c), savukārt ZIZIMM sektorā Latvijai noteikts mērķis 2030. gadā nodrošināt -644 kt CO₂ ekv. piesaisti (European Parliament, 2023b), ko Latvijas KEM 2023. gadā sagatavotā informatīvā ziņojumā “Par siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas un oglekļa dioksīda

piesaistes saistību izpildi” kopā ar -17% ne-ETS sektora mērķi vērtē kā neizpildāmu un paredz nepieciešamību īstenot papildus politikas un pasākumus (LR Klimata un enerģētikas ministrija, 2023).

Galvenie nacionāla līmeņa dokumenti Latvijas klimata politikas saistību un to izpildes plānošanai ir: 1) 2020. gadā Ministru kabinetā apstiprinātā Latvijas Stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam, kuras virsmērķis ir Latvijas klimatneitralitātes sasniegšana 2050. gadā, kompensējot nesamazināmās antropogēnās SEG emisijas ar CO₂ piesaisti ZIZIMM sektorā; 2) 2020. gadā izstrādātais un 2023. gadā atjaunināmais Latvijas Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021. – 2030. gadam, kas integrēti atspoguļo Latvijas klimata un enerģētikas politikas saistības un to izpildei plānotos pasākumus; 3) 2019. gadā Ministru kabinetā apstiprinātais Latvijas Pielāgošanās klimata pārmaiņām plāns līdz 2030. gadam un tajā iekļautie pasākumi.

Latvijas Stratēģijas klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam mērķis – sasniegt klimatneitralitāti, kompensējot nesamazināmās antropogēnās SEG emisijas ar CO₂ piesaisti ZIZIMM sektorā – ir tiešā veidā saistīts ar lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu, jo Latvijā faktiski 100% aramzemes un zālāja apsaimniekošanā radīto SEG emisiju ZIZIMM sektorā rodas saistībā ar organiskās augsnes klātesamību, savukārt ZIZIMM sektora neto SEG emisiju bilance veidojas SEG emisiju un CO₂ piesaistes summā (sektorā veidojas un tiek ziņotas gan SEG emisijas, gan CO₂ piesaiste, kas savstarpēji “dzēšas”), kas nozīmē to, ka katra SEG emisiju tonna ZIZIMM sektorā ir “jādzēš” ar CO₂ piesaistes tonnu, lai tiktu nodrošināta neto CO₂ piesaiste nesamazināmo antropogēno SEG emisiju kompensēšanai citos sektoros. Kā detalizēti analizēts 1.2. apakšnodaļā, lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošana rada SEG emisijas arī lauksaimniecības sektorā. 1.3. attēlā atspoguļota Latvijas klimatneitralitātes sasniegšanas mērķa trajektorija (Latvijas Stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam) un lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju proporcija ZIZIMM un lauksaimniecības sektoru prognozētajās SEG emisijās 2050. gadā – attiecīgi 50% un 13%, kas, uzskatāmi liecina par to, ka Latvijas klimatneitralitātes mērķa sasniegšana visticamāk nav iespējama bez būtiska lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju samazinājuma.



Avots: autores konstrukcija, izmantojot Latvijas Stratēģijas klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam 5.attēlu “Latvijas kopējais SEG emisiju apjoms (līdz 2017. gadam) un prognoze (2018. – 2050. gadam) scenārijā “ar esošajiem pasākumiem” (1990 – 2050. gads)” un Latvijas 2023. gadā sagatavoto SEG emisiju prognožu ar papildus pasākumiem (WAM) scenāriju ZIZIMM sektoram (Ministry of Climate and Energy of Latvia, 2023)

1.3.att./Fig. 1.3. Latvijas klimatneitralitātes mērķa sasniegšanas trajektorija un prognozētās lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisijas 2050. gadā / The target trajectory of Latvia's climate neutrality goal and the projected agricultural organic soil GHG emissions in 2050

Lai izpētītu to, kad lauksaimniecības organiskās augsnes jautājums parādījies un kā tas atspoguļojas starptautiskajā, ES un nacionālajā politikas dokumentu hierarhijā klimata un lauksaimniecības politikā, autore veic detalizētu politikas un normatīvo dokumentu analīzi izpētes periodā 1992. – 2022. gada 30. jūnijs. Analizētie dokumenti atspoguļoti 1.3.tabulā.

1.3.tabula/Table 1.3

Promocijas darbā analizētie starptautiskā, ES un nacionālā līmeņa politikas un normatīvie dokumenti uz 30.06.2022. / International, EU and national policy documents analysed in the study as of 30.06.2022.

	Politikas un normatīvie dokumenti
Starptautiskā līmenī	ANO Vispārējā konvencija par klimata pārmaiņām
	ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām Kioto protokols
	IPCC 2013. gada papildinājums 2006. gada IPCC vadlīnijām Nacionālo siltumnīcefekta gāzu inventarizāciju sagatavošanai: Mitrāji
	ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām Parīzes nolīgums
	IPCC Speciālais ziņojums par klimata pārmaiņām un zemi
	UNESCO Konvencija par starptautiskās nozīmes mitrājiem, īpaši kā par ūdensputnu dzīves vidi
	ES līmenī
ES ceļa karte oglekļa mazieltīpīgai attīstībai 2050	
ES Klimata un enerģētikas politikas 2030 satvars	
ES ilgtermiņa stratēģiskais redzējums “Tīru planētu visiem!”	
EK paziņojums “Eiropas zaļais kurss”	
ES stratēģija “No lauka līdz galdam”	
ES Augsnes stratēģija 2030	
ES Bioloģiskās daudzveidības stratēģija 2030	
EK paziņojums “Ilgspējīgi oglekļa aprites cikli”	
ES ZIZIMM sektora normatīvā regulējuma (Regula (EU) 2018/841) grozījumu projekts	
ES Kopējās lauksaimniecības politikas 2014–2020 satvars	
ES stratēģija “Ilgspējīga bioekonomika Eiropai”	
ES Kopējās lauksaimniecības politikas 2021–2027 satvars	
Latvijas līmenī	
	Latvijas Kopējās lauksaimniecības politikas Stratēģiskais plāns (versija uz 30.06.2022.)
	Latvijas Zemes politikas vadlīnijas 2008–2014
	Latvijas Ilgtspējīgas attīstības stratēģija 2030
	Latvijas Nacionālās attīstības plāns 2014–2020
	Latvijas Vides politikas vadlīnijas 2014–2020
	Latvijas Klimata pārmaiņu pielāgošanās plāns 2030
	Latvijas Stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam
	Latvijas Zemes apsaimniekošanas politika (versija uz 30.06.2022.)
	Latvijas Nacionālās attīstības plāns 2021–2027
	Latvijas Nacionālais Enerģētikas un klimata plāns 2030
	Latvijas Vides politikas pamatnostādnes 2021. – 2027. gadam
	Likums par piesārņojumu
	Lauksaimniecības un lauku attīstības likums
Zemes pārvaldības likums	

Avots: autores veidots apkopojums

Starptautiskā līmeņa dokumentu analīzes rezultāti (1.4.tabula) liecina, ka organiskās augsnes temats aktualizējies pakāpeniski – sākot no 2013. gada, kad IPCC vadlīnijās pirmo reizi iekļauti SEG emisiju faktori emisiju aprēķināšanai no organiskās augsnes (Hiraishi et al., 2014). Savukārt, 2019. gadā IPCC uzsver šīs augsnes grupas nozīmi klimata politikas mērķu sasniegšanā (Shukla et al., 2019), tādējādi starptautiski iezīmējot lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas politikas attīstības virzienu.

1.4.tabula/Table 1.4

Starptautiskā līmeņa dokumentu analīzes rezultāti uz 30.06.2022. / Results of the analysis of international documents as of 30.06.2022.

Dokumenta nosaukums	Lauksaimniecības organiskā augsne politikas dokumentos	Datējums
ANO Vispārējā konvencija par klimata pārmaiņām	Vispārējs mērķis samazināt SEG emisiju koncentrāciju atmosfērā līdz tādām līmenim, kas novērš bīstamu cilvēka izraisītu iejaukšanos klimata procesos. Organiskā augsne nav pieminēta.	1992
UNESCO Konvencija par starptautiskās nozīmes mitrājiem, īpaši kā par ūdensputnu dzīves vidi	Uzsvērta mitrāju aizsardzības nozīme un mērķi, bet lauksaimniecības organiskās augsnes problemātika nav ietverta.	1994 (precizētā redakcija)
ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām Kioto protokols	Starptautiski SEG emisiju samazināšanas mērķi 2008. – 2012. gadam un 2013. – 2020. gadam. Organiskā augsne nav pieminēta.	1997
IPCC 2013 papildinājums 2006. gada IPCC vadlīnijām Nacionālo siltumnīcefekta gāzu inventarizāciju sagatavošanai: Mitrāji	SEG emisiju aprēķinu metodika papildināta ar jauniem “noklusētiem” SEG emisiju faktoriem – organiskās augsnes emisiju aprēķināšanai.	2013
ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām Parīzes nolīgums	Mērķis 21. gadsimta otrajā pusē panākt līdzsvaru starp antropogēnajām emisijām no SEG emisiju avotiem un siltumnīcefekta gāzu piesaisti. Saistībā ar CO ₂ piesaisti uzsvars uz ZIZIMM sektoru, tostarp organisko augsni meža un lauksaimniecības zemē.	2015
UNESCO Konvencijas par starptautiskās nozīmes mitrājiem, īpaši kā par ūdensputnu dzīves vidi rezolūcija XIII.13	Aicinājums konvencijas Pusēm stimulēt virzību no meliorētas organiskās augsnes apsaimniekošanas lauksaimniecībā un mežsaimniecībā uz gruntsūdens līmeņa pacelšanu (rewetting) un paludikultūru audzēšanu gadījumos, kad paludikultūru audzēšana atzīta par piemērotāko praksi.	2018
IPCC Speciālais ziņojums par klimata pārmaiņām un zemi	Organiskā augsne pieminēta, liekot uzsvāru uz kūdras jeb organiskās augsnes degradāciju, tostarp saistībā ar izmantošanu lauksaimnieciskai ražošanai.	2019

Avots: autores veidots apkopojums

No ES līmeņa dokumentu analīzes rezultātu apkopojuma (1.5.tabula) secināms, ka ES līmenī lauksaimniecības organiskās augsnes jautājumu aktualizē 2014. gadā (līdz ar ZIZIMM sektora ietveršanu ES klimata mērķos un konkrētu, dalībvalstīm individuāli saistošu SEG emisiju samazināšanas mērķu izvirzīšanu), kas ir gadu pēc tam, kad organiskās augsnes SEG emisiju “noklusētie” faktori pirmo reizi parādās starptautiskajās SEG emisiju aprēķinu vadlīnijās. Tādējādi var secināt, ka politiskās izmaiņas ES līmenī ierosina starptautiski procesi. No 2014.gada lauksaimniecības organiskā augsne īpaši izcelta visos ES līmeņa dokumentos.

1.5.tabula/Table 1.5

ES līmeņa dokumentu analīzes rezultāti uz 30.06.2022. / Results of the analysis of EU documents as of 30.06.2022.

Dokumenta nosaukums	Lauksaimniecības organiskā augsne politikas dokumentos	Datējums
ES Klimata un enerģētikas politikas 2020 satvars	20% SEG emisiju samazināšanas mērķis salīdzinājumā ar 1990. gadu, uzsvars uz atjaunojamiem energoresursiem un energoefektivitāti. Organiskā augsne nav pieminēta.	2008
ES ceļa karte oglekļa mazietilpīgai attīstībai 2050	Pirmo reizi ES dokumentos pieminēts -80% SEG emisiju samazinājuma mērķis attiecībā pret 1990. gadu līdz 2050. gadam. Organiskā augsne nav pieminēta.	2011
ES Kopējās lauksaimniecības politikas 2014–2020 satvars	ES KLP plānošanā pirmo reizi parādās klimata pārmaiņu jautājumi. Tiešie maksājumi ietver "zaļināšanas" komponenti (27% no atbalsta), cita starpā – klimata mērķu sasniegšanai. Organiskā augsne nav pieminēta.	2013
ES Klimata un enerģētikas politikas 2030 satvars	Noteikts vismaz -40% SEG emisiju samazinājuma mērķis salīdzinājumā ar 1990. gadu un atsevišķi SEG emisiju samazinājuma mērķi ES dalībvalstu nozarēm, kuras neietilpst ETS – tai skaitā lauksaimniecībai. ZIZIMM sektors ietverts ES klimata mērķos (tostarp organiskā augsne).	2014
ES stratēģija “Ilgspējīga bioekonomika Eiropai”	Pirmo reizi ES līmeņa dokumentos parādās oglekļa saistīgās lauksaimniecības (<i>carbon farming</i>) jēdziens, kas attiecas arī uz organisko augsni.	2018
ES ilgtermiņa stratēģiskais redzējums “Tīru planētu visiem!”	ES klimata neitralitātes vīzija 2050. gadam, 80 – 100% SEG emisiju samazinājums attiecībā pret 1990. gadu līdz 2050. gadam, ZIZIMM sektors un organiskā augsne īpaši izcelti saistībā ar 100% emisiju samazinājuma scenāriju.	2018
EK paziņojums “Eiropas zaļais kurss”	Formulēts ES klimatneitralitātes mērķis – visām SEG emisijām ES iekšzemē jātiek kompensētām ar CO ₂ piesaisti ne vēlāk kā līdz 2050. gadam. ZIZIMM sektors kļūst īpaši nozīmīgs kā dabisks CO ₂ piesaistes avots. Lauksaimniecības organiskā jeb kūdras augsne īpaši izcelta, kā viens no nozīmīgiem SEG emisiju avotiem.	2019
ES stratēģija “No lauka līdz galdam”	Organiskā augsne minēta, tomēr uzsvars likts uz jaunām eko – shēmām, tostarp saistībā ar oglekļa saistīgo lauksaimniecību (<i>carbon farming</i>), kur viena no ieteiktajām praksēm ir organiskās jeb kūdras augsnes apsaimniekošanas veida maiņa un oglekļa piesaiste augsnē.	2020

1.5.tabulas turpinājums/*continuation of Table 1.5*

Dokumenta nosaukums	Lauksaimniecības organiskā augsne politikas dokumentos	Datējums
ES Bioloģiskās daudzveidības stratēģija 2030	Organiskā augsne stratēģijā nav pieminēta, bet ir norādes par nepieciešamību izstrādāt dabas atjaunošanas plānu, lai cita starpā aizsargātu augsni pret oglekļa zudumiem.	2020
ES Augsnes stratēģija 2030	Uzsvērts lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas radītais SEG emisiju apjoms un apsaimniekošanas veida maiņas nozīme klimata pārmaiņu samazināšanā.	2021
EK paziņojums “Ilgspējīgi oglekļa aprites cikli”	Kūdras jeb organiskā augsne minēta – kā viens no ES oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas īstenošanas stūrakmeņiem.	2021
ES Kopējās lauksaimniecības politikas 2021–2027 satvars	Klimata pārmaiņu samazināšana ir viens no 9 galvenajiem KLP mērķiem. 40% no finansējuma novirzāmi vides un klimata pasākumiem. Ietverti konkrēti rezultātu rādītāji, tostarp par organisko augsni.	2021
ES ZIZIMM sektora normatīvā regulējuma (Regula (EU) 2018/841) grozījumu projekts	Regulas (ES) 2018/841 pārskatīšanas procesa laikā regulas grozījumu priekšlikumā ietver īpašu, ar lauksaimniecības organisko augsni saistītu elastības mehānismu, kas ņem vērā organiskās augsnes apsaimniekošanas radīto SEG emisiju īpatsvaru atsevišķu valstu (tostarp Latvijas) SEG emisiju profilā.	2022

Avots: autores veidots apkopojums

Latvijas līmeņa dokumentu analīzes rezultāti (1.6.tabula) norāda uz to, ka klimata un lauksaimniecības politikas un normatīvajos dokumentos organiskās augsnes apsaimniekošanas sasaiste ar klimata pārmaiņu samazināšanas politiku iezīmējas sākot ar 2016. gadu, kas, ņemot vērā politikas un normatīvo dokumentu sagatavošanas kārtību Latvijā (Ministru kabinets, 2021), ir uzskatāma par nekavējošu reakciju uz jautājuma aktualizāciju starptautiski 2013. gadā un ES līmenī 2014. gadā. Latvijā organiskās augsnes jautājums sākotnēji aktualizēts zemes pārvaldības un bioekonomikas dokumentos, tikai 2020. gadā organiskās augsnes apsaimniekošanas radītās SEG emisijas un to nozīmi Latvijas klimata pārmaiņu samazināšanas politikas mērķu sasniegšanā uzsverot klimata politikā – Latvijas Stratēģijā klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam.

1.6.tabula/*Table 1.6*

Latvijas līmeņa dokumentu analīzes rezultāti 30.06.2022. / Results of the analysis of national documents as of 30.06.2022.

Dokumenta nosaukums	Lauksaimniecības organiskā augsne politikas dokumentos	Datējums
Likums par piesārņojumu	Likums cita starpā nosaka Latvijas klimata pārmaiņu samazināšanas saistības. Organiskā augsne nav pieminēta.	2001
Lauksaimniecības un lauku attīstības likums	Lauksaimniecības augsnes jautājumi skarti tikai saistībā ar agroķīmisko izpēti. Organiskā augsne nav pieminēta.	2004

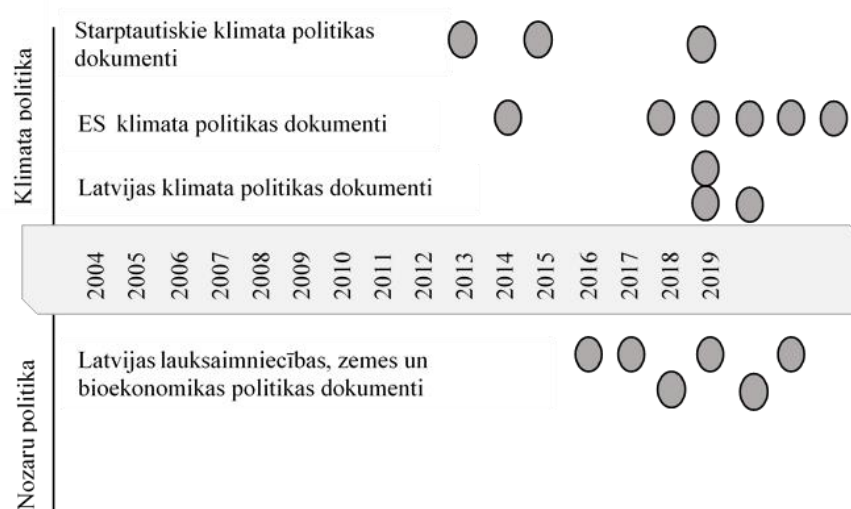
Dokumenta nosaukums	Lauksaimniecības organiskā augsne politikas dokumentos	Datējums
Latvijas Zemes politikas vadlīnijas 2008 – 2014	Sasaistes ar klimata politiku vai organiskās augsnes apsaimniekošanu nav.	2008
Likums par piesārņojumu	Likums cita starpā nosaka Latvijas klimata pārmaiņu samazināšanas saistības. Organiskā augsne nav pieminēta.	2001
Lauksaimniecības un lauku attīstības likums	Lauksaimniecības augsnes jautājumi skarti tikai saistībā ar agroķīmisko izpēti. Organiskā augsne nav pieminēta.	2004
Latvijas Zemes politikas vadlīnijas 2008 – 2014	Sasaistes ar klimata politiku vai organiskās augsnes apsaimniekošanu nav.	2008
Latvijas Ilgtspējīgas attīstības stratēģija 2030	Agrārais sektors minēts dabas kapitāla attīstības un telpiskās perspektīvas prioritātēs, bet klimata pārmaiņu vai organiskās augsnes apsaimniekošanas jautājumi nav risināti.	2010
Latvijas Nacionālās attīstības plāns 2014 – 2020	Minēts mērķis saglabāt dabas kapitālu, pieminot augsnes auglības palielināšanu, bet klimata pārmaiņu samazināšanas vai organiskās augsnes jautājumi nav risināti.	2012
Latvijas Vides politikas vadlīnijas 2014 – 2020	Ietverti SEG samazināšanas un CO ₂ piesaistes mērķi periodam līdz 2020. gadam. Organisko augšņu tematika neparādās.	2012
Latvijas Lauku attīstības programma 2014. – 2020. gadam	Klimata pārmaiņu samazināšanas argumentācija parādās lauku attīstības pasākumu pamatojumā, bet organiskā augsne un tās apsaimniekošana nav pieminēta.	2015
Zemes pārvaldības likums	Deleģējums izdot Ministru kabineta noteikumus par augsnes informācijas sistēmas izveidi, augsnes kartēšanu (ik pēc 20 gadiem sākot ar 2028. gadu) un informācijas uzturēšanu, kas ir būtiski arī saistībā ar informācijas ieguvu par organiskās augsnes izplatību.	2016
Latvijas bioekonomikas stratēģija 2030	Organiskās augsnes jautājums nav risināts, bet ir saistāms ar funkcionālas zemes izmantošanas apsaimniekošanas principu. Minētas organiskās augsnes izpētes vajadzības.	2017
Latvijas Klimata pārmaiņu pielāgošanās plāns 2030	Iezīmēta klimata pārmaiņu ietekme uz lauksaimniecības sektoru. Organiskās augsnes jautājums tieši nav skarts, bet ietekme varētu būt identificējama saistībā ar mitruma režīma izmaiņu ietekmes novērtējumu.	2019
Latvijas Zemes apsaimniekošanas politika (versija uz 30.06.2022.)	Uzsvērta zemes izmantošanas veida sasaiste ar klimata mērķiem un klimatnoturīgumu (pielāgošanos klimata pārmaiņām). Organiskā augsne nav pieminēta, bet sasaiste ir atrodamā, jo uzsvērts, ka novērtējot zemes izmantošanas efektivitāti un mainot zemes lietošanas kategorijas veidu, cita starpā jāņem vērā ietekmi uz SEG emisijām.	(projekts, skatīts LR Ministru kabinetā 2019)

1.6.tabulas turpinājums/*continuation of Table 1.6*

Dokumenta nosaukums	Lauksaimniecības organiskā augsne politikas dokumentos	Datējums
Latvijas Stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam	ZIZIMM sektoram noteikts SEG emisiju neitralitātes mērķis līdz 2040. gadam. Uzsvērts SEG emisiju apjoms no organiskās augsnes aramzemē un zālājā.	2020
Latvijas Nacionālās attīstības plāns 2021–2027	Uzsvērta nepieciešamība risināt klimata pārmaiņu samazināšanas jautājumus, bet organiskā augsne nav pieminēta.	2020
Latvijas Nacionālais Enerģētikas un klimata plāns 2030 (versija uz 30.06.2022.)	Iezīmēti konkrēti katra tautsaimniecības sektora klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi, bet tiešas sasaistes ar organiskās augsnes apsaimniekošanas problemātiku nav. Minēta nepieciešamība izveidot kūdras augsnes izplatības karti lauksaimniecības zemē.	2020
Latvijas Kopējās lauksaimniecības politikas Stratēģiskais plāns (versija 30.06.2022.)	Organiskās augsnes jautājums ir detalizēti apspriests situācijas novērtējuma analīzes daļā, īpaši izceļot darbību datu trūkumu (kartogrāfiskā informācija) un SEG aprēķinu metodoloģisko uzlabojumu nepieciešamību (valsts specifiski SEG emisiju faktori), tomēr konkrētas ar organisko augsni saistāmas intervences nav paredzētas.	2022
Latvijas Vides politikas pamatnostādnes 2021. – 2027. gadam	Minēts, ka Latvijai varētu būt problemātiski sasniegt klimatneitralitāti 2050. gadā, jo ZIZIMM sektorā no 2010. gada novērojams emisiju pieaugums, tādējādi ZIZIMM emisijas arvien biežāk pārsniedz piesaisti. Līdz ar to faktiski ir pieminēta arī organiskās augsnes problemātika, tomēr konkrēti par organisko augsni dokuments nerunā.	2022

Avots: autores veidots apkopojums

Iegūtos starptautiskā, ES un nacionālā līmeņa klimata un lauksaimniecības politikas un normatīvo dokumentu analīzes rezultātus par lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas jautājuma aktualizāciju 1992. – 2022. gadā, autore apkopojusi 1.4. attēlā, kas grafiski atspoguļo nozīmīgākos analizētos dokumentus, kuros pieminēta lauksaimniecības organiskā augsne, to apstiprināšanas secībā un attiecīgi – norāda uz organiskās augsnes jautājuma sākotnēju aktualizāciju starptautiskajā klimata politikā, kam ar viena gada intervālu seko izmaiņas ES klimata politikas un Latvijas dokumentos, kas saistīti ar zemes apsaimniekošanas politiku. Līdz ar EK paziņojuma “Eiropas zaļais kurss” publiskošanu 2019. gadā, lauksaimniecības organiskās augsnes jautājums ir skarts visos tematiski saistītajos ES un Latvijas klimata politikas dokumentos, kā arī aktualizēts Latvijas lauksaimniecības politikā.



Avots: autores veidots, izmantojot 1.3. tabulā minētos dokumentus.

1.4.att./Fig.1.4. Starptautiskā, ES un Latvijas nacionālā līmeņa klimata un lauksaimniecības politikas un normatīvo dokumentu, kuros minēta lauksaimniecības organiskā augsne, grafisks attēlojums pēc to tematikas un apstiprināšanas laika 1992. – 2022. gadā / Graphic representation of international, EU and Latvian national level climate and agricultural policy and regulatory documents, which mention agricultural organic soil, according to their topic and time of approval in 1992 - 2022

Nacionālā līmenī un jautājuma aktualizāciju politiskajos un normatīvajos dokumentos, promocijas darba pētījuma periodā Latvijā nav identificēti klimata pārmaiņu samazināšanas politikas pasākumi, kas būtu konkrēti saistīti ar lauksaimniecības organisko augsni. Nacionālajos dokumentos uzsvēta organiskās augsnes izpētes nepieciešamība – galvenokārt saistībā ar izplatības kartogrāfisko datu ieguvu. Lai izpētītu to, kādi nacionālie pētījumi organiskās augsnes izpētes jomā ir veikti un kādi būtu nepieciešami, autore veic Latvijas politikas un normatīvajos dokumentos, kā arī nacionālajos SEG emisiju ziņošanas un prognožu dokumentos minēto izpētes vajadzību analīzi 2000. – 2022. gadā, rezultātus apkopojot 1.5. attēlā.

Analizētie dokumenti	Cik reizes izpētes vajadzība minēta dokumentos?	Izpētes vajadzība
Latvijas klimata un lauksaimniecības nozares politikas un normatīvie dokumenti, kas uzskaitīti 1.3. tabulā, kā arī SEG emisiju ziņošanas un prognožu dokumenti	8	1) kartogrāfiskā informācija par organiskās augsnes izplatību
	5	2) SEG emisijas samazinošu pasākumu identifikācija un klimata pārmaiņu samazināšanas ietekmes novērtējums
	4	3) lauksaimniecības augsnes monitorings un izpēte
	4	4) organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēte un SEG emisiju un darbību datu modelēšana
	4	5) metodoloģiskie uzlabojumi augsnes oglekļa izmaiņu novērtēšanai organiskajā augsnē

Avots: autores veidots, izmantojot 1.3. tabulā minētos dokumentus un Latvijas SEG emisiju ziņošanas un prognožu dokumentus (LEGMC, 2019, 2021a, 2021b, 2022a; Ministry of Agriculture of the Republic of Latvia, 2021)

1.5.att./Fig.1.5. Latvijas politikas, normatīvajos un SEG emisiju ziņošanas un prognožu dokumentos identificētās lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes vajadzības 2000. – 2022. gadā / Agricultural organic soil research needs identified in Latvian policy, regulatory and GHG emission reporting and forecasting documents in 2000-2022

Starp izpētes vajadzībām visbiežāk minēta nepieciešamība iegūt un atjaunot ģeogrāfiski piesaistītu informāciju par organiskās augsnes izplatību (8 dokumentos minēta vajadzība) un nepieciešamība pēc SEG emisijas samazinošu pasākumu identifikācijas un to potenciālās ietekmes novērtējuma (5 dokumentos minēta vajadzība). Vienlaikus izceltas arī tādas izpētes vajadzības, kā lauksaimniecības augsnes monitorings un izpēte, organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēte un SEG emisiju modelēšana, kā arī metodoloģiskie uzlabojumi organiskās augsnes oglekļa uzkrājuma noteikšanai (1.5. attēls). Nacionālā līmenī nav identificēta nepieciešamība veikt lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas sociāli ekonomiskās ietekmes novērtējumu un apsaimniekošanas izmaiņu monitoringu, tomēr šīs izpētes jomas var uzskatīt par daļēji ietvertām izpētes vajadzībās, kas saistītas ar SEG emisiju samazināšanas pasākumu ietekmes novērtēšanu un augsnes monitoringu.

Lai novērtētu to, kā Latvijā identificētās lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes vajadzības tiek apmierinātas, realizējot konkrētus pētniecības projektus, autore, izmantojot Latvijas zinātnisko institūciju un atbildīgo ministriju (ZM un KEM) tiešsaistes vietnēs pieejamo informāciju, analizē lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes situāciju Latvijā, secinot, ka pētniecības aktivizēšanās sakrīt ar brīdi, kad ES līmenī notiek pastiprināta virzība uz klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu palielināšanu līdz 2030. gadam, 2014. gadā pieņemot ES Klimata un enerģētikas politikas satvaru 2030 (European Council, 2014), kas iezīmē klimata pārmaiņu samazināšanas mērķus lauksaimniecības un ZIZIMM sektoriem. Kopš 2014. gada ar organiskās augsnes izpēti Latvijā saistāmi 10 zinātniskie pētījumi, no kuriem 6 turpinās 2022. gadā (1. pielikums). Galvenās iesaistītās pētniecības institūcijas ir LBTU, LVMI Silava, Dabas aizsardzības pārvalde (DAP) un Latvijas Universitāte. Pētnieciskā aktivitāte veikta visos identificētajos izpētes vajadzību virzienos, izņemot organiskās augsnes monitoringu (2. pielikums), tomēr organiskās augsnes bioloģiskie procesi pētīti visvairāk (7 zinātniskās izpētes projektos), savukārt augsnes oglekļa izmaiņu novērtēšanas iespējas tikai 1 pētniecības projektā. Lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju samazināšanas pasākumu izpēte 2022. gadā notiek divos projektos, tostarp LIFE OrgBalt (LIFE18 CCM/LV/001158) projektā, kura dati (SEG emisijas samazinošu pasākumu atlase) daļēji izmantoti promocijas darbā. Lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes aktivitātes analīzes rezultāti liecina par politikas un zinātniskās pētniecības procesu mijiedarbību Latvijā – kopš 2020. gada organiskās augsnes izpētes jomā Latvijā uzsākti 6 jauni pētniecības projekti, piesaistot nacionālo, ES fondu un Eiropas ekonomiskās zonas un Norvēģijas finanšu instrumenta finansējumu. Autore secina, ka, lai gan pētniecība galvenokārt vērsta uz lauksaimniecības organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēti un sociāli ekonomiskā joma pētīta daudz mazāk, lauksaimniecības organiskās augsnes zinātniskās izpētes nepieciešamība Latvijā ir izprasta.

2023. gadā ES politiskajā dienas kārtībā ir vairāku ar lauksaimniecības organisko augsni saistītu dokumentu izstrāde. Viens no būtiskiem ES Bioloģiskās daudzveidības stratēģijas 2030. gadam (European Commission, 2020a) komponentiem ir vienota ES dabas atjaunošanas regulējuma izveidošana, pieņemot Dabas atjaunošanas likumu (*Nature Restoration Law*) jeb Eiropas Parlamenta un Padomes regulu par dabas atjaunošanu, ar ko plānots visām ES dalībvalstīm noteikt juridiski saistošus dabas atjaunošanas mērķus un nacionālu dabas atjaunošanas plānu izstrādes pienākumu, tostarp par lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu. EK regulas priekšlikumu publiskojusi 2022. gada jūnijā (European Commission, 2022a), bet 2023. gada 20. jūnijā Eiropas Padomē panākta vispārīgā vienošanās (*general approach*) par Dabas atjaunošanas regulas tālāku virzību precizētā redakcijā (European Council, 2023), kas saistībā ar lauksaimniecības organisko augsni paredz dabas atjaunošanu 50% platības līdz 2050. gadam (vismaz pusē platības atjaunojot hidroloģisko režīmu jeb paceļot gruntsūdens līmeni). Regulas priekšlikums pieļauj hidroloģiskā režīma atjaunošanas mērķa izpildi, hidroloģisko režīmu atjaunojot izstrādātos kūdras laukos, bet ne vairāk kā 40% apmērā no noteiktā mērķa. Atbilstoši regulas priekšlikuma 7. pielikumā dotajiem dabas atjaunošanas pasākumu piemēriem, dabas atjaunošana lauksaimniecības organiskajā augsnē var nozīmēt paludikultūtras vai argomežsaimniecības sistēmas ierīkošanu, gan virkni

citu pasākumu (tostarp 7. pielikumā neminētu). Pirms regulas priekšlikuma apstiprināšanas Eiropas Parlamentā un Padomē, par to jāpanāk vienošanās starp Eiropas Parlamentu, ES Padomi un EK. Dabas atjaunošanas regulas priekšlikums (EK 2022. gada jūnijā publiskotā versija) ņemts vērā promocijas darba 3.3. apakšnodaļā veicot klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitātes analīzi, lai izdarītu pieņēmumu par klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas platību Latvijā.

Viens no ES Augsnes stratēģijas 2030 (European Commission, 2021b) mērķiem ir nodrošināt augsnes oglekļa krājumus palielinošu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanu, lai sekmētu zemes sektora (*land-based*) klimata neitralitātes mērķa sasniegšanu 2035. gadā un dotu atbilstošu pienesumu ES 2050. gada kopējās klimatneitralitātes sasniegšanā (European Commission, 2012). Kā viens no būtiskiem ES klimatneitralitātes sasniegšanas atbalsta mehānismiem paredzēta jaunas “zaļās” biznesa stratēģijas jeb oglekļa apsaimniekošanas sistēmas (*carbon farming*) izveide, veidojot ES oglekļa piesaistes sertifikācijas sistēmu un oglekļa vienību tirgu, kas stimulētu zemes īpašnieku vēlmi ieviest klimata pārmaiņas samazinošus pasākumus, vienlaikus gūstot papildu ienākumus (European Commission, 2021c). Oglekļa apsaimniekošanas sistēma veidota ar domu apsaimniekot augsnes oglekļa krātuves, lauksaimniecības kultūraugus, materiālus, to plūsmas un SEG emisiju izmaiņas saimniecību līmenī tā, lai samazinātu saimnieciskās darbības ietekmi uz klimata pārmaiņām un vienlaikus motivētu zemes īpašniekus gūt papildus ienākumus (European Commission. Directorate General for Climate Action. et al., 2022). EK uzsver, ka oglekļa apsaimniekošanas sistēma būtu jāuztver kā integrēta kopējās saimniecības sistēmas daļa un tai jābūt ietvertai plašākā klimata un lauksaimniecības politikas satvarā, minot atsauces uz Nacionālajiem enerģētikas un klimata plāniem, kā arī uz KPL, tādējādi radot sistēmu, kas motivētu zemes īpašniekus ieviest klimatam draudzīgas prakses un vienlaikus dotu nepieciešamo pienesumu uz rezultātiem bāzētas un mērķtiecīgi orientētas klimata politikas veidošanai, veidojot sasaisti starp publisko un privāto finansējumu un iznākuma rezultātiem. Oglekļa apsaimniekošanas sistēmas izveides un papildus iegūto oglekļa vienību sertifikācijas atbalstam ES publiskojusi rokasgrāmatu oglekļa apsaimniekošanas mehānisma izveidei un ieviešanai ES (European Commission. Directorate General for Climate Action. et al., 2022), izstrādājusi EK komunikācijas dokumentu par ilgtspējīgiem oglekļa aprites cikliem (European Commission, 2021c), tādējādi liekot pamatu ES oglekļa piesaistes sertifikācijas standarta izstrādei – sagatavojot EK priekšlikumu Eiropas Parlamenta un Padomes regulai par ES oglekļa piesaistes sertifikācijas ietvara izveidi (European Commission, 2022c). Atbilstoši ES piedāvātajai shēmai (European Commission. Directorate General for Climate Action. et al., 2022) organiskās augsnes apsaimniekošanu ir iespējams ietvert vairākās aktivitātēs, piemēram, saistībā ar paludikultūras un agromežsaimniecības sistēmu ierīkošanu vai kūdras augsnes apsaimniekošanu, tomēr konkrētāku priekšlikumu sagatavošanai ir nepieciešama izpēte. Lai ES veidoto oglekļa apsaimniekošanas sistēmu ieviestu Latvijā, 2023. gadā Latvijas KEM turpina darbu pie Klimata likuma izstrādes, cita starpā paredzot brīvprātīgas sistēmas oglekļa dioksīda piesaistei izveidi un uzturēšanu, lai nodrošinātu ilgtermiņa SEG emisiju samazināšanu un veicinātu brīvprātīgu papildus CO₂ piesaisti un noglabāšanu (Latvijas Klimata un enerģētikas ministrija, 2023). Sistēmu paredzēts izveidot, sadarbojoties Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijai, KEM ar ZM un EM.

Ņemot vērā ZIZIMM sektora nozīmi Latvijas Stratēģijas klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam mērķa sasniegšanā, KEM kopā ar ZM, atbilstoši MK 2021. gada 27. aprīļa sēdes protokola Nr.36. 28 paragrāfa deleģējumam, 2023. gadā izstrādā informatīvo ziņojumu par ZIZIMM sektora virzību uz klimatneitralitāti. Ziņojuma izstrāde notiek sadarbībā ar zinātnisko institūciju ekspertiem. Lēmumu pieņēmēju praktiskās pieredzes un zinātnes teorētisko atziņu integrēta izmantošana ir efektīvākais ilgtspējīgas politikas plānošanas veids (O'Connor et al., 2019), ko iespējams realizēt panākot balansu starp matemātisku modeļu un citu kvantitatīvu aprēķinu sniegtā vērtējuma un vietējo interešu grupu, kuras lēmums visticamāk ietekmēs, viedokļiem (Hemmerling et al., 2020; Kiskaddon et al., 2023).

1. nodaļas kopsavilkums un secinājumi / *Summary and Conclusions of Chapter 1*

1. Augsne ir lielākā sauszemes oglekļa krātuve, organiskā augsne boreālajā klimata zonā satur vidēji septiņas reizes vairāk organiskās vielas nekā minerālaugsne. Meliorētas un lauksaimniecībā izmantotas organiskās augsnes SEG emisijas veido aptuveni 37,5 t CO₂ ekv. ha⁻¹yr⁻¹, kas attiecībā pret platības vienību ir 60 reizes lielāks oglekļa zudums nekā no minerālaugsnes.
2. Eiropā organiskās augsnes izplatība ir ģeogrāfiski nevienmērīga. Lielāka organiskās augsnes koncentrācija konstatējama Eiropas ziemeļu daļā. ES valstīs organiskā augsne aizņem aptuveni 7,7% (241 812 km²) no kopējās platības, koncentrējoties pamatā ES ziemeļu, austrumu un centrālajā daļā.
3. Viens no organiskās augsnes fenomeniem ir platības disproporcija attiecībā pret šīs augsnes apsaimniekošanas radīto SEG emisiju apjomu. Meliorētās organiskās augsnes apsaimniekošanas radītās SEG emisijas ir viens no lielākajiem SEG emisiju avotiem lauksaimniecības un ZIZIMM sektoros daudzās Eiropas un Āzijas valstīs Atsevišķās valstīs SEG emisijas no apsaimniekotas organiskās augsnes veido vairāk nekā piekto daļu no valstu kopējām emisijām.
4. Organiskās augsnes sociāli ekonomiskā loma ir salīdzinoši maz pētīta, nav pieejamas aplēses par to cik daudz pārtikas globāli vai ES līmenī saražo apsaimniekojot organisko augsni un kādas varētu būt šīs ražošanas pārtraukšanas ekonomiskās un sociālās sekas.
5. Valstis, kuras ir ANO dalībvalstis un Klimata konvencijas Puses, antropogēnās ietekmes radītās SEG emisijas aprēķina un ziņo atbilstoši IPCC izstrādātai metodoloģijai jeb vadlīnijām, kas apstiprinātas Klimata konvencijas Līgumslēdzēju pušu konferencēs. organiskās augsnes apsaimniekošanas radītās SEG emisijas lauksaimniecības zemē ziņo divās SEG inventarizācijas ziņojuma nodaļās jeb sektoros: (1) lauksaimniecības sektorā (kopējā ziņošanas formāta 3. sektors) un (2) ZIZIMM (kopējā ziņošanas formāta 4.sektors). Atbilstoši IPCC vadlīnijām, lauksaimniecības sektorā aprēķina un ziņo organiskās augsnes apsaimniekošanas rezultātā lauksaimniecības zemē radušās N₂O emisijas, savukārt ZIZIMM sektorā CO₂ un CH₄ emisijas.
6. Latvijas normatīvie un politikas dokumenti neparedz un nepieprasa lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu izmantošanu SEG emisiju prognožu scenāriju sagatavošanai, attiecīgi, šādas metodes netiek izmantotas, analizējot un plānojot valsts SEG emisiju samazināšanas un CO₂ piesaistes saistību izpildi.
7. Latvijas Stratēģijas klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam mērķis – sasniegt klimatneitralitāti, kompensējot nesamazināmās antropogēnās SEG emisijas ar CO₂ piesaisti ZIZIMM sektorā – ir tiešā veidā saistīts ar lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu, jo Latvijā faktiski 100% aramzemes un zālāja apsaimniekošanā radīto SEG emisiju ZIZIMM sektorā rodas saistībā ar organiskās augsnes klātesamību. Latvijas klimatneitralitātes mērķa sasniegšana visticamāk nav iespējama bez būtiska lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju samazinājuma.
8. Organiskās augsnes apsaimniekošanas jautājums politisku aktualitāti sākotnēji ieguvis, tam aktualizējoties starptautiskajā klimata politikā, kam seko izmaiņas ES klimata politikas un Latvijas dokumentos, kas saistīti ar zemes apsaimniekošanas politiku. Līdz ar EK paziņojuma “Eiropas zaļais kurss” publiskošanu 2019. gadā, lauksaimniecības organiskās augsnes jautājums ir skarts visos tematiski saistītajos ES un Latvijas klimata politikas dokumentos, kā arī aktualizēts Latvijas lauksaimniecības politikā.
9. Lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes uzsākšana Latvijā sakrīt ar brīdi, kad ES līmenī 2014. gadā notiek pastiprināta virzība uz klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu palielināšanu līdz 2030. gadam. Lai gan pētniecība galvenokārt vērsta uz lauksaimniecības organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēti un sociāli ekonomiskā joma pētīta daudz mazāk, lauksaimniecības organiskās augsnes zinātniskās izpētes nepieciešamība Latvijā ir izprasta.

2. LAUKSAIMNIECĪBAS ORGANISKĀS AUGSNES APSAIMNIEKOŠANAS NOVĒRTĒJUMS UN APSAIMNIEKOŠANAS UZLABOŠANAS IESPĒJAS LATVIJĀ/*MANAGEMENT EVALUATION AND MANAGEMENT IMPROVEMENT POSSIBILITIES OF AGRICULTURAL ORGANIC SOIL IN LATVIA*

Šajā nodaļā veikts lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas situācijas novērtējums Latvijā 2012. – 2020. gadā. Novērtējums veikts divos pēctecīgos soļos, lai 1) raksturotu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu 2012. – 2020. gadā; 2) izprastu lauksaimniecības atbalsta politikas un lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas kopsakarības un novērtētu līdzšinējās lauksaimniecības atbalsta politikas ietekmi uz organiskās augsnes apsaimniekošanu. Uz iegūtā Latvijas lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas novērtējuma pamata, veikta Latvijas apstākļiem piemērotu un potenciāli izmaksu efektīvu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlase, to tālākai izpētei promocijas darba 3. nodaļā.

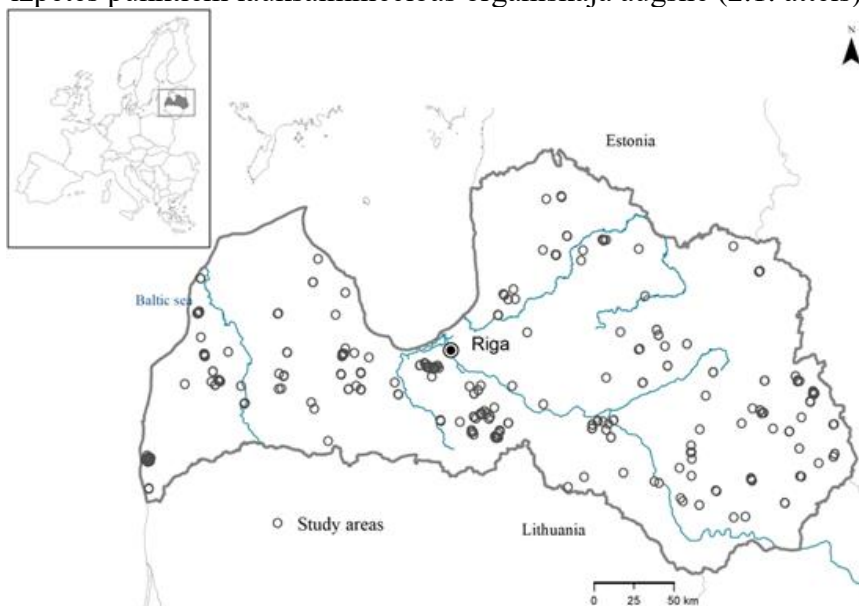
2.1. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas raksturojums/*Characteristics of Agricultural Organic Soil Management*

Neskatoties uz lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju nozīmi Latvijas virzībā uz klimata politikas mērķu sasniegšanu (plašāks izklāsts atrodams 1.3. apakšnodaļā), Latvijā netiek regulāri iegūti, publiskoti un analizēti dati par organiskās augsnes apsaimniekošanu un zinātnisko pētījumu dati ir pieejami epizodiski, pētniekiem tos iegūstot īstermiņa izpētes projektos. Līdzīga situācija ir vērojama ES līmenī. Dati par lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu konkrētā gadā un apsaimniekošanas veida maiņu pa gadiem – zemes izmantošanas veids (aramzeme vai zālājs), audzētais lauksaimniecības kultūraugs, iegūtā raža, izmantotās mēslojuma devas u.c. – nav pieejami vai ir nepilnīgi (Minasny et al., 2023), tomēr pētījumi norāda uz izteiktu apsaimniekošanas heterogenitāti, kas variē no augsti produktīvām sistēmām Nīderlandē, līdz jauktām intensīvas un ekstensīvas apsaimniekošanas pieejas sistēmām Eiropas ziemeļu daļā (Buschmann et al., 2020). Datu trūkums apgrūtina salīdzinošu analīzi ar lauksaimniecības organisko augsni bagāto valstu starpā, jo īpaši raugoties vēsturiskā perspektīvā – dati vai nu nav pieejami vispār vai nav salīdzināmi (Minasny et al., 2023). Zemā izpētes un politikas veidotāju aktivitāte datu ieguvē varētu būt skaidrojama ar to, ka organiskās augsnes jautājums ieguvis īpašu politisku nozīmi salīdzinoši nesen – līdz ar lauksaimniecības un ZIZIMM sektora aktualizāciju klimata politikā sākot no 2014. gada (Licite & Popluga, 2022b). Latvijā 2017. gadā veikts pētījums par lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu (Nipers, 2018; Pilvere, 2018b), iegūstot izpētes brīdī fiksētu *status quo* datu kopu. Pētījums nav turpināts vai atkārtots, līdz ar to promocijas darba izstrādes laikā nav pieejama dinamiska lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas datu un to izmaiņu informācija.

Ar mērķi raksturot Latvijas lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas praksi, kā arī analizēt lauksaimniecības atbalsta politikas un lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas kopsakarības (darba 2.2. apakšnodaļa), autore tālākai analīzei izveidojusi lauksaimniecības organisko augsni raksturojošu datu kopu, iegūstot informāciju no divām Latvijas valsts institūciju uzturētām datu bāzēm: 1) LAD Lauku reģistra informācijas sistēmas lauksaimniecības un lauku atbalsta politikas, valsts un ES atbalsta pasākumu administrēšanai un 2) Valsts augu aizsardzības dienesta (VAAD) augsnes agroķīmiskās izpētes datu bāzes. Dati iegūti par 2012. – 2020. gadu, par unikālo identifikatoru lietots kadastra numurs. 2012. gads ir pirmais gads, par kuru Latvijas LAD datu bāzē ar ES atbalstu saistītā informācija ir pieejama digitālā formātā. Datu ieguvei izmantoto valsts informācijas sistēmu

datu bāzu (LAD un VAAD datu bāzes) izvēli autore pamato ar to, ka promocijas darba izstrādes laikā Latvijā nav pieejama aktuāla kartogrāfiskā informācija par lauksaimniecības organiskās augsnes izplatību (pieejamā ģeotelpiskā informācija balstīta uz augsnes apsekojumiem 1966. – 1985. gadā (LR Zemkopības ministrija, 2020), bet apsaimniekošanas prakses raksturojumam ir nepieciešama ģeogrāfiski piesaistītu datu kopa, kas ietver informāciju gan par organiskās augsnes apsaimniekošanas veidu, gan arī saņemto valsts un ES atbalsta veidu, kā arī citiem platību raksturojošajiem agronomiskajiem un ģeogrāfiskajiem rādītājiem. Pētījumi (Lazdiņš et al., 2016) liecina, ka vēsturiskajā augsnes digitālajā datu bāzē iegūstamā informācija par organiskās augsnes izplatību jāuztver ar piesardzību, jo daļa no 1966. – 1985. gadā kartētās lauksaimniecības organiskās augsnes ir mineralizējušies un situācija dabā vairs neatbilst kartogrāfiskajam materiālam. LAD un VAAD datu bāzu informācijas integrēta izmantošana dod iespēju analizēt platības, kurās organiskās augsnes klātesamība ir laboratoriski pierādīta (identificētie augsnes tipi: Tz, AT, VGt, E2Pv, Vkg, AG, Pgv, Tp, E1Pv, Pg), balstoties uz apsekojumiem dabā (VAAD agroķīmiskā izpēte), kā arī ir pieejami dati par apsaimniekošanas un saņemtā ES atbalsta veidu (LAD Lauku reģistra informācija).

Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas raksturojuma pētījuma teritorija ir visa Latvija. Izpētes platības ir vienmērīgi izvietotas valsts teritorijā un atbilst VAAD agroķīmiskās izpētes punktiem lauksaimniecības organiskajā augsnē (2.1. attēls).



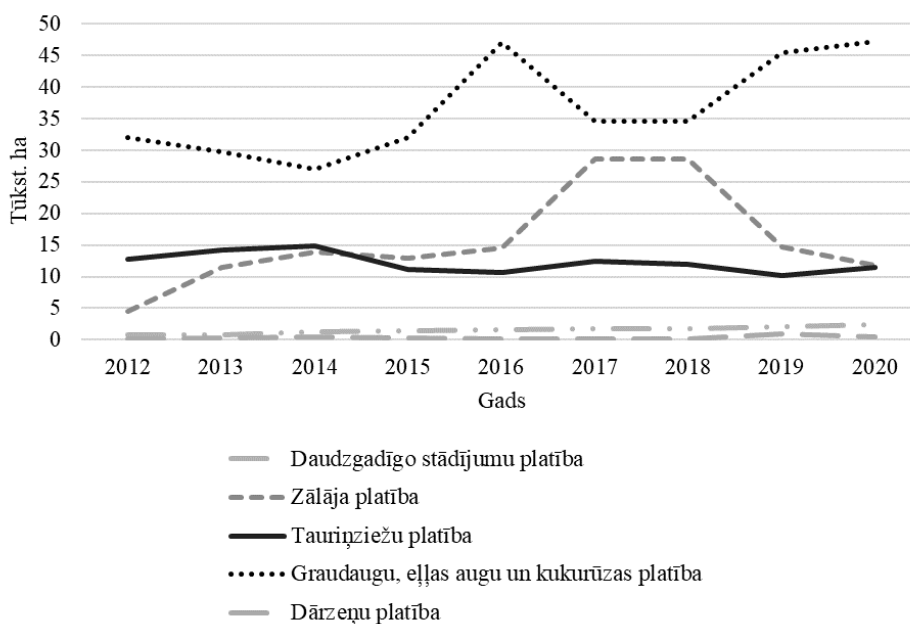
Avots: autores veidots, izmantojot nepublicētus VAAD augsnes agroķīmiskās izpētes datu bāzes datus par 2012. – 2020. gadu

2.1.att./Fig.2.1. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas raksturojuma pētījuma izpētes platību izvietojums Latvijā 2022. gadā / Distribution of the study areas of agricultural organic soil management characteristics research in Latvia in 2022

Sākotnējā izpētes datu kopa sašaurināta, nosakot pētniecisko ierobežojumu un izslēdzot platības, kurās augsnes oglekļa saturs uzrāda robežvērtības un platības, kurām iztrūkst kāds no rādītājiem vai arī rādītāju vērtības ir nulle. Rezultātā izveidota no 2 547 ierakstiem sastāvoša lauksaimniecības organiskās augsnes datu kopa, kas aptver aptuveni 30% Latvijas organiskās augsnes lauksaimniecības zemē (48900,57 ha) – ja par atskaites lielumu izmanto Latvijas Nacionālajā siltumnīcefekta gāzu inventarizācijā 2022. gadā ziņoto organiskās augsnes platību 2020. gadam (166800 ha) (LEGMC, 2022b). Tomēr jāņem vērā, ka faktiskais analīzes aptvēruma īpatsvars varētu būt lielāks, jo inventarizācijā ziņotā organiskās augsnes platība nav dabā pārbaudīta un varētu ietvert platības, kurās jau notikuši mineralizācijas procesi.

Lai raksturotu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu Latvijā, autore, izmantojot sagatavoto datu kopu, veic telpisku un grafisku analīzi. Telpisko analīzi veic,

izmantojot ArcGIS programmatūru un grupējot lauksaimniecības kultūraugus četrās apakšgrupās, atbilstoši IPCC starptautisko vadlīniju nacionālo SEG inventarizāciju sagatavošanai dotajām indikācijām (Eggleston et al., 2006) par audzēto kultūraugu ietekmi uz klimata pārmaiņām. Grupējums veikts virzienā no mazākās ietekmes grupas (1) uz lielākās ietekmes grupu (5): (1) ilggadīgie stādījumi; (2) zālājs; (3) tauriņzieži; (4) dārzeni; (5) graudaugi, eļļas augi un kukurūza. Promocijas darbā lietotais grupējums nodrošina Latvijā saimnieciski nozīmīgo lauksaimniecības kultūraugu ietvērumu un vienlaikus dod iespēju indikatīvi norādīt uz to audzēšanas potenciālo ietekmi uz klimata pārmaiņām. Telpiskā analīze veikta ar mērķi vizuāli attēlot un analizēt organiskās augsnes apsaimniekošanas veida izmaiņas laikā (2012. – 2020. gads) un telpā (57 Latvijas novadi). Lai labāk raksturotu telpiskās analīzes rezultātus (2.3. attēls), tiem pievienota arī grafiskā interpretācija (2.2. attēls).



Avots: autores veidots, izmantojot nepublicētus LAD Lauku reģistra informācijas sistēmas datus par 2012. – 2020. gadu

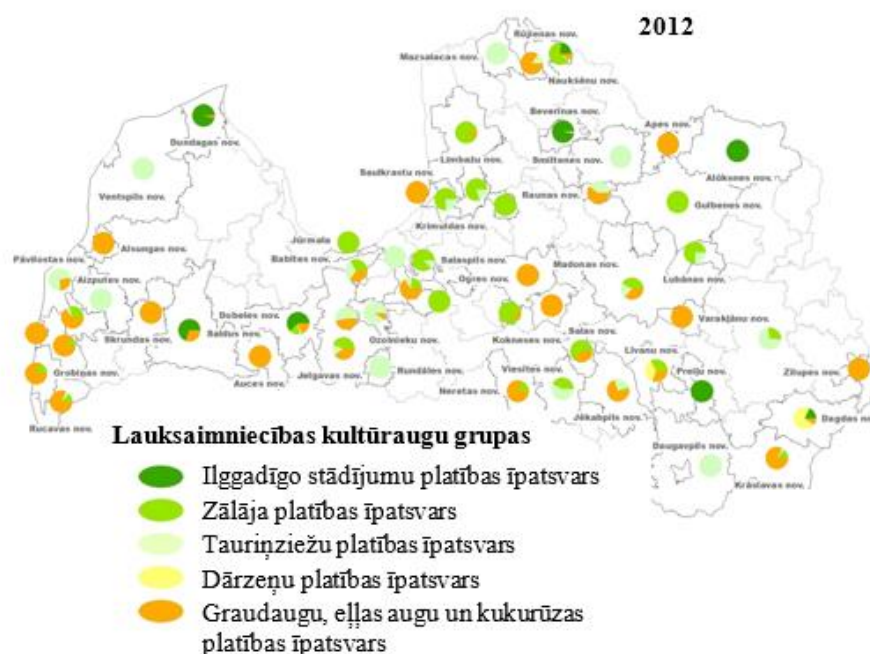
2.2.att./Fig.2.2. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas dinamika Latvijā 2012. – 2020. gadā / Dynamics of agricultural organic soil management in Latvia in 2012–2020

Grafiskā analīze norāda uz salīdzinoši nelielām apsaimniekošanas izmaiņām 2012. – 2020. gadā, tomēr kopējā ES atbalstu saņemošās organiskās augsnes platība izpētes periodā palielinājusies par 31%. Tas varētu būt skaidrojams ar vispārējām lauksaimniecības attīstības tendencēm Latvijā. Latvijai 2004. gadā pievienojoties ES un 2014. gadā pievienojoties eirozonai, lauksaimniecības ražošanas attīstību atbalstīja kopējās valsts ekonomikas dinamiska attīstība (OECD, 2019). Lauksaimniecības izlaides rādītāji visstraujāk kāpuši graudaugu un piena ražošanas jomā, apsaimniekotas lauksaimniecības zemes platība no 2010. – 2020. gadam palielinājusies par 9,1% (Central Statistical Bureau of Latvia, 2022). Līdz ar to likumsakarīga ir arī apsaimniekotas organiskās augsnes platības palielināšanās. Detalizētāka lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas analīze uzrāda ražošanas platību palielinājumu (1) zālāja un (2) graudaugu, eļļas augu un kukurūzas gadījumā. Šīs abas sistēmas veido lielāko platības īpatsvaru (attiecīgi 24% un 55%). Zālāja platība no 2012. – 2020. gadam palielinājusies par 61,9%, īpaši strauju palielinājumu uzrādot 2017. gadā un 2018. gadā, savukārt graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platības palielinājums bijis par 32,3%. Kopējo zālāja platību palielinājuma tendenci varētu skaidrot ar gaļas liellopu nozares attīstību, bet 2017. un 2018. gada svārstību iemesls varētu būt saistīts ar piena cenu krīzi 2017. gadā un lielo komercsaimniecību attīstību, likvidējoties mazajām piemājas saimniecībām (Pilvere et al., 2020). Zālāja platībai 2017. –

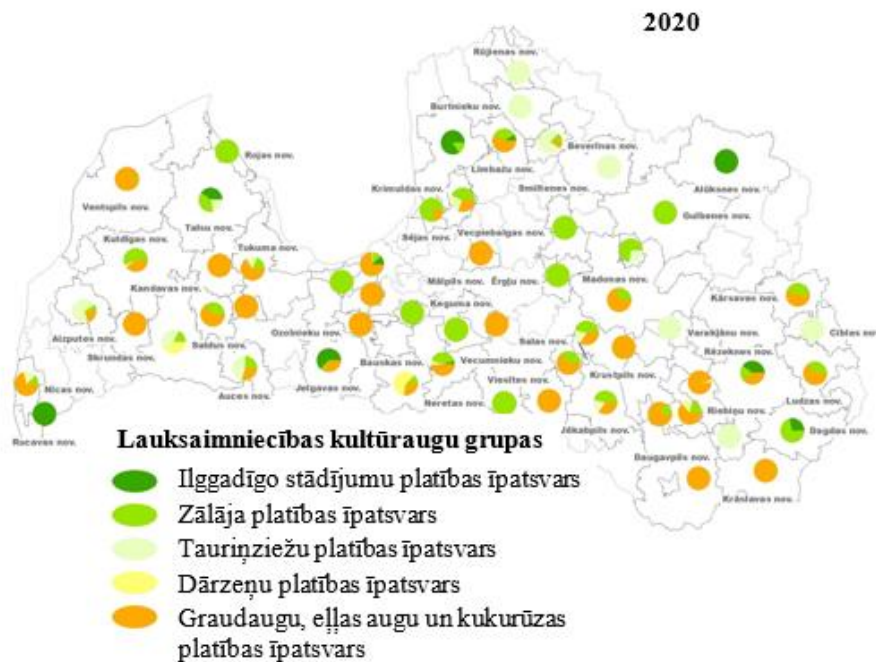
2018. gadā palielinoties, graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platība samazinājusies, kam seko straujš graudaugu platības palielinājums 2019. gadā. Graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platību svārstības 2016. – 2019. gadā lauksaimniecības organiskajā augsnē atbilst kopējām (nedalot platības pēc augsnes veida) graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platības izmaiņām Latvijā (Mistris et al., 2020), kas varētu nozīmēt to, ka svārstības organiskajā augsnē saistītas ar kopējām graudaugu sektora svārstībām nevis vērtējamas kopsakarībās ar zālāja platības izmaiņām organiskajā augsnē izpētes platībā. Tauriņziežu platības analizējamajā periodā nedaudz samazinājušās (par 11,1%), bet daudzgadīgo stādījumu un dārzeņu platību palielinājums bijis aptuveni 30% robežās, šīm platībām vienlaikus esot ar vismazāko īpatsvaru kopējā sadalījumā (attiecīgi 2 un 1%).

Ņemot vērā pētījumā izdalīto lauksaimniecības kultūraugu grupu ietekmi uz klimata pārmaiņām (atbilstoši (Eggleston et al., 2006)), ilggadīgo stādījumu (ogulāji, augļu koki un kārkli) un zālāja (atmata un dažāda veida zālaugi) platības palielināšanās (attiecīgi par 66,1% un 61,9%) vērtējama kā pozitīva, SEG emisijas samazinoša tendence. Vienlaikus noticis arī pretējais process, par 32,2% palielinoties graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platībai, turklāt graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platība dominē pēc kopējā īpatsvara. Tādējādi autore secina, ka 2012. – 2020. gadā izpētes platībā notikušās organiskās augsnes apsaimniekošanas izmaiņas nav ne izteikti veicinājušas, ne izteikti kavējušas klimata pārmaiņu samazināšanu. Tomēr, tā kā izpētes platība nosedz aptuveni 30% no kopējās Latvijas organiskās augsnes platības lauksaimniecības zemē, platību apsaimniekošanas izmaiņu analīze 2012. – 2020. gadā izmantojama tendenču identificēšanai nevis vispārīgu secinājumu izdarīšanai par situāciju Latvijā kopumā.

Lai veiktu atlasītās datu kopas telpisku analīzi promocijas darba pētījumā izvēlētajā deviņu gadu periodā, dati grupēti administratīvi teritoriālajās vienībās (57 Latvijas novadi) un, izmantojot *ArcGIS* programmatūru vizualizēti kartes veidā (2.3. attēls). 2012. gada un 2020. gada kartēs attēlotas lauksaimniecības kultūraugu grupas pēc platības īpatsvara katrā no Latvijas novadiem. 2012. un 2020. gada dati vizualizācijai izvēlēti tāpēc, ka tie pārstāv promocijas darbā izvēlēto lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas raksturojuma pētījuma izpētes perioda sākuma un beigu gadu (attiecīgi), tādējādi dodot iespēju vizualizēt deviņu gadu laikā notikušās izmaiņas.



a) lauksaimniecības kultūraugu grupu īpatsvars pēc platības organiskās augsnes apsaimniekošanas raksturojuma pētījuma izpētes platībās Latvijā 2012. gadā



b) lauksaimniecības kultūraugu grupu īpatsvars pēc platības organiskās augsnes apsaimniekošanas raksturojuma pētījuma izpēti platībās 2020. gadā

Avots: autores veidots, izmantojot nepublicētus LAD Lauku reģistra informācijas sistēmas un VAAD augsnes agroķīmiskās izpēti datu bāzes datus par 2012. – 2020. gadu

2.3.att./Fig.2.3. Lauksaimniecības kultūraugu grupu platības īpatsvara telpisks attēlojums Latvijas novados 2012. un 2020. gadā / Spatial representation of the area share of agricultural crop groups in administrative compartments of Latvia in 2012 and 2020

Lai gan telpiskā analīze neuzrāda skaidru apsaimniekošanas sasaisti ar reģioniem vai konkrētām administratīvi teritoriālajām vienībām, tomēr atsevišķos reģionos vērojamas noteiktas tendences. Piemēram, Latvijas ziemeļu daļā ilggadīgie stādījumi, zālājs un tauriņziežu audzēšana organiskā lauksaimniecības augsnē ir izplatītāka. Tas varētu būt skaidrojams ar to, ka šis reģions ir ar salīdzinoši nelīdzenāku reljefu, zemāku augsnes auglību un piemērotāks liellopu audzēšanai (Zvirbule & Andersons, 2018), savukārt Latvijas vidienei un dienvidu daļai vairāk raksturīgas augkopības sistēmas un attiecīgi graudaugu, eļļas augu un kukurūzas audzēšana arī lauksaimniecības organiskajā augsnē. Salīdzinot 2012. gada un 2020. gada apsaimniekošanas datus, konstatēts, ka tikai 7% novadu apsaimniekošana (lauksaimniecības kultūraugu grupas) nav mainījusies, bet pārējos 93% novadu deviņu gadu laikā notikusi organiskās augsnes apsaimniekošanas veida maiņa.

Izmantojot lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas raksturojuma pētījumā atlasītās datu kopas analīzes rezultātus, autore secina, ka organiskās augsnes apsaimniekošanas tendences Latvijā 2012. – 2020. gadā liecina par izteiktu apsaimniekošanas veida jeb audzētā lauksaimniecības kultūrauga veida mainību, dominējot zālāja un graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platībām, kam pēc kopējā īpatsvara seko tauriņziežu un ilggadīgo stādījumu un dārzeņu platības. No 2012. – 2020. gadam palielinājusies gan zālāja, gan arī graudaugu, eļļas augu un kukurūzas audzēšanas platība, līdz ar to notikušās apsaimniekošanas izmaiņas varētu tikt uzskatītas par neitrālām ietekmē, kādu tās atstāj uz klimata pārmaiņu samazināšanu, respektīvi, tās nav ne būtiski veicinājušas, ne kavējušas Latvijas klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu sasniegšanu.

Promocijas darbā veiktais lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas situācijas novērtējums Latvijā 2012. – 2020. gadā liecina, ka organiskās augsnes apsaimniekošanai Latvijā ir neizmantots klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāls. 2012. – 2020. gadā visizplatītākais organiskās augsnes apsaimniekošanas veids ir arī SEG emisiju

ietilpīgākais – graudaugi, eļļas augi un kukurūza. Neskatoties uz organiskās augsnes izplatību un Latvijas Nacionālajā SEG inventarizācijā ziņoto emisiju apjomu, Latvijā nav veikts monitorings vai regulāra pētniecisko datu ieguve par organiskās augsnes apsaimniekošanas veidu un tā izmaiņām. Promocijas darbā veiktā lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas situācijas novērtējuma rezultāti saskan ar vienīgā Latvijā iepriekš veiktā organiskās augsnes izmantošanas lauksaimniecībā pētījuma rezultātiem. 2017. gada pētījumā graudaugi un eļļas augi ir norādīti kā otrs izplatītākais apsaimniekošanas scenārijs, taču šajā pētījumā netika meklētas un nav analizētas vēsturiskās tendences, un novērtējumam izmantota cita datu kopa (Pilvere, 2017). Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas sistemātiska zinātniska novērtējuma trūkums kavē efektīvu klimata pārmaiņu politikas plānošanu, jo iztrūkstot informācijai par faktisko organiskās augsnes apsaimniekošanas veidu, saistīto politikas jomu (lauksaimniecības un klimata) plānošana, tostarp 2050. gada klimatneitralitātes sasniegšanai, ir apgrūtināta. Informācijas trūkums lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas jomā nav tikai Latvijas vai Baltijas reģiona problēma, situācija atkārtojas Eiropas līmenī, jo joprojām trūkst datu par augsnes, tostarp organiskās augsnes apsaimniekošanu (Montanarella & Panagos, 2021), lai gan atsevišķi pētījumi liecina par plašu apsaimniekošanas daudzveidību, sākot no augsti produktīvām sistēmām Nīderlandē līdz jauktām intensīvas un vidējas līdz zemas produktivitātes sistēmām Eiropas ziemeļu daļā (Buschmann et al., 2020). Datu trūkums apgrūtina salīdzinošas analīzes iespējamību ar lauksaimniecības organisko augsni bagāto valstu starpā, īpaši vēsturiskā skatījumā – dati vai nu nav pieejami vai nav salīdzināmi. Papildus aspekts, kas rada šķēršļus kvalitatīvu datu iegūšanai ir aktuālas kartogrāfiskās informācijas trūkums par organiskās augsnes izplatību lauksaimniecības zemē (Donlan et al., 2016; Kekkonen et al., 2019; Pilvere, 2018a; Roßkopf et al., 2015; Wittnebel et al., 2021). Jautājums par aktuālas kartogrāfiskās informācijas pieejamību kļūst arvien nozīmīgāks saistībā ar politiskiem procesiem, piemēram: 1) ES KLP nosacījumu sistēma 2023 – 2027. gadam paredz mitrzesmes un kūdrāju aizsardzības prasību (Latvijas Republikas Zemkopības ministrija, 2023), kuras ieviešanai nepieciešama ģeogrāfiski piesaistīta informācija par organiskās augsnes izplatību; 2) ES Bioloģiskās daudzveidības stratēģija 2030. gadam (European Commission. Directorate General for Environment., 2021) un Eiropas Komisijas izstrādātais Dabas atjaunošanas regulas priekšlikums, kuru 2023. gada 12. jūlijā pirmajā lasījumā apstiprināja Eiropas Parlaments (European Parliament, 2023a), nosaka saistošus nacionālus mērķus organiskās augsnes apsaimniekošanai lauksaimniecībā. Saistošu un finansiāli ietilpīgu politisko mērķu realizācijai ir nepieciešama aktuāla, precīza, ģeoreferencēta informācija, kas turklāt iegūta izmantojot savstarpēji salīdzināmu metodoloģisku pieeju.

2.2. Lauksaimniecības atbalsta politikas un lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas kopsakarības/ *Interconnections between Agricultural Support Policy and Agricultural Organic Soil Management*

Šajā apakšnodaļā turpināta autores izveidotās LAD un VAAD lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes datu kopas (apraksts sniegts 2.1. apakšnodaļā) detalizēta analīze lauksaimniecības atbalsta politikas un organiskās augsnes apsaimniekošanas savstarpējo ietekmju novērtēšanai. 2.1. apakšnodaļā atspoguļotais lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas situācijas raksturojums Latvijā 2012. – 2020. gadā nedod iespēju novērtēt to, vai apsaimniekošanas izmaiņu raksturs ir politikas vadīts jeb ar lauksaimniecības atbalsta politiku nesaistīti notiekošs (spontāns). Šajā nodaļā lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas izmaiņas analizētas kopsakarībās ar saņemtā ES atbalsta veidu.

Promocijas darba 1.3. apakšnodaļā noskaidrots, ka Latvijā ES Kopējās lauksaimniecības politikas ieviešanas periodā 2014. – 2020. gadam nav izveidoti atbalsta pasākumi, kuri tieši attiecināti uz lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu. Analizējot promocijas

darba 2. nodaļas pētījumam izveidoto LAD un VAAD lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes datu kopu, konstatēts, ka 2012. – 2020. gadā saņemti piecpadsmit dažādi atbalsta veidi, starp kuriem biežāk saņemtie ir: 1) vienotais platību maksājums; 2) maksājums par lauksaimnieciskai ražošanai nelabvēlīgiem dabas apstākļiem teritorijās, kas nav kalnu teritorijas; 3) Lauku attīstības programmas pasākumu “Agrovide un klimats” un “Bioloģiskā lauksaimniecība” atbalsts; 4) dažādi brīvprātīgi saistītā atbalsta veidi un 5) maksājums gados jaunajiem lauksaimniekiem. Promocijas darbā nav vērtēts saņemtā atbalsta apjoms monetārā izteiksmē, bet gan analizēts tas, vai pastāv kopsakarības starp organiskās augsnes apsaimniekošanas veida maiņu 2012. – 2020. gadā un saņemtā atbalsta veidu, analīzes izpildē izmantojot *IBM SPSS Statistics 26 (Statistical Package for Social Sciences)* programmatūru un pielietojot faktoru un klasteru analīzes metodes:

- 1) galveno komponentu **faktoru analīze** izmantota, lai noteiktu savstarpējās sakarības starp dažādām organiskās augsnes apsaimniekošanas prakses pazīmēm ar mērķi izdalīt faktorus, kas šīs sakarības var izskaidrot;
- 2) **klasteru analīze** izmantota, lai izdalītu atšķirīgas ES atbalstu saņemošās organiskās augsnes grupas jeb klasterus atkarībā no komplekso, raksturojošo faktoru ietekmes uz apsaimniekošanas veidu.

Faktoru analīze ir daudzdimensiju analīzes metode, kas pēta pazīmju jeb mainīgo savstarpējās attiecības, nosaka faktorus, kas atrodas vairāku pazīmju saistību pamatā un var izskaidrot pazīmju mijiedarbību (Kristapsons, 2020). Faktoru analīzi pirmais sociālo zinātņu datu analīzē izmantoja Šarls Spermans (*Charles Spearman*) 1909. gadā (Bartholomew, 1995). Izdala divus faktoru analīzes veidus – izskaidrojošā (*exploratory*) un retāk lietotā apstiprinošā (*conformity*) metode, ko izmanto hipotēžu pārbaudei (Kline, 2008). Promocijas darbā izmantota izskaidrojošā faktoru analīzes metode. Faktoru analīze ir plaši izmantota statistiskās analīzes metode sociālajās zinātnēs, lai vienkāršotu darbu ar kompleksām datu kopām, tās organizējot un strukturējot (Kline, 2008). Attiecības starp mainīgo un faktoru mēra, izmantojot korelācijas analīzi. Faktoru analīze paskaidro atrasto korelāciju, identificējot slēptos jeb latentos faktorus, kuri šo korelāciju nosaka un izskaidro jeb, citiem vārdiem, faktoru analīze noskaidro, vai mainīgie $Y_1, Y_2 \dots, Y_n$ ir lineāri saistīti ar mazāka skaita un tieši nenovērojamiem faktoriem $F_1, F_2, F_3 \dots, F_k$ (Mooi et al., 2018). Galvenie faktoru analīzes izpildes soļi (Izenman, 2008) ir: 1) datu kopas izveide; 2) korelācijas matricas (dod aptuvenu priekšstatu par mainīgo grupām) izveide un Bartleta sfēriskuma testa (*Bartlett's test of sphericity*) izpilde, lai noteiktu, vai datu kopa ir piemērota faktoru analīzei; 3) Kaizera Meijera Olkina (*Kaiser–Meyer–Olkin measure of sampling adequacy*) (KMO) testa izpilde, lai noteiktu datu atbilstību faktoru analīzei. Uz atbilstību norāda augsta KMO vērtība ($0,5 \geq 1,0$). Dati nav atbilstoši faktoru analīzei, ja $KMO < 0,5$; 4) faktoru skaita noteikšana un rotācija, lai novērstu šķērsslodzi; 5) faktoru struktūras interpretācija, izmantojot aprēķinātos faktorslodzes rādītājus, kas nosaka lineārās sasaistes ciešumu starp mainīgajiem un faktoriem. Faktorslodzi uzskata par augstu, ja tā pārsniedz 0,6 (tam, vai vērtība ir pozitīva vai negatīva, nav nozīmes) un vidēji augsta, ja tā pārsniedz 0,3, savukārt faktorslodzes ar vērtību $< 0,3$ nav izmantojamas (Kline, 2008).

Faktoru un klasteru analīzei izmantoti divpadsmit promocijas darba pētījumā izveidotās LAD un VAAD lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes datu kopas zemes vienības raksturojošo mainīgo rādītāji (2.1.tabula).

LAD un VAAD lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes datu kopā ietverto zemes vienību raksturojošo mainīgo rādītāju apraksts 2012. – 2020. gadā / Description of variables characterizing the land units contained in the LAD and VAAD agricultural organic soil research dataset in 2012 – 2020

Rādītājs	Rādītāja apraksts
Zemes izmantošana	aramzeme, zālājs, ilggadīgs stādījums (0-20 gadi), ilggadīgs stādījums (20-40 gadi), dārzkopība, papuve, aizaugusi lauksaimniecības zeme
Augsnes mitruma režīms	normāls, periodiski mitrs, mitrs, sauss
Reljefs	līdzenums, viļņots līdzenums, neliels slīpums – vāja erozija, stāvs slīpums – vidēja līdz spēcīga erozija, izteikti stāvs slīpums
Akmeņainība	akmeņu nav, reti akmeņi, akmeņains, atsevišķi akmeņu krāvumi, atsevišķi lieli akmeņi, daudz dažāda lieluma akmeņu
Augsnes OV saturs	vērtība %
Augsnes pH _{KCl}	vērtība intervālā no < 4,6 līdz > 6,5
Iekultivēšanas pakāpe	zema, vidēja, augsta
Augsnes tips	kūdras un kudrainā augsne atbilstoši Latvijas nacionālajai klasifikācijai
Zemes vērtība	zemes vērtība relatīvās vienībās no < 10 līdz > 60
Saņemtā atbalsta veids	ES atbalsta veidi
Lauksaimniecības kultūraugs	lauksaimniecības kultūraugs (piemēram, daudzgadīgie kultūraugi, zālājs, dārzkopības kultūraugi, graudaugi, aizaugušas platības)
Atbalsta platība	Hektāri

Avots: autores veidots, izmantojot nepublicētus LAD Lauku reģistra informācijas sistēmas un VAAD augsnes agroķīmiskās izpētes datu bāzes datus par 2012. – 2020. gadu

LAD un VAAD organiskās augsnes datu kopas dati katram no izpētes gadiem (2012. – 2020. gads) organizēti divdimensiju matricā, kuras pirmā kolona atbilst atlasītajām 283 zemes vienībām, bet pārējās kolonās ietvertas 12 mainīgo rādītāju (2.1. tabula) vērtības attiecīgajos gados. Tādējādi tabulas rindas raksturo pētāmā objekta (atlasīto zemes vienību) rādītājus.

Faktoru un klasteru analīzes izpildei izveidotās LAD un VAAD organiskās augsnes datu kopas dati katram no izpētes gadiem (2012. – 2020. gads) m organizēti divdimensiju matricā, kuras pirmā kolona atbilst atlasītajām 283 zemes vienībām, bet pārējās kolonās ietvertas divpadsmit mainīgo rādītāju jeb sākotnējo faktoru (2.2. tabula) ciparotas vērtības attiecīgajos gados. Tādējādi matricas rindas raksturo pētāmā objekta (atlasīto zemes vienību) rādītājus. Izveidotās datu matricas atbilstība faktoru analīzes izmantošanai pārbaudīta veicot KMO un Bartleta testus. KMO testa vērtība 0,785 un Bartleta testa rezultāts Sig. = 0,000 liecina par to, ka datu kopa ir adekvāta faktoranalīzes veikšanai (KMO testa rezultāts pārsniedz 0,5), zemes vienību raksturojošo rādītāju dispersiju var izskaidrot ar kompleksiem faktoriem un dispersiju izraisa 79% no analizējamajiem rādītājiem. Slēptas jeb latentas sakarības skaidrojošo komplekso faktoru atlasei (pašvērtība ≥ 1) izmantota Varimax ortogonālās rotācijas metode.

Faktoru analīze veikta katram no izpētes gadiem (2012. – 2020. gads), tomēr, tā kā starp gadiem netika novērotas būtiskas atšķirības, rezultātu raksturošanai izmantota 2020. gada datu kopa. Pārlicinoties, ka datu kopa ir piemērota faktoru analīzei, izveidota sākotnējo faktoru daudzskaitliskās korelācijas matrica un iegūti sākotnējo faktoru korelācijas analīzes rezultāti (2.2. tabula).

Daudzfaktoru korelācijas rezultāti izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienību mainīgajiem rādītājiem Latvijā 2020. gadā / *Multivariate correlation results for variables of agricultural organic soil land units selected for research in Latvia in 2020*

Rādītājs	Pozitīva korelācija (0,01 level (2-tailed))			Rādītāji ar ļoti ciešu korelāciju (>0,6)
	Neliela (0,1 – 0,3)	Vidēja (0,31 – 0,5)	Cieša (>=0,51)	
Korelējošo rādītāju skaits				
Zemes izmantošana	1	1	3	Reljefs
Augsnes mitruma režīms	4	1	3	Akmeņainība; Reljefs
Reljefs	4	1	3	Zemes izmantošana; Augsnes mitruma režīms; Akmeņainība
Akmeņainība	4	1	3	Augsnes mitruma režīms; Reljefs
Augsnes OV saturs	0	4	2	nav
Augsnes pH _{KCl}	4	0	2	Augsnes iekultivēšanas pakāpe
Iekultivēšanas pakāpe	5	0	2	Augsnes pH _{KCl}
Augsnes tips	0	0	0	nav
Zemes vērtība	5	0	0	nav
Saņemtā atbalsta veids	1	0	0	nav
Lauksaimniecības kultūraugs	1	0	0	nav
Atbalsta platība	3	0	0	nav

Avots: autores veidots

Daudzkorelāciju analīze liecina, ka nozīmīgākā pozitīvā korelācija (>=0,51) ir zemes lietošanas veidam, mitruma apstākļiem, reljefam un akmeņainībai – katram no šiem mainīgajiem ar trīs citiem mainīgajiem. Visciešākā korelācija ir reljefam ar zemes lietošanas veidu, mitruma apstākļiem, akmeņainību. Augsnes tipa pazīmei nav konstatēta korelācija ar pārējiem mainīgajiem, savukārt saņemtajam atbalstam konstatēta neliela negatīva korelācija ar 4 analizētajiem mainīgajiem, vidēja negatīva korelācija ar diviem un vāji pozitīva korelācija (-,276) ar vienu mainīgo – audzēto lauksaimniecības kultūraugu. Saņemtajam atbalstam nav novērota korelācija ar augsnes tipa pazīmi un zemes vērtības rādītāju, kam iemesls varētu būt tas, ka atbalsta sniegšana nav saistīta ar zemes novērtējumu vai augsnes tipu.

Ar faktoru analīzes palīdzību mainīgie sagrupēti 4 kompleksos faktoros, kas izskaidro 68% no kopējās datu izkliedes, attiecīgi 32% no izkliedes izskaidro citi faktori. Katrs atlasītais faktors sastāv no rādītājiem, kuru faktorslodze ir lielāka par 0,5. Starp četros kompleksos faktoros savstarpēji saistītajām pazīmēm pastāv slēpta, latentā mainīgā ietekme. Kompleksie faktori, tajos ietvertās pazīmes un pazīmju faktorslodze (pēc rotācijas piemērošanas) attēlota 2.3. tabulā.

Faktoru analīzes rezultāti izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienību mainīgajiem rādītājiem Latvijā 2020. gadā / Factor analysis results for variables of agricultural organic soil land units selected for research in Latvia in 2020

Rādītājs (izskaidrotā informācija, %)	Faktorslodze
1. faktors. F1 Agroekoloģiskie apstākļi (26,1%)	
Zemes izmantošana	0,79
Augsnes mitruma režīms	0,89
Reljefs	0,90
Akmeņainība	0,85
2. faktors. F2 Augsnes kvalitāte (20,9%)	
Augsnes OV saturs	0,81
Augsnes pH _{KCl}	0,88
Iekultivēšanas pakāpe	0,87
3. faktors. F3 Zemes vērtība (10,6%)	
Augsnes tips	-0,51
Zemes vērtība	-0,54
Atbalsta platība	0,74
4. faktors, F4 Atbalsts (10,5%)	
Saņemtā atbalsta veids	0,54
Lauksaimniecības kultūraugs	0,89

Avots: autores veidots

Pirmais kompleksais faktors *Agroekoloģiskie apstākļi* izskaidro 26,1% no izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienību raksturojošo rādītāju sakarībām. Šis ir kompleksais faktors ar vislielāko apvienoto pazīmju skaitu – apvieno 4 rādītājus, kas raksturo agroekoloģisko situāciju – reljefu, augsnes mitruma apstākļus, akmeņainību un zemes izmantošanu. Lielākās faktorslodzes konstatētas reljefam (0,90) un augsnes mitruma apstākļiem (0,89). Otrais kompleksais faktors *Augsnes kvalitāte* izskaidro 20,9% no izkliedes un ietver tādus augsnes kvalitāti raksturojošus rādītājus, kā augsnes OV saturs, augsnes pH_{KCl} un iekultivēšanas pakāpe. Visiem rādītājiem aprēķinātas augstas, pozitīvas faktorslodzes – virs 0,8. Trešais kompleksais faktors *Zemes vērtība* skaidro 10,6% izkliedes un ietver augsnes tipa, zemes vērtības un atbalsta platības rādītājus. Divi no rādītājiem (augšnes tips un zemes vērtība) ar trešo komplekso faktoru korelē negatīvi, kas varētu būt skaidrojams ar to, ka zemes vērtības un augsnes tipa rādītāju vērtības nav aktualizētas, izmanto vēsturiskos datus, kas vairs visticamāk neraksturo faktisko situāciju dabā. Ceturtais kompleksais faktors *Atbalsts* skaidro 10,5% izkliedes un to veido divi rādītāji – saņemtā atbalsta veids un lauksaimniecības kultūraugs, kuru faktorslodze ir augsta un pozitīva – attiecīgi 0,54 un 0,89.

Tādējādi var novērot, ka pirmais kompleksais faktors, *Agroekoloģiskie apstākļi*, ir ar vislielāko izskaidrojošo kapacitāti un augstākajām pozitīvajām faktorslodzēm. Savukārt otrais faktors, *Augsnes kvalitāte*, ietekmes ziņā daudz neatpaliek no pirmā. Tas varētu liecināt par to, ka nozīmīgākie, izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienību raksturojošie rādītāji ir saistīti ar zemes platības agroekoloģiskajiem apstākļiem un augsnes kvalitāti, bet salīdzinoši maz vērojama sasaiste ar zemes novērtējuma rādītājiem un saņemto atbalstu.

Izmantojot faktoru analīzē iegūtos kompleksos faktoros, veikta **klasteru analīze**, lai izdalītu atšķirīgas izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienību grupas jeb klasterus atkarībā no komplekso, raksturojošo faktoru ietekmes uz apsaimniekošanas veidu.

Klasteru analīzi izmanto, lai organizētu datu kopu un izpētītu tās iekšējo (*underlying*) struktūru (Halkidi et al., 2001), klasificējot jeb grupējot savstarpēji līdzīgus izpētes objektus klasteros tā, lai objekti klasterī būtu savstarpēji līdzīgāki nekā salīdzinot ar objektiem citos klasteros (Jain et al., 1999). Kopš 20. gadsimta beigām klasteru metode ir tikusi plaši pielietota dažādās zinātnes jomās (Jain, 2010), tostarp atmosfēras, klimata, vides, meteoroloģiskajos pētījumos (Govender & Sivakumar, 2020) un arī lauksaimniecības pētījumos (Tiwari & Misra, 2011). Ir pazīstamas dažādas klasteru metodes variācijas. Viens no pētniecībā izmantotiem klasteru analīzes grupējumiem ir metodiskās pieejas iedalījums trīs klasēs: hierarhiskā (*hierarchical clustering*), optimizācijas (*optimization clustering*) un modeļu bāzes (*model-based clustering*) metode (Landau & Chis Ster, 2010). Bet viena no biežāk lietotajām ir hierarhiskā metode (Govender & Sivakumar, 2020), kuru autore izmanto promocijas darbā.

Ar klasteru analīzes palīdzību elementi (izpētei atlasītās lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienības) n , pamatojoties uz to īpašībām (zemes vienības raksturojošajiem rādītājiem) p ($p > 0$), grupēti iekšēji viendabīgos, bet savstarpēji atšķirīgos klasteros k ($k > 1$) tā, lai klasteri būtu homogēni klastera vidē, respektīvi, lai klasterī nonāk objekti ar maksimāli līdzīgām pazīmēm, bet klasteri savstarpēji būtu heterogēni. Klasteru skaits noteikts, izmantojot Elbova (*Elbow*) metodi. Noteikti 5 klasteri, kas norāda uz veidu, kā sagrupējas izpētei atlasītās lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienības. Mazākais zemes vienību skaits vienā no klasteriem (otrajā) ir 3, kas nozīmē, ka šis klasteris varētu būt uzskatāms nevis par kopu, bet izņēmumu. ANOVA analīze liecina, ka nozīmīgākie kompleksie faktori klasteru izdalīšanā ir F2 *Augsnes kvalitāte* un F3 *Zemes vērtība*.

2.4.tabula/Table 2.4

Klasteru analīzes rezultāti izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienībām Latvijā 2020. gadā / Cluster analysis results for agricultural organic soil land units selected for research in Latvia in 2020

Faktors	Klasteris 1 (n=225)	Klasteris 2 (n=3)	Klasteris 3 (n=9)	Klasteris 4 (n=12)	Klasteris 5 (n=20)
	Klasteru centru relatīvās vērtības				
F1 Agroekoloģiskie apstākļi	0,018	1,246	-0,534	-0,922	0,401
F2 Augsnes kvalitāte	0,259	0,555	-2,202	-3,299	-0,022
F3 Zemes vērtība	-0,096	-4,339	-1,143	-0,195	2,363
F4 Atbalsts	-0,166	0,279	2,757	-0,744	1,026

Avots: autores veidots

Pirmo klasteri raksturo gan pozitīvas, gan negatīvas klasteru centru vērtības. Šajā klasterī grupēts vislielākais zemes vienību skaits – 225 vienības. Klasterim raksturīga laba augsnes kvalitāte un agroekoloģiskie apstākļi. Otrais klasteris varētu tikt traktēts kā izņēmums, jo apvieno tikai 3 izpētei atlasītās lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienības. Arī trešajā, ceturtajā un piektajā klasterī grupēto zemes vienību skaits ir neliels (attiecīgi 9, 12 un 20 zemes vienības), kas norāda uz homogēnu datu (zemes vienību) struktūru, tiem grupējoties vienā klasterī. Klasteru centri (2.5 tabula) raksturo atšķirību starp klasteriem, jo lielāks attālums starp klasteru centriem jo atšķirīgāki ir šie klasteri, tādējādi, vislielākās atšķirības vērojamas starp otro un piekto klasteri, bet pirmais un piektais klasteris ir vislīdzīgākie.

Attālums starp klasteru centriem izpētei atlasīto lauksaimniecības organiskās augsnes zemes vienībām Latvijā 2020. gadā / Distance among cluster centres for agricultural organic soil land units selected for research in Latvia in 2020

Klasteris	Attālums starp klasteru centriem				
	1	2	3	4	5
1		4,449	3,999	3,727	2,773
2	4,449		5,208	6,147	6,820
3	3,999	5,208		3,809	4,573
4	3,727	6,147	3,809		4,708
5	2,773	6,820	4,573	4,708	

Avots: autores veidots

Klasteru analīze ir izpētes tehnika, kuras galvenais mērķis nav izdarīt secinājumus par analizējamo objektu parametriem, bet gan norādīt uz datu struktūru (Landau & Chis Ster, 2010), kas promocijas darba pētījumā ir vērtējama kā viendabīga.

Faktoru analīzes rezultāti apstiprina autores pieņēmumu par to, ka ES atbalsts lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā Latvijā 2012. – 2020. gadā nav bijis mērķtiecīgs vai saistīts ar faktiskajiem agroekoloģiskajiem apstākļiem vai augsnes īpašībām. Līdzīgas tendences atklājas arī citās ar organisko augsni bagātās valstīs, vērtējot zemes izmantošanas datu analīzes metodoloģiskās pieejas un secinot, ka pārvaldības datu ieguvei klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu efektivitātes novērtēšanai ir nepietiekami saskaņota pieeja un apjoms (European Commission. Directorate General for Climate Action. & IEEP., 2018). Pamatojoties uz valstu sniegto informāciju pētījumā (European Commission. Directorate General for Climate Action. & IEEP., 2018) apkopoti dati par politikas pasākumiem (galvenokārt ES KLP), kas izmantoti lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanai, tomēr nav vērtēts ietvertu politikas pasākumu faktiskais mērķtiecīgums un ietekme. Faktoru analīzes rezultāti apstiprina nepieciešamību ņemt vērā ne tikai politikas pasākumu skaitu, bet arī un jo īpaši darbību faktisko mērķtiecīgumu un saistību ar konkrētās teritorijas specifiku. Pretējā gadījumā politiskā ietekme var tikt pārvērtēta vai nenovērtēta un politiskie mērķi var netikt sasniegti. Šo secinājumu apstiprina lauksaimniecības organiskās augsnes pētījumi Somijā, piemēram, par SEG emisiju samazināšanas potenciālu, konstatējot, ka efektīvāku risinājumu sasniegšanai, kā viens no atbalsta kritērijiem iekļaujams augsnes tips (Regina et al., 2016). Savukārt, Ziemeļvalstu kūdras augsnes nākotnes apsaimniekošanas iespēju analīze (Kløve et al., 2017) atklāj nepieciešamību politiskos lēmumus balstīt uz lokāliem novērojumiem un pareizi izprast apsaimniekošanas pasākumu ilgtermiņa ietekmi. Vērtējot problēmas, kas saistītas ar klimata pārmaiņu politikas mērķu sasniegšanu, izmantojot zemes apsaimniekošanas politiku (Brown, 2020), sastopamas norādes uz mērķtiecīgu politikas pasākumu nozīmi pretēji simboliskiem mērķa rādītājiem. KLP ir viens no spēcīgākajiem politikas instrumentiem ES dalībvalstīs, un ar katru jaunu periodu tas ir ciešāk saistīts ar starptautisko un ES klimata pārmaiņu mazināšanas politiku (Licite & Popluga, 2022b). Promocijas darbā analizēti deviņu gadu (2012. – 2020. gads) dati, kas daļēji sakrīt ar ES KLP plānošanas periodu 2014. – 2020. gadam, taču katram nākamajam ES KLP periodam EK izstrādā jaunu atbalsta konceptuālo ietvaru un normatīvo dokumentu kopumu – tādējādi atkārtota analīze atklātu tālākās izmaiņas organiskās augsnes apsaimniekošanas scenārijos un kalpotu kā informatīva norāde turpmākai politikas plānošanai.

2.3. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi lauksaimniecības organiskajā augsnē/*Climate Change Mitigation Measures in Agricultural Organic Soil Management*

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas potenciālais efekts mežsaimniecībā, lauksaimniecībā un mitrāju apsaimniekošanā varētu nodrošināt aptuveni 30% no globāli līdz 2050. gadam nepieciešamā SEG emisiju samazinājuma 1.5 °C mērķa sasniegšanai (Parīzes nolīgums) (Roe et al., 2019). Ilgtspējīgu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešana lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā varētu sniegt būtisku ieguldījumu nacionālo un starptautisko klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu sasniegšanā (Rhymes et al., 2023). Organiskās augsnes apsaimniekošanas SEG emisiju apjoms globālā un ES līmenī nosaka to, ka nepieciešami pēc iespējas efektīvi emisiju samazināšanas pasākumi, kas turklāt būtu arī izmaksu efektīvi (European Commission, 2018b). Izdala trīs galvenās SEG emisiju samazināšanas pieejas, kas var tikt izmantotas lauksaimniecības, meža un zemes lietošanas maiņas sektorā (Smith et al., 2014): (1) emisiju rašanās novēršana vai samazināšana, saglabājot oglekļa krātuves tostarp augsnē; (2) oglekļa piesaistes no atmosfēras un uzkrāšanas (tostarp – augsnē) veicināšana; (3) CO₂ emisiju samazināšana, izmantojot fosilo resursu aizstāšanas efektu. Uzsvērta arī patēriņa maiņa, kas uz organisko augsni var attiekties, ja, piemēram, ietver pieeju izvairīties no produkcijas lietošanas, kas iegūta apsaimniekojot organisko augsni. Vienlaikus IPCC (Smith et al., 2014) dod arī vispārīgu atsauci uz lauksaimniecības zemes, tostarp aramzemes un ganību apsaimniekošanas prakses maiņu, kā arī organiskās augsnes atjaunošanu (*restoring*), kā izmaksu efektīvu pieeju, tomēr nenorādot atsaucē uz izmaksu efektivitātes aprēķiniem.

IPCC (Shukla et al., 2019) uzsver, ka veiksmīga klimata pārmaiņas samazinošu pasākumu ieviešana nav iespējama, neņemot vērā vietējos apstākļus un sociāli ekonomiskos faktorus. Savukārt, par organiskās augsnes apsaimniekošanu ar augstu ticamības koeficientu uzsvērta, ka šīs augsnes esamība nosaka specifiskus agroekoloģiskos apstākļus un ieviešamo pasākumu efektivitāte atkarīga no tā, cik lielā mērā šie specifiskie apstākļi ir ņemti vērā. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanai konkrēti norādījumi nav doti, vien iezīmētas vispārīgas stratēģijas lauksaimniecības sektorā kopumā, kas zināmā mērā varētu tikt attiecinātas uz organisko augsni: 1) aramzemes un zālāja apsaimniekošanas uzlabošana; 2) augsnes OV satura palielināšana vai saglabāšana; 3) mitrāju atjaunošana un lietošanas veida maiņas ierobežojumi.

Pasaules augsnes references datu bāzes ziņojums par starptautisko augsnes klasifikācijas sistēmu (IUSS Working Group WRB, 2014) sniedz rekomendācijas ne tikai augsnes klasifikācijai, bet arī apsaimniekošanai. Apsaimniekošanas veidu un iespējas limitē organiskā materiāla sastāvs un struktūra, piemēram, botāniskais sastāvs, sadalīšanās pakāpe, barības vielu daudzums. Ziņojums uzsver, ka būtiskas kūdras augsnes platības ir meliorētas un tiek regulāri kaļķotas un mēslošanas lauksaimniecības vajadzībām, ko nevar uzskatīt par optimālu praksi, ņemot vērā to, ka neizbēgami laika gaitā tiek zaudēts organiskais materiāls, tam oksidējoties. Galvenokārt izcelti tropu reģioni un tajos plaši lietotā prakse kūdras augsnēs iekoptās platības pamest tālākai degradācijai tiklīdz apsaimniekošana prasa papildus ieguldījumus. Gadījumos, kad organiskās augsnes apsaimniekošana ietver ūdens līmeņa regulācijas sistēmu ierīkošanu, kas faktiski ir neizbēgams nosacījums, ziņojums iesaka meliorācijas sistēmu ierīkot maksimāli sekli, lai būtu iespējama saimnieciskā darbība, bet vienlaikus joprojām pietiekami augsts gruntsūdens līmenis kavētu strauju OV mineralizēšanos.

ES valstu centieni dažādu ZIZIMM sektora pasākumu ieviešanā, tostarp saistībā ar lauksaimniecības organisko augsni, daļēji apkopotī valstu nacionālajos ziņojumos par progresu ZIZIMM pasākumu plāna ieviešanā, atbilstoši ES regulējumam (European Commission, 2013), kā arī sagatavojot regulāros nacionālos ziņojumus par politikām, pasākumiem un SEG emisiju prognozēm atbilstoši ES noteiktajam regulējumam (European Commission, 2018c). EK, balstoties uz dalībvalstu iesniegtajiem ziņojumiem sagatavo informācijas apkopojumus par plānotajiem un ieviestajiem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem zemes

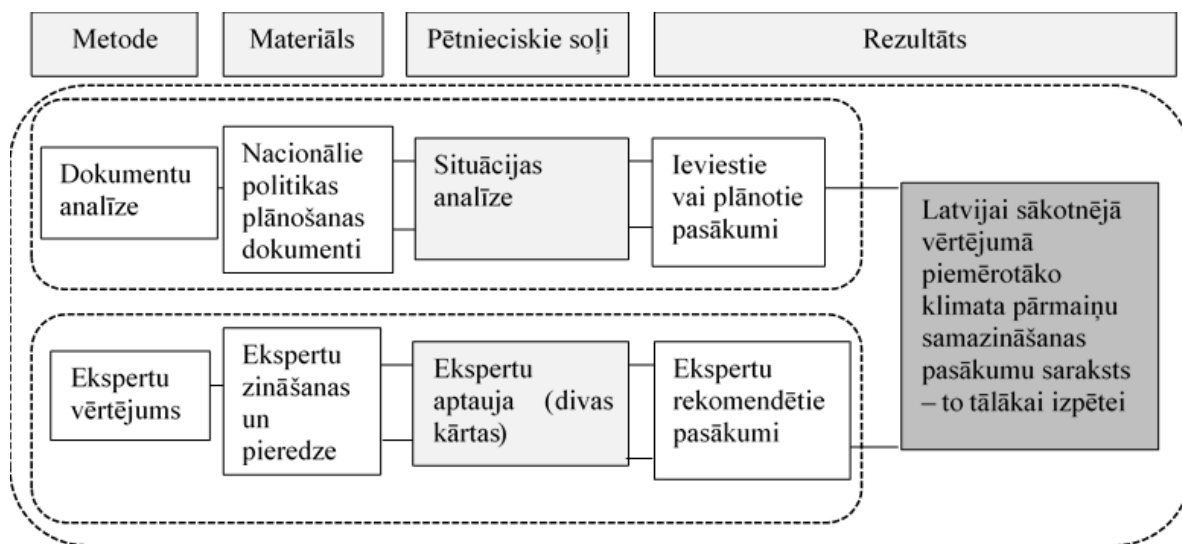
apsaimniekošanā ZIZIMM un lauksaimniecības sektoros (Paquel et al., 2017). Lielākā daļa dalībvalstu ziņoto pasākumu ir ES Kopējās lauksaimniecības politikas finansējuma atbalstītas aktivitātes. Saistībā ar lauksaimniecības organisko augsni dalībvalstis ziņo par tādiem pasākumiem, kā atbalsts aramzemes pārveidei par dabas teritoriju (mitrāju) gadījumos, kad tajā sastopamas organiskās augsnes (pasākums atbalstīts Vācijā), virkni mitrāju aizsardzības pasākumu variāciju (kas tomēr nav tieši saistāmi ar lauksaimniecības zemi), aramzemes pārveidi no regulāri apstrādātas platības par platību ilggadīgo kultūru audzēšanai un zālāju aizsardzību ar mērķi novērst to aparšanu, kas rada pastiprinātus oglekļa zudumus. Lai gan netiešas sasaistes ar organiskās augsnes apsaimniekošanu veidojas, tomēr tiešas ietekmes, mērķtiecīgu pasākumu, kas būtu vērsti uz klimata pārmaiņas samazinošu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu ES dalībvalstu ziņotajos pasākumos nav. Šī situācija norāda uz akūtu nepieciešamību pasākumu plānošanu aktualizēt politiskā līmenī, jo bez mērķtiecīgi vēršiem un finansiāli atbalstītiem pasākumiem, vērā ņemamas izmaiņas faktiskajās apsaimniekošanas darbībās ir maz ticamas. Līdz ar to secināms, ka, neskatoties uz lauksaimniecības organiskās augsnes radīto SEG emisiju īpatsvaru, lielākajā daļā ES valstu nav izstrādāta politika vai regulējums šo emisiju mazināšanai (Regina et al., 2016) un trūkst datu, lai kvantificētu SEG emisiju samazināšanas potenciālu (Paquel et al., 2017).

Zinātniskajā literatūrā minēti dažādi lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas klimata pārmaiņu ietekmes mazināšanas pasākumi. Starp biežāk minētajiem ir mitruma līmeņa atjaunošana (*rewetting*) ar vai bez sekojošas paludikultūru audzēšanas (Joosten et al., 2015; Mulholland et al., 2020; Tanneberger, Appulo, et al., 2021; Tanneberger et al., 2022; Wichtmann et al., 2016; Wilson et al., 2011), zālāja uzturēšana un aramzemes pārveide par zālāju (Beetz et al., 2013; Paul et al., 2018; Wen et al., 2021), samazinātas slāpekļa mēslojuma devas, lauksaimniecības dzīvnieku vienību skaits un alternatīvi augsnes apstrādes veidi (Paul et al., 2018), gruntsūdens līmeņa regulēšana (Campbell et al., 2015; Musarika et al., 2017; Regina et al., 2015), saglabājot intensīvu zālāja apsaimniekošanas praksi (Ferré et al., 2019) un citi. Konstatēts, ka lauksaimnieciskās ražošanas pārnese no organiskās augsnes uz minerālaugsni var nenest gaidīto SEG emisiju samazinājumu, jo N₂O emisiju apjoms noteiktos apstākļos var būtiski pārsniegt CO₂ emisiju samazinājumu (Taft, 2014). Gruntsūdens līmeņa pacelšanu uzskata par vienu no perspektīviem pasākumiem, tomēr pētījumi atzīmē to kā sarežģītu jautājumu lūkojoties no zemes īpašnieka, politikas un tirgus perspektīvas, jo pasākums konfliktē ar tālāku platības apsaimniekošanu lauksaimniecībā (Ferré et al., 2019). Lielākā daļa pētījumu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlasei un izpētei veikti Centrāleiropas valstu (Vācijas, Lielbritānijas, Īrijas, Dānijas u.c.) apstākļos, to secinājumi nav tieši piemērojami Baltijas reģionam un Latvijai. Latvijā nav veikti plaši pētījumi par lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas pasākumiem klimata pārmaiņu samazināšanai, tomēr INTERREG EUROPE projektā BIO4ECO ir vērtēta lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošana un sagatavoti priekšlikumi apsaimniekošanas uzlabošanai (Pilvere, 2017). Galvenie šī pētījuma ieteikumi ir: 1) palielināt ražošanas intensitāti organiskajās augsnēs, tādējādi palielinot produkcijas izlaides vērtību un samazinot SEG emisijas uz vienu saražotās produkcijas vienību; 2) lauksaimnieciskajai izmantošanai nepiemērotās vai sarežģīti apsaimniekojamās platībās apsvērt zemes lietošanas veida maiņu organiskās augsnes apsaimniekošanā, to apmežojot un tādējādi samazinot SEG emisiju apjomu un palielinot CO₂ piesaisti (kokaugu biomasā).

Nolūkā atlasīt Latvijas apstākļiem piemērotākos SEG emisiju samazināšanas pasākumus lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā, to tālākai izpētei promocijas darbā, autore izmanto 2018. – 2020. gadā LIFE programmas projekta “Klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju demonstrēšana auglīgās organiskajās augsnēs Baltijas valstīs un Somijā” (LIFE18CCM/LV/001158) (LIFE OrgBalt) pieteikuma sagatavošanas laikā veikta pētījuma rezultātus (Licite & Popluga, 2022a). LIFE OrgBalt projekta klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlases pētījuma rezultātu izmantošanu promocijas darbā autore pamato ar to, ka Latvija ir projekta partnervalsts, savukārt, Lietuvas, Igaunijas un Somijas datu izmantošana dod

iespēju nosegt ģeogrāfisko, klimatisko un sociāli ekonomisko apstākļu ziņā salīdzināmu kaimiņvalstu teritoriālo spektru.

Pasākumu atlase LIFE OrgBalt projekta klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlases pētījumā vairākos pētnieciskajos soļos (2.4. attēls): 1) analizējot Baltijas valstu un Somijas politikas plānošanas dokumentus (uz 31.12.2020) veikta situācijas analīze un iegūti dati par jau ieviestajiem un plānotajiem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem; 2) aptaujājot Baltijas valstu un Somijas vadošos zinātniskos ekspertus, izveidots Latvijai un Baltijas reģionam sākotnējā, teorētiskā vērtējumā piemērotāko klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu saraksts.



Avots: autores konstrukcija

2.4.att./Fig.2.4. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlases pētījuma izpildes metodika /Methodology for the selection of climate change mitigation measures

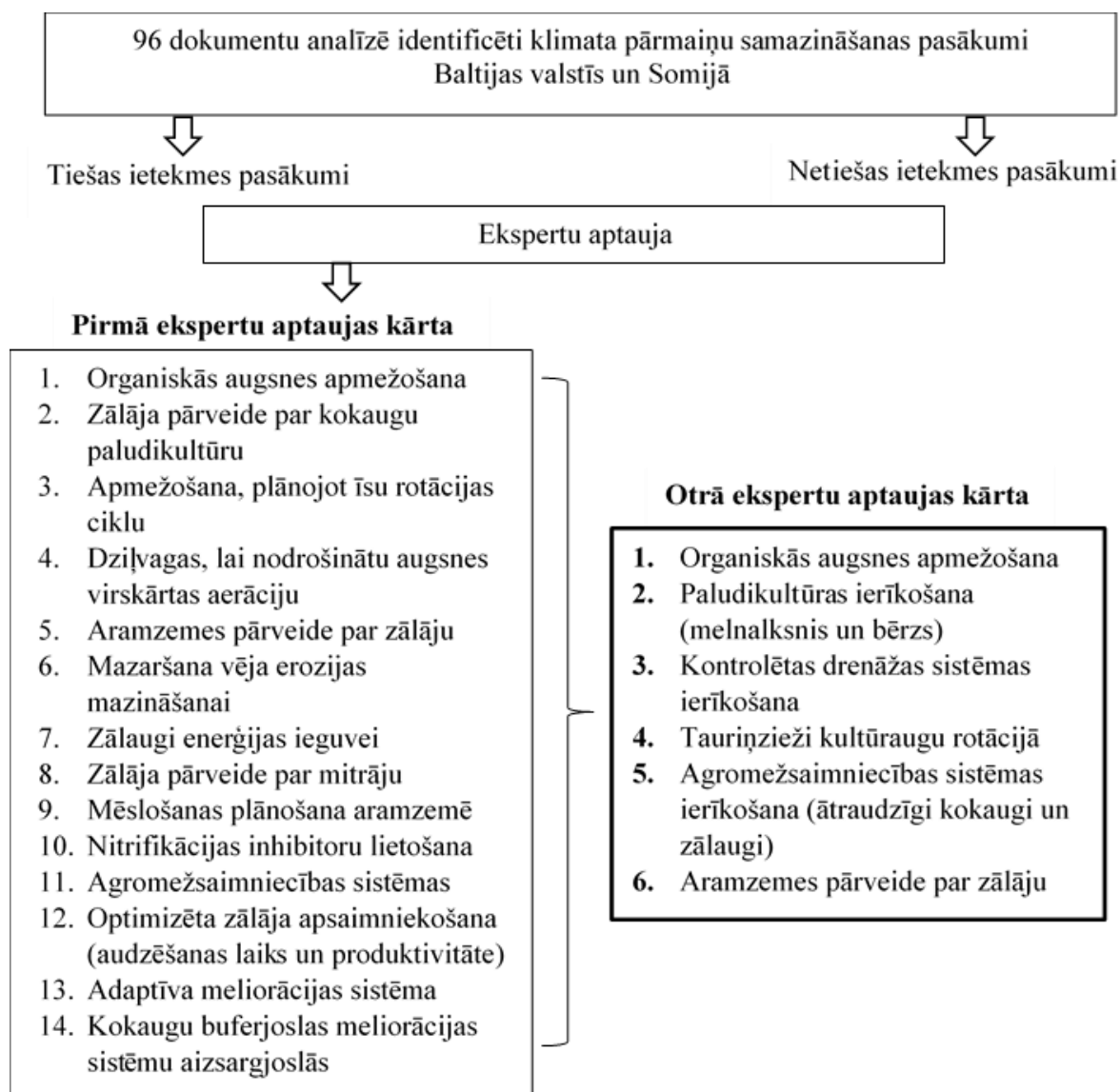
LIFE OrgBalt klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlases pētījumā iesaistītie eksperti izvēlēti, ņemot vērā to iepriekšējo pieredzi klimata pārmaiņu samazināšanas jautājumu izpētē augsnes apsaimniekošanā, kā arī iesaisti klimata un nozaru politikas veidotājiem nepieciešamu izpētes ziņojumu sagatavošanā. Katra no Baltijas valstīm un Somija pārstāvēta ar diviem ekspertiem (n=8), tiem, savukārt, pārstāvēt vadošos zinātniskās izpētes centrus klimata pārmaiņu samazināšanas jomā lauksaimniecības un meža nozarēs: LVMI Silava Latvijā, Lietuvas Lauksaimniecības un meža izpētes centru, Tartu universitāti Igaunijā un Somijas Dabas resursu institūtu. Ekspertu vērtējuma sagatavošanā iesaistītajiem ekspertiem ir ilggadīga pieredze nacionālo SEG inventarizācijas ziņojumu sagatavošanai nepieciešamo datu ieguvē un apstrādē, SEG emisiju inventarizācijas un prognožu metodoloģisko jautājumu risināšanā un nacionālo ziņojumu sagatavošanā. Visi pētījumā iesaistītie eksperti pārstāv zinātniskas institūcijas, jo autore uzskata, ka pasākumu sākotnējai atlasei ir jābūt zinātniski pamatotai, atturoties no vērtējumiem, kas varētu būt balstīti uz emocionāliem, ekonomiskiem vai politiskiem apsvērumiem, kā tas varētu notikt citu interešu grupu pārstāvju iesaistes gadījumā.

Analizējot Baltijas valstu un Somijas politikas plānošanas dokumentus, caurlūkot ES Kopējās lauksaimniecības politikas ietvara dokumenti, nacionālās klimata un nozaru politikas stratēģijas, programmas un plāni. Secināts, ka situācija Baltijas valstīs un Somijā atšķiras, tomēr kopējā tendence liecina par mērķtiecīgu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izstrūkumu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā. Lai gan visi ES KLP lauksaimniecības zemes apsaimniekošanas pasākumi Baltijas valstīs un Somijā netieši var tikt attiecināti uz lauksaimniecības organisko augsni, pat, ja šāda augsnes grupa nav atsevišķi izdalīta, tomēr šādā gadījumā ir praktiski neiespējami korekti aprēķināt to klimata pārmaiņu samazināšanas efekta apjomu, kas specifiski saistāms ar organisko augsni. Attiecīgi – klimata pārmaiņu samazināšana

lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā šādā gadījumā, kad pasākumi nav specifiski sasaistīti ar organisko augsni, ir sasniegta nejauši, ko nevar uzskatīt par mērķtiecīgu politikas plānošanu. Baltijas valstīs un Somijā identificēti deviņdesmit seši klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi ar tiešu un netiešu ietekmes potenciālu, par netiešas ietekmes pasākumiem uzskatot pasākumus, kas vērsti uz klimata pārmaiņu samazināšanu lauksaimniecības augsnes apsaimniekošanā, bet nav sasaistīti ar organiskās augsnes apsaimniekošanu. Konstatēts, ka tikai četri pasākumi (Igaunijā un Somijā) ir tiešas ietekmes un mērķtiecīgi veidoti klimata pārmaiņu samazināšanai lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā: 1) atbalsts lauku attīstībai Igaunijā, lai ierobežotu SEG emisijas, augsnes eroziju, barības vielu izskalošanos un stimulētu augsnes OV satura palielināšanos kūdras augsnē. Pasākums iekļauts Igaunijas KLP Lauku attīstības programmā 2014. – 2020.; 2) Somijas Vidēja termiņa klimata pārmaiņu politikas plānā (2017) iekļauti pasākumi, kuru mērķis ir ilgtermiņā stimulēt organiskās augsnes apstrādi bez aršanas, paaugstināt gruntsūdens līmeni lauksaimniecības organiskajā augsnē (kontrolētā drenāža), kā arī organiskās augsnes apmežošanu. Latvijā nav identificēti tiešas ietekmes klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā.

Ekspertu aptauja veidota kā strukturēta kvalitatīvas informācijas ieguves matrica, ietverot atvērtus jautājumus par potenciāli izmaksu efektīviem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu veidiem lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā, koncentrējoties uz nepieciešamību identificēt pasākumus, kuri, pēc to zinātniskas verifikācijas, varētu tikt ieteikti ieviešanai Baltijas reģionā. Aptauja veidota nosedzot jautājumus, kurus eksperti aicināti apsvērt, izvirzot konkrētus klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu priekšlikumus: 1) kādas oglekļa krātuves un SEG emisijas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākums ietekmē; 2) kādas metodes un modeļi ir izmantojami pasākuma ietekmes novērtēšanā; 3) kādi uzlabojami varētu būt nepieciešami LAD un citu informācijas un monitoringa sistēmu izmantošanā pasākuma ietekmes novērtēšanai; 4) kāds ir pasākuma ietekmes ilgnoturīgums, kādi papildus pasākumi nepieciešami, lai sekmētu ilgnoturīgumu; 5) kāda varētu būt kvantificējamā pasākuma ieviešanas ietekme nacionālā līmenī, kāda ir pasākuma atbilstība ilgspējīgas attīstības kritērijiem; 6) pasākuma izmaksu un ieguvumu bilance; 7) pasākuma mijiedarbība ar citiem SEG inventarizācijas sektoriem; 8) zinātniskās literatūras un projektu datu pieejamība par pasākumu; 9) ar pasākumu saistītie zināšanu “robi” un nenoteiktība.

LVMI Silava, kā LIFE OrgBalt projekta vadošais partneris, ekspertu aptauju veicis attālināti, rezultātus ar iesaistītajiem ekspertiem pārrunājot tiešsaistes konferences zvanu laikā. Pirmajā ekspertu aptaujas kārtā (2.5. attēls) izvēlēti četrpadsmit tiešas ietekmes klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi (tieša sasaiste ar lauksaimniecības organisko augsni), kuru skaits otrajā kārtā samazināts līdz sešiem pasākumiem (2.5. attēls). Otrajā aptaujas kārtā eksperti atlasījuši tos pasākumus, kuri to vērtējumā ir ar visnozīmīgāko SEG emisiju samazināšanas un praktiskās īstenošanas potenciālu, ņemot vērā reģionālos apstākļus (infrastruktūras gatavību, lokālo ģeoloģisko stāvokli, praktiski pieejamos līdzekļus, prognozēto lauksaimnieku akcepta līmeni) Baltijas valstīs un Somijā. Tādējādi sešus otrajā kārtā atlasītos klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus eksperti uzskata par potenciāli visefektīvākajām un reģionāli (Baltijas valstis un Somija) piemērotākajām turpmākam novērtējumam, tostarp vietējiem *in situ* SEG emisiju un vides datu mērījumiem, kā arī sociāli ekonomiskajam novērtējumam.



Avots: autores konstrukcija

2.5.att./Fig.2.5. LIFE OrgBalt projekta klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlasē pētījuma rezultāti Baltijas valstīs un Somijā 2018. – 2020. gadā / The results of the LIFE OrgBalt project's research on selection of measures to reduce climate change in the Baltic States and Finland in 2018–2020

Autore promocijas darbā izdara pieņēmumu, ka LIFE OrgBalt projekta klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu atlasē pētījuma otrajā ekspertu aptaujas kārtā atlasītie seši klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi ir piemērotākie tālākai izpētei Latvijā, minēto izpēti veicot un aprakstot promocijas darba 3. nodaļā.

Katram no sešiem, tālākai izpētei atlasītajiem, klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem sagatavots vispārīgs agrotehniskais raksturojums (2.6.tabula), pētniecisko atziņu kopsavilkums par klimata pārmaiņu samazināšanas ietekmi (izmantojot nacionāli un starptautiski veiktu pētījumu rezultātus, kas publicēti zinātniskajā periodikā), raksturojošo rādītāju kopums jeb darba matrica ekonomiskajai analīzei (plašāks izklāsts 3.1. apakšnodaļā) un agrotehnisko rādītāju kopums (3. pielikums).

Latvijai piemēroto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu lauksaimniecības organiskajā augsnē vispārīgs agrotehniskais raksturojums/General agrotechnical characteristics of climate change mitigation measures in agricultural organic soil in Latvia

Apzīmējums	Nosaukums	Pasākuma agrotehniskais raksturojums
P 1	Aramzemes pārveide par zālāju	Aramzemes, kurā audzēti graudaugi pārveide par periodiski artu zālāju (stiebrzāļu zālaugu un tauriņziežu (sarkanais vai bastarda āboliņš) maisījums). Apsaimniekošanas mērķis: 1) pirmie trīs gadi – skābsiens; 2) no ceturtā līdz sestajam gadam – siens (tauriņziežu īpatsvars samazinās). Septītajā gadā paredzēta virspusēja augsnes apstrāde un zālaugu/tauriņziežu maisījuma piesēja bez virsauga. Sākot ar septīto gadu cikls atkārtojas. Pieņemts, ka skābsienu gatavo rulonos, jo organiskā augsne mēdz būt nelielās platībās un rulonu gatavošana ir ekonomiski pamatotākā nekā tranšeju vai stirpu tehnoloģijas izmantošana, kas turklāt nozīmē arī intensīvāku tehnikas izmantošanu, kas pārmitros apstākļos var būt sarežģīti. Kūtsmēsli lietošana organiskā augsnē nav plānota, jo OV saturs augsnē ir augsts.
P 2	Kontrolētā drenāža	Kontrolētas drenāžas sistēmas ierīkošana periodiski artā zālājā, uzturot paaugstinātu gruntsūdens līmeni visā veģetācijas periodā. Zālāja apsaimniekošanas raksturojums identisks P1.
P 3	Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	Tauriņzieži (bastarda āboliņš) rotācijā ar labību (rudzi, auzas). Apsaimniekošanas mērķis: 1) pirmos trīs gadus bastarda āboliņa un timotiņa maisījums (50:50) skābbarībai; 2) trešajā gadā sēj rudzus ziemājiem, ceturtajā un piektajā gadā sēj auzas, sestajā – auzas ar bastarda āboliņa pasēju. Septītajā gadā cikls atkārtojas.
P 4	Agromežsaimniecība	Kokaugu (hibrīdā papele) stādījums aramzemē kombinācijā ar zālaugu (sarkanā auzene) sējumu. Platības segums: 25% kokaugu stādījums, 75% zālaugu sējums. Piecdesmit gadu kokaugu audzēšanas cikls. Apsaimniekošanas mērķis: 1) pirmos trīs gadus sarkano auzeni audzē sēklai; 2) ceturtajā un piektajā gadā iegūst sienu (ruloni), sestajā gadā veic pārsēšanu, ciklu atkārtojot. Papeles (Vesten, OP42 vai līdzīgi kloni ar pierādītu efektivitāti audzēšanai kūdras augsnē) stāda pirmā gada pavasarī ar 4 un 2 metru rindstarpu attālumu (1250 koki ha ⁻¹) enerģētiskās vai tehnoloģiskās koksnes ieguvei.
P 5	Apmežošana	Zālāja apmežošana ar egli, stādot pacilās. Piecdesmit gadu audzēšanas cikls ar plantāciju mežaudzes pieeju kopšanā un atjaunošanas cirtē, krājas kopšanas cirtē iegūstot sīkbaļķus un papīrmalku, atjaunošanas cirtē – zāģbaļķus un papīrmalku.
P 6	Paludikultūra	Melnalkšņa un bērza (attiecīgi 60% un 40%) stādījums zālājā, stādot pacilās. Piecdesmit gadu audzēšanas cikls ar plantāciju mežaudzes pieeju kopšanā un atjaunošanas cirtē, krājas kopšanas cirtē iegūstot malku un papīrmalku, atjaunošanas cirtē – malku, papīrmalku, zāģbaļķus un finierklučus.

Avots: autores veidots

Autore sagatavojusi pētniecisko secinājumu kopsavilkumu par tālākai izpētei atlasīto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazināšanas un CO₂ piesaistes palielināšanas ietekmi. Zinātniskā literatūra liecina, ka klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazināšanas potenciāls lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā dažādiem pasākumiem ir ļoti atšķirīgs (Paustian et al., 2016), tā pat atšķirīgi un nereti pretrunīgi ir pētījumu secinājumi, līdz ar to nepieciešama diskusija.

Pasākums **(P1) Aramzemes pārveide par zālāju** FAO tehniskajās vadlīnijās augsnes apsaimniekošanas pasākumu izvēlei (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021) atzīts par nozīmīgu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu. Pētījumi apliecina pasākuma potenciālu palielināt augsnes oglekļa saturu (Khalil & Osborne, 2018) vidējai augsnes oglekļa piesaistei (*sequestration*) 50 gadu laikā esot 0,8 t C ha⁻¹ yr⁻¹, kas būtiski variē dažādos klimata, augsnes tekstūras un apsaimniekošanas intensitātes apstākļos (Vleeshouwers & Verhagen, 2002). Kā augsnes oglekļa piesaistes blakus labumu pētījumi min augsnes struktūras un porozitātes uzlabošanos, ūdens piesaistes kapacitātes palielināšanos, augsnes mikrobioma un enzīmu daudzveidības uzlabošanos (Khalil & Osborne, 2018), tomēr mazāk pētījumu ir par šī pasākuma ietekmi uz SEG emisiju samazinājumu. Atsevišķi pētījumi uzrāda tehnisko SEG emisiju samazināšanas potenciālu aramzemi pārveidojot par zālāju 4,4 līdz 6,2 t CO₂ ekv. ha⁻¹ yr⁻¹ apjomā (Feliciano et al., 2013; Freibauer et al., 2004). Lielbritānijā un Īrijā veiktos pētījumos ziņots par SEG emisiju samazinājumu 0,53 līdz 5,34 t CO₂ ekv. ha⁻¹ yr⁻¹ apmērā, pārveidojot aramzemi attiecīgi par periodiski (mazāk kā reizi piecos gados) artu un pastāvīgu (vairāk kā reizi piecos gados artu) zālāju (Smith et al., 2010). Latvijā veikti pētījumi apliecina pasākuma klimata pārmaiņu samazināšanas efektu, uzrādot vidējo SEG emisiju samazinājumu 2,7 t CO₂ ekv. ha⁻¹ yr⁻¹ apjomā (Licite & Lupikis, 2020). Sastopami ieteikumi pirmajos gados pēc aramzemes pārveides par zālāju sēt tauriņziežus, lai balansētu slāpekļa saturu augsnē un uzlabotu zālāja produktivitāti, savukārt nākamajos gados ieteikts sēt zālaugu maisījumu (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021). Šāda pieeja izmantota arī promocijas darbā, plānojot šī pasākuma agrotehniskos rādītājus. Latvijā veikti pētījumi liecina, ka piemērotākie zālaugi audzēšanai meliorētā kūdras jeb organiskajā augsnē ir pļavas skarene, sarkanā auzene, pļavas timotiņš, bastarda āboliņš un ragainie vanadziņi (Anševica et al., 2016).

Par **(P2) Kontrolētās drenāžas** ierīkošanas pasākumu zinātniskajā literatūrā atrodami pretrunīgi dati. Ir pētījumi, kas liecina, ka organiskās augsnes apsaimniekošanas pasākumi, kas plānoti, lai palielinātu augsnes oglekļa krājumu un samazinātu CO₂ emisijas, nodrošinot anaerobus apstākļus jeb paceļot gruntsūdens līmeni, var novest pie tādām nevēlamām blakus parādībām, kā paskābināšanās, CH₄ un N₂O emisiju palielināšanās (Scharlemann et al., 2014). Ilgtermiņa pētījumi, salīdzinot brīvās un kontrolētās drenāžas sistēmu SEG emisijas, liecina, ka, pateicoties lielākam augsnes mitrumam un zemākam augsnes O₂ (pieejams aerobo mikroorganismu elpošanai) kontrolētās drenāžas apstākļos, CO₂ emisijas kontrolētās drenāžas sistēmās samazinās par aptuveni 6%, bet N₂O emisijas palielinās par 21% (Jiang et al., 2019a). Lai gan N₂O emisijas ievērojami svārstās, to faktiskā ietekme uz kopējo SEG emisiju apjomu ir minimāla (Jiang et al., 2019a) un kopējais SEG emisiju samazinājums, salīdzinot kontrolētu un brīvu drenāžu, kontrolētai drenāžai ir 30% kontrolētai drenāžai (Li et al., 2021).

(P3) Tauriņziežu ieviešana kultūraugu rotācijā palielina augsnes oglekļa krājumu pateicoties to specifiskajam mikrobiomam (Watson et al., 2017), bet par nozīmīgāko tauriņziežu dzimtas (*Leguminosae*) augu devumu lauksaimniecības kultūraugu rotācijā uzskata to spēju piesaistīt atmosfēras slāpekli, tādējādi nodrošinot papildus barības vielas, samazinot nepieciešamību pēc slāpekļa minerālmēsliem un radot fosilas izcelsmes mēslošanas līdzekļu aizvietošanas efektu (Kim et al., 2016). Pieņemts, ka atmosfēras slāpekļa piesaiste tauriņziežu kultūraugu barības vielu nodrošinājuma veidā nerada N₂O emisijas (Eggleston et al., 2006). Pētījumos noteiktais ikgadējā SEG emisiju samazinājuma potenciāls lauksaimniecības kultūraugu rotācijā iekļaujot tauriņziežus atšķiras, bet Eiropas apstākļos (Lielbritānija) veikti pētījumi liecina, ka tas ir robežās starp 0,5 un 1 t CO₂ ekv. ha⁻¹ – pateicoties slāpekļa piesaistei

no atmosfēras un papildus oglekļa ienesei augsnē (Rees et al., 2013). Vienlaikus šis pats pētījums uzsver, ka klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāls konkrēta lauka līmenī ir būtiski atkarīgs no izvēlēta tauriņziežu veida un klimata apstākļiem.

(P4) Agromežsaimniecības pasākumu definē kā praksi kombinēti audzēt kokaugus un lauksaimniecības kultūraugus vienā un tajā pašā zemes platībā vienlaicīgi vai komponentiem secīgi nomainot vienam otru (Nair, 1985). Agromežsaimniecība palielina oglekļa uzkrājumu augsnē, galvenokārt pateicoties papildus OV ienesei ar nobirām, sakņu biomasu, kokaugu kopšanas atliekām un kopumā lielāku biomasas produktivitāti, saimnieciskajā sistēmā integrējot kokaugus (Cardinael, Chevallier, et al., 2017; Cardinael, Guenet, et al., 2017). Agromežsaimniecības prakses dienvidu reģionos galvenokārt izmanto nelielās saimniecībās papildus slāpekļa ienesei un erozijas procesu stabilizēšanai, savukārt Eiropā kokaugi var būt nozīmīgs faktors aizsardzībā pret vēja bojājumiem arī lielās saimniecības sistēmās (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021). Saistībā ar klimata pārmaiņu samazināšanu, pasākumam ir konstatēts tiešo N₂O un CH₄ emisiju samazināšanas potenciāls līdz divām reizēm (Kwak et al., 2019), kā arī netiešo N₂O emisiju samazinājums, pateicoties mazākai barības vielu notecei. Atrodams arī norādes par SEG emisiju samazinājumu līdz ar minerālā mēslojuma apjomu kritumu – sarūkot aramzemes platībai (Kim et al., 2016). Globāli pieejamo datu analīze liecina, ka vidējais jaunu (aptuveni 14 gadus pēc to ierīkošanas) agromežsaimniecības sistēmu devums klimata pārmaiņu mazināšanā varētu būt 27+/-14 t CO₂ ekv. ha⁻¹ yr⁻¹, piesaistītā oglekļa apjomam svārstoties ap 7,2 t C ha⁻¹yr⁻¹ (no tā biomasā – 70%, bet augsnē – 30%) (Kim et al., 2016).

Pētījumi liecina, ka pasākums **(P5) Apmežošana** nodrošina oglekļa krājumu palielināšanos dzīvajā un nedzīvajā biomasā, tostarp nobirās, augsnē un ilgtermiņa uzkrājumu koksnes produktos (Bastin et al., 2019), kā arī SEG emisiju samazināšanos no augsnes, ņemot vērā zemes lietošanas veida maiņu no lauksaimniecības uz meža zemi (Lazdins et al., 2021; Priede & Gancone, 2019). Tomēr izsaka bažas par nepietiekamu datu pieejamību par kūdras augsnes apmežošanu (Sloan et al., 2018) un dati par SEG emisiju plūsmu nav viennozīmīgi (Reynolds, 2007). Apmežošanas pasākuma klimata pārmaiņu samazināšanas ietekme var atšķirties atkarībā no sākotnējā zemes izmantošanas veida, augsnes sagatavošanas veida pirms apmežošanas, izvēlētais koku sugas, izveidotās mežaudzes vecuma, sākotnējā augsnes oglekļa krājuma, augsnes parametriem, hidroloģiskā režīma (Hong et al., 2020; Laganier et al., 2010; Vanguelova et al., 2018). SEG emisiju samazināšanas potenciāla aplēses atšķiras, bet pētījumi ziņo par 40 līdz 100 Gt oglekļa piesaisti no atmosfēras meža platībām sasniedzot pieaugušu audžu vecumu (Lewis et al., 2019; Veldman et al., 2019). Boreālajā klimata reģionā veiktos pētījumos secināts, ka lauksaimniecības organiskās augsnes apmežošana ievērojami samazina augsnes heterotrofās CO₂ emisijas, bet nemaina N₂O un CH₄ emisiju plūsmas (Maljanen et al., 2001, 2012) un augsnes SEG emisijas var saglabāties salīdzinoši lielas vēl vairākus gadu desmitus pēc apmežošanas (Regina et al., 2016), tomēr augsnes emisijas var tikt kompensētas ar papildus oglekļa uzkrājumu biomasā un augsnē (E. Vanguelova et al., 2018; E. I. Vanguelova et al., 2019). SEG emisiju bilancē nozīme ir arī tālākajam apmežotās platības apsaimniekošanas veidam (Mäkipää et al., 2023). Uzskata, ka ieteicama tādas organiskās augsnes apmežošana, kuras kūdras slāņa dziļums nepārsniedz 40 – 50 cm (IUCN, 2020). IPCC uzsver negatīvo emisiju tehnoloģiju nozīmi ANO Klimata konvencijas Parīzes nolīguma mērķu sasniegšanā (Masson–Delmotte et al., 2022), tostarp piedāvājot apmežošanu, kā vienu no stratēģiskiem SEG emisiju samazināšanas elementiem (Shukla et al., 2019). Tomēr apmežošanas ietekmes novērtējums pētījumos atšķiras. Daļa pētnieku norāda uz apmežošanas, tostarp paredzot komerciālu meža apsaimniekošanas stratēģiju, augstu potenciālu un stabilu ieguldījumu SEG emisiju samazināšanā un dekarbonizācijas centienos (Forster et al., 2021), savukārt citi atzīst būtisku SEG emisiju samazināšanas potenciālu, bet vienlaikus uzsver arī būtiskas negatīvās blakus ietekmes (*trade-offs*), kā piemēram, lauksaimniecībā izmantojamās zemes platības samazināšanos, potenciālu pārtikas cenu palielinājumu un apmežoto platību ilgnoturības

(*permanence*) risku (Doelman et al., 2020), kā arī apšaubā klimata pārmaiņu samazināšanas efektu saistībā ar albedo izmaiņām (Naudts et al., 2016).

Meža (**P6**) **Paludikultūru** ierīkošana organiskajā augsnē samazina SEG emisijas no augsnes pateicoties ūdens režīma uzlabošanai (stādot uz pacilām) novadot liekos virsūdeņus, samazina meža dabisko traucējumu riskus, stimulē oglekļa uzkrājumu dzīvajā biomasā, nedzīvajā koksnē, augsnē un meža zemsegā, veicinot fosilo resursu aizstāšanas efektu (meža biomasa un koksnes produkti) (Priede & Gancone, 2019), tomēr joprojām trūkst pētījumu datu vispārīgā klimata pārmaiņu samazināšanas ietekmes novērtējumam (Rumpel, 2023) un pastāv vairākas praktiskās ieviešanas barjeras, piemēram, augstas sākotnējās ierīkošanas izmaksas, ienākumu samazinājums saistībā ar lauksaimniecības ienākumu zudumu, zemes īpašnieku zināšanu un pieredzes trūkums, mainot zemes apsaimniekošanas veidu (Rhymes et al., 2023). Terminu “paludikultūra” lietoto, lai apzīmētu kultūraugu audzēšanu platībā ar paaugstinātu gruntsūdens līmeni vai periodiski applūstošā platībā (Ziegler et al., 2021). Var tikt audzēti dažādi lauksaimniecības kultūraugi un kokaugi, kuri spēj dabiski piemēroties paaugstināta gruntsūdens līmeņa apstākļiem un klimata pārmaiņu samazināšanas efektu saista ar organiskās augsnes oglekļa krājumu saglabāšanu anaerobos apstākļos un papildus oglekļa piesaisti kultūrauga biomasā, kas nodrošina arī ekonomisku ieguvumu (Wichtmann et al., 2016). Meža paludikultūras gadījumā biežāk audzētā koku suga ir melnalksnis (*Alnus glutinosa*) (Rumpel, 2023), kas tā pat kā baltalksnis, pateicoties tā sakņu sistēmas simbiozei ar specifiskām baktērijām (*Frankia bacteria*), spēj piesaistīt atmosfēras slāpekli līdz $100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (Binkley, 1983; Rytter, 1995). Pētījumi norāda arī uz kūdras akumulāciju melnalkšņu audzēs, tostarp relatīvi sausās platībās, kur gruntsūdens līmenis ir 0-20 cm dziļumā (Schäfer & Joosten, 2005). Tādējādi, meža paludikultūra, izmantojot melnalksni, var tikt uzskatīta par piemērotu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu organiskajā augsnē ar mainīgu gruntsūdens līmeni, tomēr joprojām trūkst SEG emisiju plūsmu datu par paludikultūrām, kas ierīkotas biomasas, tostarp enerģijai, ieguvei (Hiraishi et al., 2014; IPCC & Edenhofer, 2014).

Secināms, ka neskatoties uz nereti konfliktējošām interesēm zemes izmantošanā saistībā ar pārtikas un dzīves telpas nodrošinājumu, zemes īpašumtiesību, apsaimniekošanas sistēmu un kultūru dažādības komplekso raksturu, lauksaimniecības un ZIZIMM sektorā būtisks SEG emisiju samazinājuma potenciāls meklējams tādu pasākumu ieviešanā, kas saistīti ar zemes lietošanas veida maiņu dažādās apmežošanas, atkal apmežošanas, atmežošanas novēršanas un bioenerģijas ieguves kombinācijās (Calvin et al., 2023). Jāņem vērā arī tas, ka zemes īpašnieku rīcību klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izvēlē ietekmē ne tikai ekonomiskie, bet arī sociāla rakstura apsvērumi (Bowen & Riley, 2003; Thamo & Pannell, 2016). Pieņemot lēmumus par organiskās augsnes apsaimniekošanas stratēģiju jeb klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izvēli, jāapzina un jāņem vērā gan iespējamie blakus labumi (*co-benefits*), gan nevēlamās ietekmes (*trade-offs*) saistībā ar kopējo ekosistēmu un tās sniegtajiem pakalpojumiem (Scharlemann et al., 2014). Ideālā gadījumā lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju samazināšanas centieniem būtu jāņem vērā blakus ieguvumi un apdraudējumi visas pārtikas sistēmas mērogā (Garnett, 2011). Neskatoties uz identificētajiem pasākumiem, 2023. gadā joprojām trūkst pierādījumu bāzes, uz kā pamata pieņemt stratēģiskus lēmumus lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju samazināšanai, jo praktiskā ieviešana un ekonomiskā ietekme ir neskaidra (Rhymes et al., 2023; Taft, 2014; Taft et al., 2018).

2. nodaļas kopsavilkums un secinājumi / *Summary and Conclusions of Chapter 2*

1. Latvijā netiek regulāri iegūti, publiskoti un analizēti dati par organiskās augsnes apsaimniekošanu un zinātnisko pētījumu dati ir pieejami epizodiski, pētniekiem tos iegūstot īstermiņa izpētes projektos. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas sistemātiska zinātniska novērtējuma trūkums kavē efektīvu klimata pārmaiņu politikas plānošanu, jo iztrūkstot informācijai par faktisko organiskās augsnes apsaimniekošanas

- veidu, saistīto politikas jomu (lauksaimniecības un klimata) plānošana, tostarp 2050. gada klimatneitralitātes sasniegšanai, ir apgrūtināta.
2012. – 2020. gadā promocijas darbā izvēlētajā lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes platībā (aptuveni 30% no organiskās augsnes platības lauksaimniecībā izmantojamā zemē Latvijā) notikušās organiskās augsnes apsaimniekošanas izmaiņas nav ne izteikti veicinājušas, ne izteikti kavējušas klimata pārmaiņu samazināšanu, jo ilggadīgo stādījumu (ogulāji, augļu koki un kārkli) un zālāja (atmata un dažāda veida zālaugi) platības palielināšanās (attiecīgi par 66,1% un 61,9%) vērtējama kā pozitīva, SEG emisijas samazinoša tendence, bet vienlaikus noticis arī pretējais process, par 32,2% palielinoties graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platībai, turklāt graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platība dominē pēc kopējā īpatsvara.
 - Promocijas darbā izvēlētajā lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes platībā 2012. – 2020. gadā sniegti piecpadsmit dažādi atbalsta veidi, starp kuriem biežāk saņemtie ir: 1) vienotais platību maksājums; 2) maksājums par lauksaimnieciskai ražošanai nelabvēlīgiem dabas apstākļiem teritorijās, kas nav kalnu teritorijas; 3) Lauku attīstības programmas pasākumu “Agrovide un klimats” un “Bioloģiskā lauksaimniecība” atbalsts; 4) dažādi brīvprātīgi saistītā atbalsta veidi un 5) maksājums gados jaunajiem lauksaimniekiem.
 - Faktoru analīzes rezultāti liecina par to, ka ES atbalsts lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā Latvijā 2012. – 2020. gadā nav bijis mērķtiecīgs vai saistīts ar faktiskajiem agroekoloģiskajiem apstākļiem vai augsnes īpašībām, kā arī apstiprina nepieciešamību politikas pasākumu ietekmes analīzē ņemt vērā ne tikai pasākumu skaitu, bet arī un jo īpaši darbību faktisko mērķtiecīgumu un saistību ar konkrētās teritorijas specifiku. Pretējā gadījumā politiskā ietekme var tikt pārvērtēta vai nenovērtēta un politiskie mērķi var netikt sasniegti.
 - ES KLP lauksaimniecības zemes apsaimniekošanas pasākumi Baltijas valstīs un Somijā netieši var tikt attiecināti uz lauksaimniecības organisko augsni, pat, ja šāda augsnes grupa nav atsevišķi izdalīta, tomēr šādā gadījumā ir praktiski neiespējami korekti aprēķināt to klimata pārmaiņu samazināšanas efekta apjomu, kas specifiski saistāms ar organisko augsni. Attiecīgi – klimata pārmaiņu samazināšana lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā šādā gadījumā, kad pasākumi nav specifiski sasaistīti ar organisko augsni, ir sasniegta nejauši, ko nevar uzskatīt par mērķtiecīgu politikas plānošanu.
 - Baltijas valstīs un Somijā identificēti deviņdesmit seši klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi ar tiešu un netiešu ietekmes potenciālu. Konstatēts, ka tikai četri pasākumi (Igaunijā un Somijā) ir tiešas ietekmes un mērķtiecīgi veidoti klimata pārmaiņu samazināšanai lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā. Latvijā nav identificēti tiešas ietekmes klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā.
 - Neskatoties uz nereti konfliktējošām interesēm zemes izmantošanā saistībā ar pārtikas un dzīves telpas nodrošinājumu, zemes īpašumtiesību, apsaimniekošanas sistēmu un kultūru dažādības komplekso raksturu, lauksaimniecības un ZIZIMM sektorā būtisks SEG emisiju samazinājuma potenciāls meklējams tādu pasākumu ieviešanā, kas saistīti ar zemes lietošanas veida maiņu dažādās apmežošanas, atkal apmežošanas, atmežošanas novēršanas un bioenerģijas ieguves kombinācijās. 2023. gadā joprojām trūkst pierādījumu bāzes, uz kā pamata pieņemt stratēģiskus lēmumus lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju samazināšanai, jo praktiskā ieviešana un ekonomiskā ietekme ir neskaidra.

3. LĒMUMU PIEŅEMŠANAS ATBALSTS KLIMATA PĀRMAIŅU SAMAZINĀŠANAI LAUKSAIMNIECĪBAS ORGANISKĀS AUGSNES APSAIMNIEKOŠANĀ/ *DECISION-MAKING SUPPORT FOR CLIMATE CHANGE MITIGATION IN AGRICULTURAL ORGANIC SOIL MANAGEMENT*

Klimata politikas lēmumu pieņemšanu sarežģī jautājuma kompleksais raksturs un starpsektoru mijiedarbība, nepieciešams dažādu pasākumu un stratēģiju kombināciju novērtējums, strādājot ar apjomīgām un sarežģītām struktūras datu kopām, kas nav iespējams bez lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu jeb rīku izmantošanas (Doukas & Nikas, 2020). Promocijas darba 1.2. apakšnodaļā autore konstatē, ka SEG emisiju samazināšanas pasākumu ietekmes novērtēšanai un SEG emisiju prognožu scenāriju sagatavošanai Latvijā neizmanto kvantitatīvas lēmumu pieņemšanas atbalsta metodes, lai gan pētījumi (Gancone, 2022) liecina, ka tas būtu nepieciešams. Tāpēc darba trešajā nodaļā autore, izmantojot lēmumu pieņemšanas atbalsta metodes, izvērtē un salīdzina darba 2.3. nodaļā atlasītos klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus un veic šo pasākumu ieviešanas iespējamās ietekmes novērtējumu Latvijas klimata politikas saistību izpildē, lai sagatavotu priekšlikumus kvantificētu lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu iekļaušanai Latvijas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietekmes novērtēšanas un SEG emisiju prognožu sagatavošanas sistēmā. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu novērtēšanai izveidota agrotehnoloģisko, sociāli ekonomisko un vides rādītāju datu kopa, lai trīs pēctecīgos posmos: 1) ranžētu pasākumus pēc to atrašanās attiecībā pret ideāli pozitīvo un ideāli negatīvo risinājumu, izmantojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes (*Multi – Criteria Decision – Making Analysis, MCDA*) metodi izvēles ranžēšanai pēc līdzības ideālam risinājumam (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS*); 2) aprēķinātu pasākumu izmaksu efektivitāti un konstruētu robežsamazinājuma izmaksu līkni (*Marginal Abatement Cost Curve, MACC*); 3) veiktu SEG emisiju prognožu simulāciju pasākumu ieviešanas iespējamās ietekmes novērtēšanai. Ar MCDA TOPSIS metodi iegūtos klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu novērtējuma rezultātus autore salīdzinoši vērtē attiecībā pret MACC rezultātiem.

3.1. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas agrotehniskie, sociāli ekonomiskie un vides rādītāji/ *Agrotechnological, Socio-economic and Environmental Criteria for Implementing Climate Change Mitigation Measures*

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu savstarpējs novērtējums nav iespējams bez tos raksturojošu rādītāju kopuma. Viena no pieejām rādītāju izvēlei ir pārlicināties par to, lai tie pēc iespējas pilnīgi raksturo pētāmo problēmu, ir viegli saprotami un samazina pētāmās problēmas raksturošanai nepieciešamo aprakstošo parametru skaitu (OECD, 1999). Rādītāju izvēle atkarīga arī no datu pieejamības, ko nereti ierobežo izmaksas un datu tālākas apstrādes un izmantošanas iespējas (Bowen & Riley, 2003). Iespēja iegūt kvantificētas rādītāju vērtības, kas ideālā gadījumā izteiktas reālos skaitļos (*crisp numbers*) atzīta par nozīmīgu sekmīgas lēmumu pieņemšanas analīzes, politikas ietekmes novērtēšanas un politikas instrumentu pielietošanas nosacījumu (Weiss, 2000; Wheaton & Kulshreshtha, 2017), kā arī pētījumi uzsver, ka rādītāju izvēlē būtiski ņemt vērā to, ka lēmumu pieņemšana mūsdienās ir komplekss un dinamisks process, kas nevar tikt raksturots tikai ar vienkāršiem ekonomiskiem rādītājiem (Muradian & Rival, 2012). Izpētē lieto dažādas rādītāju sistēmas, bet viena no plaši aprobētām pieejām ir rādītāju izvēlei un grupēšanai izmantot klasisko ilgtspējas dimensiju pieeju (Gunnarsdottir et al., 2020). Šo pieeju klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu rādītāju izvēlei izvēlas arī promocijas darba autore, apkopojot agrotehniskos, sociāli ekonomiskos un vides rādītājus.

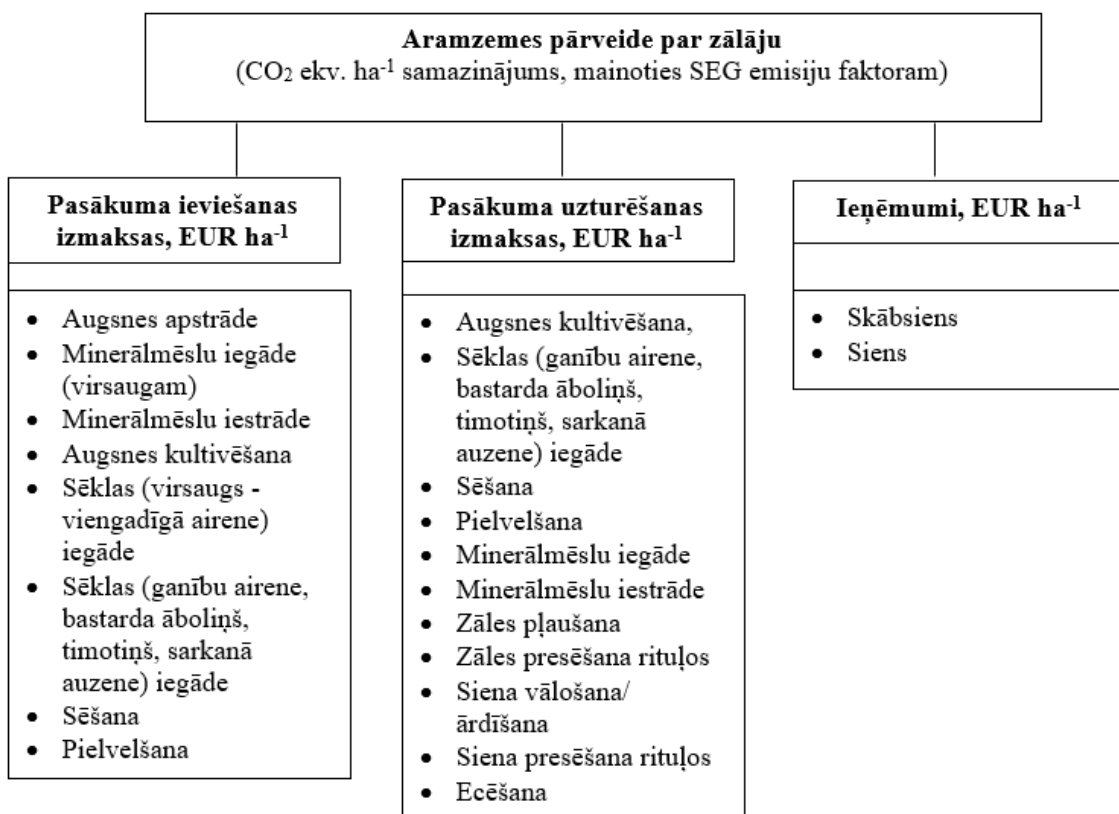
Promocijas darbā katram no sešiem identificētajiem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem izveidota darba matrica, apkopojot informāciju par pasākumu ieviešanas agrotehniku jeb vidējai Latvijas praksei atbilstošu ražošanas tehnoloģiju, sociāli ekonomiskajiem un vides rādītājiem. Izveidotās agrotehnisko, sociāli ekonomisko un vides datu kopas izmantotas, promocijas darba 3.2., 3.3. un 3.4. apakšnodaļās veiktajā lēmumu pieņemšanas atbalsta analīzē, kuras izpildei izdarīti šādi, rādītāju izvēli ietekmējoši, pieņēmumi:

1) aprēķini veikti, pieņemot, ka visu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanu uzsāk vienlaicīgi 2025. gadā un turpina līdz 2050. gadam;

2) pasākumu ieviešanas platība noteikta, izmantojot 2022. gada Latvijas Nacionālā siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas ziņojuma datus (LEGMC, 2022b) un statistiku pieeju, jo promocijas darba izstrādes laikā nav pieejamas dinamiskas organiskās augsnes platības izmaiņu prognozes. Platības noteikšanā ņemts vērā ES Dabas atjaunošanas regulas priekšlikums 2022. gada 22. jūnija redakcijā (European Commission, 2022b), tostarp Latvijai piedāvātā izstrādātu kūdras lauku "elastība". Pasākumu ieviešanas platību noteikšana politikas plānošanā ir interešu grupu vienošanās subjekts (Shukla et al., 2019). Promocijas darba pētījumā pieņemts, ka dabas atjaunošanas prasībām, atbilstoši ES Dabas atjaunošanas regulas priekšlikuma 2022. gada 22. jūnija redakcijai, pakļauti 70% no kopējās lauksaimniecības organiskās augsnes platības līdz 2050. gadam jeb 110 810 ha. Kopējās lauksaimniecības organiskās augsnes platības rādītāja (158 320 ha) noteikšanai izmantoti 2022. gada Latvijas Nacionālā siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas ziņojuma dati. Promocijas darbā pieņemts, ka pusi no dabas atjaunošanai (*restoration*) plānotās lauksaimniecības organiskās augsnes pakļauj pārslapināšanai (*rewetting*), bet atlikušo organiskās augsnes platību aramzemē un zālājā sadala proporcionāli starp pētījumā analizētajiem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem. Kopējā pieņemtā promocijas darbā analizēto pasākumu ieviešanas platība ir 55 405 ha, katra pasākuma ieviešanas platību katru gadu 25 gadu laikā no 2025. gada līdz 2050. gadam paredzot 369 ha;

3) aprēķinos nav ņemts vērā KLP vai jebkāds cits (ES vai valsts) atbalsts, jo atbalsta mehānismi ir politiski noteikti un nepārtraukti mainīgi. Turklāt, KLP gadījumā, liela daļa no atbalsta ir izvēles pasākumi; 5) aprēķinos izmantota 11,5% diskonta likme, ko Latvijas Valsts Kase 2023. gada 2. ceturksnī noteikusi ilgtermiņa ieguldījumu patiesās vērtības noteikšanai lauksaimniecībā (Latvijas Valsts Kase, 2023);

Katram klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumam sagatavots **agrotehnisko darbību jeb rādītāju kopums** (3. pielikums), plānojot pasākuma ieviešanas darbības un to ciklisku atkārtšanu 25 gadu laikā no 2025. gada līdz 2050. gadam. Aramzemes pārveides par zālāju (P1) pasākuma darbību kopums un izmaksu pozīcijas, kā piemērs, atspoguļotas 3.1. attēlā.



Avots: autore konstrukcija

3.1.att./Fig.3.1. Pasākuma P1 “Aramzemes pārveide par zālāju” ieviešanas agrotehnisko darbību kopums/ Implementation of the measure P1 “Conversion of cropland to grassland”

Agrotehnisko darbību un to izmaksu un ieņēmumu datu sagatavošanai, izmantoti Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra sagatavotie lauksaimniecības bruto segumu aprēķini 2021. gadam intensīvam, integrētam ražošanas veidam (Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs, 2021). Gadījumos, kad bruto segumu informācija nav pieejama, tostarp par pasākumiem, kas saistīti ar kokaugu audzēšanu, izmantoti pētījumu dati (Bardulis et al., 2010; Bisenieks et al., 2010; Daugavietis et al., n.d.; Senhofa et al., 2019; Uri & Vares, 2005), autore eksperta viedoklis un 2021. gada aktuālā tirgus cenu informācija (dažādas tiešsaistes vietnes). Tādējādi visas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksas noteiktas kā pasākumu ieviešanas tehniskās izmaksas un ieņēmumi saimniecības līmenī 2021. gada cenās eiro valūtā.

Promocijas darbā analizēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu sociāli ekonomiskās un vides ietekmes raksturošanai autore izmanto četrus rādītājus (3.1.tabula).

3.1.tabula/Table 3.1

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu sociāli ekonomisko un vides ietekmi raksturojoši rādītāji Latvijā 2023. gadā/Indicators characterizing the socio-economic and environmental impact of the selected climate change mitigation measures in Latvia in 2023

Rādītāja raksturotā joma	Rādītājs	Rādītāja mērvienība
Sociālā ietekme	Ekosistēmu pakalpojumi	EUR ha ⁻¹
Ekonomiskā ietekme	Tīrā tagadnes vērtība SEG emisiju samazinājuma izmaksas	EUR EUR CO ₂ ekv. t ⁻¹
Vides ietekme	SEG emisiju samazināšanas potenciāls	t CO ₂ ekv.

Avots: autore veidots

Ekosistēmu pakalpojumi kā koncepts pētījumos parādās 20. gadsimta otrajā pusē, kad aktualizējas jautājums par ekosistēmu funkcijām un ar tām saistītajiem ieguvumiem (Gómez–Baggethun et al., 2010). Vienu no pirmajām ekosistēmu funkciju un pakalpojumu klasifikācijām piedāvā Rūdolfs De Grot (Rudolf De Groot) (R. S. De Groot et al., 2002), savukārt, ekosistēmu pakalpojumu ekonomisko novērtēšanu aizsāk Roberts Kostanza (Robert Costanza) (Costanza et al., 1997). Izteiktu virzību no ekosistēmu pakalpojumu sākotnējās skaidrojošās un izglītojošās lomas uz to novērtējumu monetārā izteiksmē un pārtapšanu par sava veida precī pētnieki atzīmē 21. gadsimta sākumā un vērtē to kā nozīmīgu pagrieziena sabiedrības attieksmē un dabas resursu ekonomikas teorijā (Peterson et al., 2010). 2007. gadā izveidota pirmā globālā ekosistēmu pakalpojumu un bioloģiskās daudzveidības novērtējumu sistēma Ekosistēmas un bioloģiskās daudzveidības ekonomika (*The Economics of Ecosystem and Biodiversity*) (TEEB), kuras sastāvdaļa ir Ekosistēmu pakalpojumu vērtību datu bāze (*Ecosystem Service Value Database*) (ESVD) (R. De Groot et al., 2012). TEEB datu bāze uzskatāma par vienu no plašākajām globāla tvēruma (10 biomi un ar katru no tiem saistīti 22 ekosistēmu pakalpojumi) informācijas vienības saturošām datu bāzēm, kas padara pieejamus datus par faktisko ekosistēmu pakalpojumu vērtību, izteiktu monetārās vienībās uz platības vienību (ha) gadā (R. De Groot et al., 2012). Diskutējot par TEEB datu bāzes izmantošanas iespējām un ierobežojumiem, tās izstrādātāji norāda, ka: 1) ekosistēmu pakalpojumu vērtības nav izmantojamas kā tirgus vērtības, bet gan norāda uz publiski gūstamā labuma vērtību, kas tiktu zaudēts, ja zustu attiecīgā ekosistēma. Tādējādi, ekosistēmu pakalpojumu vērtība visatbilstošāk ir izmantojama kā papildus rādītājs lēmumu pieņemšanas analīzē, lai padarītu “redzamas” pasākumu ārējās ietekmes (*externalities*) (R. De Groot et al., 2012). 2020. gadā pabeigts darbs pie TEEB datu bāzes ESVD daļas pārskatīšanas un atjaunināšanas, kā rezultātā datu apjoms palielināts par trīs reizēm, šai darbā izmantojot 693 zinātnisku pētījumu rezultātus (R. De Groot et al., 2020). Promocijas darba pētījumā autore katra izvēlēta klimata pārmaiņu samazināšanas pasākuma ekosistēmu pakalpojumu rādītāju vērtības noteikšanai izmanto TEEB datu bāzes ESVD daļu (*The Ecosystem Services Valuation Database*, 2020). Ekosistēmu pakalpojumu vērtība izteikta monetārās vienībās EUR ha⁻¹ un balstīta uz aprēķiniem, kas veikti Latvijas DAP īstenota ES Kohēzijas fonda finansēta projekta “Priekšnosacījumu izveide labākai bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai un ekosistēmu aizsardzībai Latvijā” pētījumā “Sociāli ekonomiskās ietekmes analīze par īpaši aizsargājamām dabas teritorijām un konstatētajiem ES nozīmes biotopiem Latvijā, III nodaļa: Ekosistēmu pakalpojumu monetārais novērtējums” 2022. gadā (Dabas aizsardzības pārvalde, 2022). TEEB datu bāzes (ESVD) ekosistēmu pakalpojumu klasifikācija veidota, izmantojot AN 2021. gadā izstrādāto SEEA (*System of Environmental–Economic Accounting*) ekosistēmu pakalpojumu klasifikācijas sistēmu kombinācijā ar AN Statistikas nodaļas izstrādāto CICES (*Common International Classification of Ecosystem Services*) V5.1. sistēmu (*The Ecosystem Services Valuation Database*, 2020). TEEB datu bāzē ekosistēmu pakalpojumu klasifikācija organizēta trīs lielās grupās: 1) apgādes pakalpojumi jeb pakalpojumi, kas nodrošina resursus; 2) regulācijas pakalpojumi jeb pakalpojumi, kas nodrošina ekosistēmu regulācijas un uzturēšanas funkciju; 3) kultūras pakalpojumi jeb pakalpojumi, kam piemīt kultūras vērtību atbalstoša funkcija (United Nations, 2021). Promocijas darba pētījumā izmantota TEEB datu bāzes pieeja un klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ekosistēmu pakalpojumu vērtībā ietverti apgādes, regulācijas un kultūras pakalpojumi, šo pakalpojumu definējumu izprotot atbilstoši CICES piedāvātajam ekosistēmu pakalpojumu definējumam, kas **apgādes** pakalpojumus definē kā uzturvielu un citu biotisku un abiotisku materiālu un enerģijas plūsmu nodrošināšanu, **regulācijas** pakalpojumus definē kā visa veida ietekmes, kādās dzīvie un nedzīvie organismi var regulēt un uzturēt apkārtējo vidi, kas ietekmē cilvēku veselību, drošību vai komfortu, savukārt, pie **kultūras** pakalpojumiem pieskaita visas ekosistēmu (biotisko un abiotisko) ietekmes, kas ir nemateriālas, parasti nav tieši patērējamas vai savstarpēji konkurējošas, bet ietekmē cilvēku fizisko un garīgo stāvokli (Haines – Young & Potschin, 2018). Promocijas darbā izmantotās ekosistēmu pakalpojumu vērtības attēlotas 3.2. tabulā.

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ekosistēmu pakalpojumu vērtības Latvijā 2023. gadā, EUR ha⁻¹/Climate change mitigation measures' ecosystem service values in Latvia in 2023, EUR ha⁻¹

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākuma nosaukums	Ģeotelpisko vienību un biotopu apakšgrupa	Ekosistēmu pakalpojumu monetārā vērtība, EUR ha ⁻¹
(P1) Aramzemes pārveide par zālāju	Ilggadīgie zālāji	6445
(P2) Kontrolētā drenāža	Mēreni mitras pļavas	9627
(P3) Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	Kultūraugi	1106
(P4) Agromežsaimniecība	Parkveida pļavas un ganības; Meža ganības	10959
(P5) Apmežošana	Slapjaini un gārša. Vidēja vecuma audzes, briestaudzes, drīkst veikt kopšanas circes	13058
(P6) Paludikultūra	Slapjaini un gārša. Vidēja vecuma audzes, briestaudzes, drīkst veikt kopšanas circes	13058

Avots: autores veidots pēc (*The Ecosystem Services Valuation Database*, 2020)

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ekonomiskā snieguma novērtēšanai promocijas darbā izmantots **tīrās tagadnes vērtības** (*Net Present Value*) (NPV) rādītājs, kas raksturo no klimata pārmaiņu samazināšanas pasākuma nākotnē iegūto naudas ieņēmumu tagadnes vērtības un pasākuma ieviešanas izmaksu starpību, ņemot vērā to, ka investīciju tagadnes un nākotnes vērtība nav vienāda. Ilgtermiņa investīciju tagadnes vērtības aprēķināšanai nepieciešama diskonta izmantošana, izvēloties noteiktu procentu likmi. Jo augstāka ir izvēlēta procentu likme, jo zemāka ir investīciju tagadnes vērtība, bet naudas tagadnes vērtība vienmēr ir augstāka par nākotnes vērtību (Škapars, 2008). Ja NPV>0 pasākuma ieviešana uzskatāma par izdevīgu. Promocijas darbā sākotnēji aprēķināta klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu tagadnes vērtība, to tālāk izsakot kā no pasākumu ieviešanas nākotnē iegūto naudas ieņēmumu tagadnes vērtības un pasākumu ieviešanas izmaksu starpību jeb tīro tagadnes vērtību, izmantojot formulas:

$$PV = \sum_{n=1}^n \frac{FV_n}{(1+i)^n} \quad (3.1.)$$

kur

PV – tagadnes vērtība;

i – procentu likme;

FV_n – atsevišķu gadu nākotnes vērtības.

$$NPV = \frac{FV_1}{(1+i)^1} + \frac{FV_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FV_n}{(1+i)^n} - C \quad (3.2.)$$

kur

NPV – tīrā tagadnes vērtība,

C – pasākuma ieviešanas izmaksas.

Tīrās tagadnes vērtības aprēķināšana ir būtiska politikas veidotāju lēmumu pieņemšanas procesa un atbalsta rīku komponente, jo ir nepieciešams mehānisms, kas dod iespēju salīdzināt dažādos laika posmos notiekošas izmaksas un ieņēmumus. Šāds atbalsta mehānisms ir diskontēšana jeb tagadnes vērtības aprēķināšana, zinot nākotnes izmaksas un izmantojot diskonta jeb procentu likmi (Jarisch et al., 2022). Diskonta likmes izvēle ir politiski pieņemts lēmums (Peng et al., 2023) un viens no centrālajiem elementiem optimālu politikas pasākumu izvēlē klimata pārmaiņu mazināšanai, cenšoties atrast līdzsvaru starp tagadnes izmaksām un salīdzinoši neskaidriem ilgtermiņa SEG emisiju samazināšanas ieguvumiem (Addicott et al., 2020). Pat nelielas izmaiņas diskonta likmes izvēlē būtiski ietekmē aprēķināto investīciju tagadnes vērtību un attiecīgi var būtiski ietekmēt lēmumu pieņēmēju izvēli (He, 2020). Īpaši nozīmīgi tas ir klimata pārmaiņu samazināšanas diskusiju gadījumos, kad izmaksas un ieguvumi ir izteikti nošķirti laikā. Tomēr, neskatoties uz diskonta likmes izvēles būtisko ietekmi, ekonomisti un politikas veidotāji nav vienojušies par to, kāda likme būtu izmantojama klimata pārmaiņu samazināšanu veicinošu investīciju gadījumā (Giglio et al., 2021). Pētījumi lielākoties izmanto vienas diskonta likmes konceptu, tomēr literatūrā ir norādes par to, ka klimata pārmaiņu samazināšanas politikas novērtēšanas gadījumā varētu tikt izmantota vairāku veidu likmju pieeja, piemēram, paralēli finanšu ekvivalenta diskonta likmei, izvēloties arī sabiedriskā labuma diskonta likmi, tādējādi aprēķinos ietverot ne tikai ekonomiskus, bet arī ētiskus apsvērumus (Goulder & Williams, 2012). Par ētikas un filozofiska aspekta jautājumiem diskonta likmes izvēlē runā arī citi pētījumi (Davidson, 2015; Gollier & Hammitt, 2014), kā arī uzsver to, ka klimata pārmaiņu samazināšanas politikas vērtēšanas gadījumā var būt nepieciešamas pieņemt nestandarta risinājumus saistībā ar augsta riska un nenoteiktības klātesamību, jo jāņem vērā ne tikai ekonomiskās, bet arī sociālās (tostarp nākamo paaudžu) intereses un sagaidāmā patēriņa prognozes (Beckerman & Hepburn, 2007). Diskonta likme pēc būtības izsaka ekonomiskos terminos sabiedrības kolektīvo vērtību kopumu attiecībā pret nākotnes izvēlēm. Zemākas diskonta likmes izvēle norāda uz to, ka sabiedrība nākotni vērtē augstāk salīdzinājumā ar šodien, kas sakrīt ar uzskatu par mūsdienu tirgus ekonomikas īstermiņa pieeju (Gollier & Hammitt, 2014). Ņemot vērā diskonta likmes komplekso raksturu un ietekmi, tās izvēle klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu vērtēšanai Latvijas lauksaimniecības un ZIZIMM sektorā varētu tikt ieteikts kā atsevišķs pētījumu temats, bet promocijas darbā autore izvēlas izmantot Latvijas Valsts Kases 2023. gada 2. ceturksnī noteikto diskonta likmi ilgtermiņa ieguldījumu patiesās vērtības noteikšanai lauksaimniecībā (Latvijas Valsts Kase, 2023), kas ir 11,5%. 11,5% diskonta likme ir salīdzinoši ļoti augsta (vidējā lauksaimniecības nozares klimata pētījumos lietotā likme 2015. gadā ir 3,5% – 7% (Eory et al., 2015), klimata pētījumos 2021. gadā: 2% – 3% (Rennert et al., 2022), bet sastopamas arī augstākas vērtības (Kung et al., 2022)), kas varētu liecināt par Latvijas mūsdienas sabiedrības vēlmi šodienai piešķirt lielāku vērtību nekā nākotnei (Gollier & Hammitt, 2014). Tomēr, tā kā šīs likmes vērtības avots ir Latvijas Valsts Kase, var pieņemt, ka šī likme atspoguļo reālo sabiedrības vērtību sistēmu 2023. gada sākumā un līdz ar to autore uzskata to par atbilstošu izmantošanai promocijas darbā.

Promocijas darbā analizēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu **SEG emisiju samazināšanas potenciāla** noteikšanai izmantota zinātniskā literatūra (3.3.tabula), jo darba izstrādes laikā autoriem nav pieejami *in situ* SEG emisiju mērījumu rezultāti, kā arī tie par izvēlētajiem pasākumiem nav pieejami IPCC vadlīnijās SEG inventarizācijas sagatavošanai.

Promocijas darbā izmantotie klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazinājuma potenciāla rādītāji, t CO₂ ekv. ha⁻¹/ Indicators of GHG reduction potential of climate change mitigation measures used in the doctoral thesis, t CO₂ eq. ha⁻¹

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākums	SEG samazināšanas potenciāls, t CO₂ ekv. ha⁻¹ yr⁻¹	SEG samazināšanas mehānisms	Atsauces
(P1) Aramzemes pārveide par zālāju	2,7	Aramzemes pārveide par zālāju samazina CO ₂ un N ₂ O emisijas (bet var palielināt CH ₄ emisijas). SEG emisiju samazinājums noteikts kā emisiju faktora maiņa.	(Licite & Lupikis, 2020)
(P2) Kontrolētā drenāža	5,4	Pie palielināta augsnes mitruma un samazināta skābekļa daudzuma augsnē, kontrolētās drenāžas gadījumā CO ₂ emisijas samazinās, bet N ₂ O palielinās, salīdzinot ar tradicionālo drenāžu. Kopējais CO ₂ ekv. samazinājums par ~ 30%.	(Jiang et al., 2019b)
(P3) Tauriņziežu ietveršana kultūraugu rotācijā	0,8	Tauriņziežu ietveršana kultūraugu rotācijā palielina kopējo organiskās masas ienesi augsnē un daļēji aizstāj minerālmēslu lietošanu pateicoties tauriņziežu spējai piesaistīt atmosfēras slāpekli. Vidējais ikgadējais SEG emisiju samazinājums lēsts robežās starp 0,5 un 1 t CO ₂ ekv. ha ⁻¹ . Tomēr SEG emisiju samazinājuma potenciāls lauka līmenī ir atkarīgs no audzētā tauriņziežu veida un klimata apstākļiem.	(Ladha et al., 2022) (Rees et al., 2013)

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākums	SEG samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv. ha ⁻¹ yr ⁻¹	SEG samazināšanas mehānisms	Atsauces
(P4) Agromežsaimniecība	10,4	SEG emisiju samazinājuma efekts noteikts, izmantojot SEG emisiju plūsmas datu salīdzinājumu aramzemē, zālājā un meža zemē (dažāda vecuma mežaudzes) ar organisko augsni.	Daugaviete et al., 2022 (Bārdulis et al., 2022) (Mayrinck et al., 2019) (Pardon et al., 2017) Schoeneberger et al., 2012
(P5) Apmežošana	16,6		(Butlers, Lazdiņš, et al., 2022) (Butlers, Bārdule, et al., 2022) (Lazdins et al., 2021) Licite & Lupikis, 2020
(P6) Paludikultūra	7,4		(Butlers, Lazdiņš, et al., 2022) (Butlers, Spalva, et al., 2022) (Butlers, Bārdule, et al., 2022)

Avots: *autores veidots*

Promocijas darba pētījumā izmantotie SEG emisiju samazinājuma potenciāla rādītāji izmantoti kā aptuvenās vērtības lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu testēšanai (darba 3.2., 3.3. un 3.4. apakšnodaļas). Veicot analīzi reālu politikas lēmumu pieņemšanas atbalstam, būtu izmantojami SEG emisiju samazinājuma rādītāji, kas par katra pasākuma ietekmi aprēķināti uz nacionāli vai reģionāli veiktu SEG emisiju mērījumu datu pamata, piemēram, LIFE OrgaBalt un citos pētījumos.

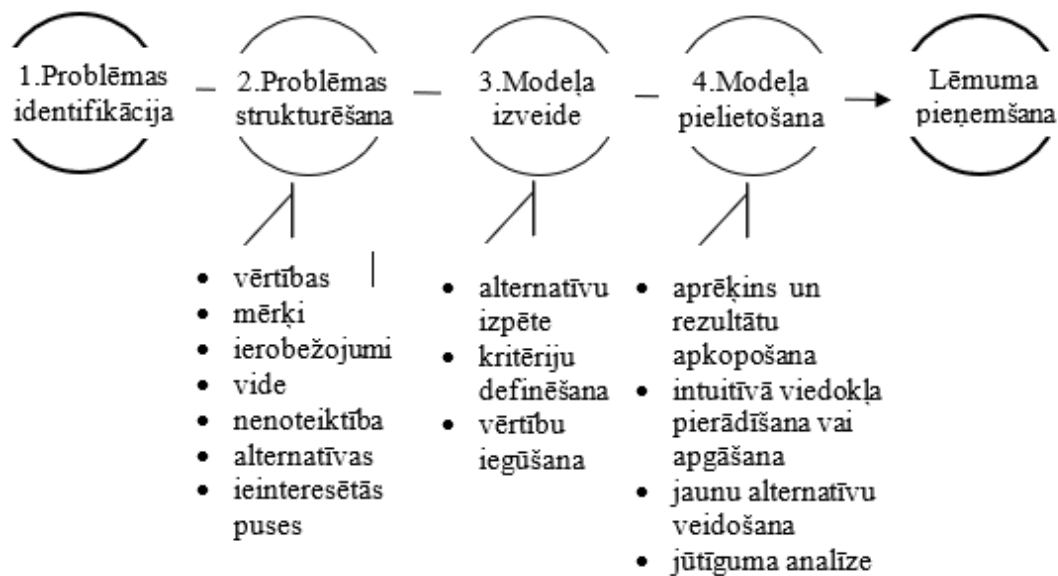
SEG emisiju samazinājuma izmaksas promocijas darbā aprēķinātas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu tīro tagadnes vērtību dalot ar SEG emisiju samazināšanas potenciālu, tādējādi iegūstot vienas vienības jeb tonnas CO₂ ekv. samazināšanas izmaksas. SEG emisiju samazinājuma izmaksu rādītājs ir būtisks, lai izprastu alternatīvu SEG emisiju samazināšanas pasākumu izmaksas nozares (lauksaimniecības) un starpnozaru (enerģētika, transports u.c.) griezumā. Papildus veids, kā izmantot SEG emisiju samazinājuma rādītāju, ir salīdzināt vienas tonnas CO₂ ekv. samazināšanas izmaksas ar aktuālo oglekļa tirgus cenu (Abberton et al., 2010).

3.2. Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīze klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izvēlē/*Multi-Criteria Decision-Making Analysis in the Selection of Climate Change Mitigation Measures*

Lēmumu pieņemšanas teorijas attīstības pirmsākumus iezīmē sporta spēļu statistikas elementu analīze jau 13. – 14. gadsimtā, kam 17. – 18. gadsimtā seko apdrošināšanas koncepta ieviešanai nepieciešamie iespēju analīzes pētījumi, savukārt 18. gadsimta otrajā pusē, aktualizējoties izpratnei par to, ka reālās dzīves situācijās darbojas daudzi un nereti savstarpēji konfliktējoši kritēriji, piemēram, ekonomikas, vides un sociālajā jomā, attīstījās MCDA pieeja, kuras pirmie virzītāji Ralfs Kīnejs (*Ralph Keeney*) un Hovards Raifa (*Howard Raiffa*) praktisku

piemēru veidā ilustrēja nepieciešamību lēmumu pieņemšanas alternatīvas vērtēt attiecībā pret konkrētiem un vairākiem kritērijiem, kuriem piešķirts specifisks svars (Keeney & Raiffa, 1993). Kopš 20. gadsimta otrās puses attīstītas dažādas MCDA metodes, kas nodrošina daudzveidīgas pētnieciskās iespējas, bet vienlaikus arī sarežģī metodoloģisko izvēli konkrēta pētījuma gadījumā. Pētījumi liecina, ka MCDA modeļa izvēles noteicošajam elementam ir jābūt konkrētajai lēmumu pieņemšanas situācijai un tās īpatnībām, kuru atbilstošai ietveršanai analizē nepieciešams izvēlēties konkrētu MCDA modeli vai modeļu kombināciju nevis otrādi (Cinelli et al., 2014). Galvenā MCDA pieejas ideja ir savstarpēji novērtēt iespējamus risinājumus jeb alternatīvas, alternatīvu ranžēšanai izmantojot vairāk kā vienu kritēriju. Novērtējums var tikt izpildīts dažādos veidos – tostarp, izvēloties atbilstošāko alternatīvu, sarindojot alternatīvas skalā no "labākās" uz "sliktāko", grupējot alternatīvas "labuma" klasēs. Alternatīvu novērtēšanā izmantojamie kritēriji var būt vispārīgi definēti, tomēr katram no tiem ir jābūt saistītam ar kvantificētu vērtību (Ehrgott et al., 2010). MCDA dod iespēju lēmumu pieņemšanā izmantot strukturētu, caurskatāmu un elastīgu pieeju, integrēti analizējot dažādu kritēriju savstarpēju sasaisti un ņemot vērā katra kritērija nozīmīgumu (Cinelli et al., 2014).

Zinātniskajā literatūrā atzīmētas vairākas būtiskas MCDA pieejas priekšrocības, uzsverot, ka šī pieeja: (1) ļauj ņemt vērā daudzus, nereti savstarpēji konfliktējošus kritērijus; (2) ļauj strukturēt pētniecisko problēmu; (3) dod iespēju lēmumu pieņēmējiem izprast situāciju caur savu un iesaistīto interešu grupu vērtību prizmu; (4) neizslēdz intuitīvās pieejas iespējas, bet kalpo kā atbalsts intuitīvi izvirzīto risinājumu matemātiskai testēšanai; (4) rada pamatu labāk pārdomātu, pamatojamu un izskaidrojamu lēmumu pieņemšanai; (5) ir konceptuāli vienkārša un caurskatāma (Belton & Stewart, 2002). MCDA procesu raksturo trīs galveno izpildes soļu diagramma (3.2. attēls). Problēmas identifikācijas un strukturēšanas etapā, pirms analīzes uzsākšanas, būtiski vienoties par problēmas izpratni, nepieciešamajiem lēmumiem un kritērijiem attiecībā pret kuriem veicama alternatīvu vērtēšana. Modeļa veidošanas un aprēķinu fāzē nepieciešams izprast, kā veikt alternatīvu salīdzinošo analīzi sistemātiskā un caurskatāmā veidā. Alternatīvu ranžēšana ir viena no biežāk lietotajām metodēm kritēriju agregācijas rezultāta kopsavilkuma veidošanai (Adem Esmail & Geneletti, 2018). Savukārt noslēguma fāzē, sagatavojot lēmumu, jāapzinās, ka MCDA pati par sevi problēmu nerisina un ir nepieciešams konkrēts pieņemto lēmumu ieviešanas plāns. Tāpat pētnieki uzsver, ka MCDA nav uzskatāma tikai par tehnisku modelēšanas un analīzes pieeju, bet arī par iespēju izglītojošā veidā strādāt ar interešu grupām, pamatojot un skaidrojot lēmumus (Belton & Stewart, 2002).



Avots: autores veidots pēc (Adem Esmail & Geneletti, 2018; Belton & Stewart, 2002)

3.2.att./Fig.3.2. Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes izpildes soļu vizualizācija/
Visualization of multi-criteria decision analysis execution steps

MCDA tehnisko izpildi var veikt gan paši lēmumu pieņēmēji, kuri gala rezultātā būs atbildīgi par rezultāta ieviešanu, gan arī piesaistīti izpildītāji, kas pārzina MCDA pieeju un var nodrošināt tehniski kvalitatīvu metodes izpildi, sagatavojot lēmumu pieņēmējiem nepieciešamos analīzes rezultātus. Uzsverts, ka vairumā gadījumu piemērotāka izrādās ārējā izpildītāja piesaistes stratēģija, tādējādi nodrošinot operatīvu, neatkarīgu un caurskatāmu MCDA izpildes gaitu un rezultātu (Belton & Stewart, 2002). MCDA uzskatāma par nozīmīgu rīku zemes izmantošanas sektora lēmumu pieņemšanas analīzē (Hayashi, 2000; Kangas & Kangas, 2005), īpaši uzsverot iespēju vienlaicīgi analizēt dažādus mērķus dažādās jomās, piemēram, ekonomikā, vides un sociālajā sfērā (Belton & Stewart, 2002), kā arī iespēju efektīvi kombinēt zemes izmantošanas alternatīvu un politiski noteikto prioritāšu analīzi (Adem Esmail & Geneletti, 2018).

Izdala divu veidu MCDA metodes – lēmumu analīze izmantojot reālus skaitļus un lēmumu analīze, izmantojot izplūdušos (*fuzzy*) skaitļus jeb rādītājus, kuriem nav nosakāma precīza piederība datu kopai, bet gan noteikta piederības pakāpe robežās no 0 līdz 1, tādējādi ietverot piederības nenoteiktību (Durbach & Stewart, 2012). Populārs MCDM veids ir modeļi, kuri novērtē alternatīvas, tās salīdzinot ar ideāli pozitīvo un ideāli negatīvo risinājumu, izvēlei iesakot tās alternatīvas, kuras atrodas iespējami tuvāk ideāli pozitīvajam un iespējami tālāk no ideāli negatīvā risinājuma. Lielākā daļa šo modeļu saistāmi ar izvēles ranžēšanas pēc līdzības ideālam risinājumam jeb TOPSIS metodi (Tzeng & Huang, 2011). Pirmie autori, kas 1981. gadā piedāvāja TOPSIS metodi, bija Hvangs (*Hwang*) un Jūns (*Yoon*) (Tzeng & Huang, 2011) un to uzskata par vienu no klasiskām MCDA metodēm, kas plaši izmantota dažādās pētniecības jomās (Papathanasiou & Ploskas, 2018). TOPSIS metodes gadījumā matemātiski definē ideāli pozitīvo risinājumu, kas sastāv no visu alternatīvu maksimālā svērtā novērtējuma un ideāli negatīvo risinājumu, ko veido minimālie novērtējumi. Aprēķinot Eiklīda attālumus (attālums starp diviem punktiem vairākdimensiju telpā), kas ir biežāk izmantotais attālumu veids, starp katru alternatīvu un ideāli pozitīvo un ideāli negatīvo risinājumu, alternatīvas novērtē, pamatojoties uz to attālumu līdz ideālajam risinājumam, izteiktu kā attālumu summas proporciju starp abiem attālumiem (Durbach & Stewart, 2012; Tzeng & Huang, 2011).

TOPSIS metodes klasiskā versija kritēriju vērtībām izmanto reālus skaitļus, bet ir izstrādātas alternatīvas pieejas izplūdušo skaitļu izmantošanai (*fuzzy* TOPSIS) (Chu & Lin, 2003; Saghafian & Hejazi, 2005; T. –C. Wang & Lee, 2009; Y. –J. Wang & Lee, 2007). Par TOPSIS metodes priekšrocību uzskata to, ka modelis pilnībā izmanto kritēriju informāciju, nepieprasot, lai kritēriji būtu savstarpēji neatkarīgi (Chen & Hwang, 1992; Yoon & Hwang, 1995), metode ir elastīga kritēriju izvēlē, pieļaujot dažādu kvalitatīvo īpašību un mērvienību raksturlielumu izmantošanu (Zavadskas, Govindan, et al., 2016), aprēķini ir salīdzinoši vienkārši, rezultāti labi izskaidrojami un nav nepieciešama liela datu kopa (Roszkowska, 2011), kā arī TOPSIS metode ir viena no tā sauktajām kompensējošajām metodēm, kas pieļauj kompromisus starp kritērijiem, kas nozīmē to, ka zemu viena kritērija vērtību daļēji kompensē ar augstākiem rezultātiem citam kritērijam, tādējādi nodrošinot reālāku modelēšanas veidu, salīdzinot ar modeļiem, kas šādu kompensācijas iespēju nenodrošina (Zavadskas, Govindan, et al., 2016).

TOPSIS pielietojums pētniecībā nosedz plašu tēmu spektru, tostarp ietverot loģistiku un piegādes ķēdes, dažāda veida inženieriju, biznesa administrāciju un tirgzinību, vides, cilvēkresursu, enerģijas un ūdens resursu pārvaldību (Behzadian et al., 2012). Ar zemes izmantošanu, lauksaimniecību un klimata pārmaiņām saistītos pētījumos TOPSIS metode izmantota salīdzinoši retāk, tomēr autori to izvēlas lēmumu pieņemšanas analīzē arī šajās jomās (Bagherzadeh & Gholizadeh, 2016; Chang & Liang, 2023; Diaz & Cilinskis, 2019; Hepperle et al., 2017; Morkunas & Volkov, 2023; Namiotko et al., 2022; Nowak & Kaminska, 2016; Tumelienė et al., 2022; Wójcik–Leń et al., 2019; Yang et al., 2023), tostarp Latvijas pētnieki (Bumbiere et al., 2022; Cilinskis et al., 2017; Dace & Blumberga, 2016; Gancone et al., 2021a; Gancone, 2022; Gancone et al., 2022a; Laktuka et al., 2023).

Klimata pārmaiņas samazinoša organiskās augsnes apsaimniekošanas veida izvēle ir komplekss uzdevums, kura risināšanā nozīmīgs ne tikai klimata pārmaiņu samazināšanas, bet arī ekonomiskais un sociālais aspekts. Zinātniskās literatūras analīze liecina, ka TOPSIS metode ir piemērota lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ranžēšanai, jo ir iespējams izmantot reālos skaitļos izteiktus kritērijus, kas nosedz gan klimata, gan sociāli ekonomisko jomu, kā arī metode ir salīdzinoši vienkārši pielietojama un nepieprasa liela apjoma datu kopas, kas varētu būt nozīmīgi, to izmantojot praktiskā politikas plānošanā.

Problēmas identifikāciju un strukturēšanu, kas ir pirmie divi jebkuras MCDA metodes izpildes soļi autore veica promocijas darba pirmajā un otrajā nodaļā. Trešajā jeb TOPSIS modeļa izveides solī: 1) veikta alternatīvu jeb promocijas darba gadījumā – klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izpēte, sagatavojot tos raksturojošu agrotehnoloģisko, sociāli ekonomisko un vides datu matricu (promocijas darba 3.1. apakšnodaļa); 2) definēti kritēriji pasākumu novērtēšanai un iegūtas kritēriju vērtības (izmantojot 3.1. apakšnodaļā izstrādātas datu matricas un zinātniskās literatūras datus). Noslēdzošajā jeb izveidotā TOPSIS modeļa pielietošanas solī, aprēķināti rezultāti un iegūts pasākumu ranžējums, matemātiski apstiprinot intuitīvo viedokli par to, ka pasākumi, kas saistīti ar kokaugu audzēšanu un zemes lietojuma veida maiņu, varētu būt tuvāki ideālajam risinājumam un tālāki no ideāli negatīvā risinājuma. Jaunas alternatīvas analīzei nav izvirzītas. Jūtīguma analīze veikta, mainot kritēriju svara sadalījumu.

Promocijas darbā autore izmanto TOPSIS metodes klasisko versiju (Roszkowska, 2011; Zavadskas, Antuceviciene, et al., 2016), aprēķinus veicot sešos soļos:

- 1) izveido darba matricu D , ko veido alternatīvas m_x (klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi) un atribūti n_x (kritēriji). Katras alternatīvas un atribūta krustpunkts aprakstīts kā x_{mn} ;

$$D = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.3.)$$

Veic darba matricas normalizāciju, veidojot matricu $R = (r_{ij})_{m \times n}$, izmantojot vektoru normalizācijas metodi, kuru pētnieki atzinuši par vienu no piemērotām metodēm TOPSIS analīzei (Krishnan et al., 2023):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.4.)$$

kur

x_{ij} atribūts (kritērijs) pirms normalizācijas;

r_{ij} atribūts (kritērijs) pēc normalizācijas jeb bezdimensiju atribūts.

Normalizācija nepieciešama, lai dažādu mērvienību kritērijus pārveidotu bezdimensiju rādītājos, kas ļauj tos savstarpēji salīdzināt.

- 2) konstruē svērtu normalizētu lēmumu matricu $V = (v_{ij})_{m \times n} = (w_j r_{ij})_{m \times n}$, kur w ir kritērijiem piešķirtais svars;

$$V = \begin{matrix} & v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & \dots & v_{ij} & \dots & v_{in} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mj} & \dots & v_{mn} \end{matrix} = \begin{matrix} & w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_j r_{1j} & \dots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{i1} & w_2 r_{i2} & \dots & w_j r_{ij} & \dots & w_n r_{in} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_j r_{mj} & \dots & w_n r_{mn} \end{matrix} \quad (3.5.)$$

- 3) nosaka ideāli negatīvo risinājumu (sliktākā alternatīva) A^- un ideāli pozitīvo risinājumu (labākā alternatīva) A^+ ;

$$A^+ = \{\max v_{ij} \mid j \in J, (\min v_{ij} \mid j \in J) \mid i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\}$$

$$A^- = \{\min v_{ij} \mid j \in J, (\max v_{ij} \mid j \in J) \mid i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \quad (3.6.)$$

kur

$J = \{j = 1, 2, \dots, n\}$ saistīts ar pozitīvas ietekmes atribūtiem (kritērijiem);

$J = \{j = 1, 2, \dots, n\}$ saistīts ar negatīvas ietekmes atribūtiem (kritērijiem).

- 4) aprēķina distanci s starp ideāli pozitīvo un ideāli negatīvo risinājumu;

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.7.)$$

- 5) aprēķina relatīvo attālumu c līdz ideāli pozitīvajam risinājumam.

$$c_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)}, \quad 0 < c_i^* < 1, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$c_i^* = 1 \text{ if } A_i = A^+$$

$$c_i^* = 0 \text{ if } A_i = A^- \quad (3.8.)$$

Kā pēdējo soli aprēķinā, veic klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ranžēšanu pēc aprēķinātā attāluma līdz ideāli pozitīvajam risinājumam C_i^* , tādējādi iegūstot pasākumu ranžējumu no ideālajam risinājumam tuvākā līdz tālākajam, atbilstoši svērtajiem kritērijiem.

MCDA izmantoto kritēriju izvēli iespējams izdarīt dažādos veidos, starp kuriem populārākie ir kritēriju formulēšana: 1) to veicot pašiem pētniekiem; 2) iesaistot nozares ekspertus; 3) interešu grupu vai sabiedrības pārstāvjus. Pētījumos biežāk izmantotā pieeja ir kritēriju izvēle, to veicot pētījuma autoriem (Adem Esmail & Geneletti, 2018). Šādu pieeju izmanto arī promocijas darba autore, kritēriju izvēlē sekojot ilgtspējīgas attīstības trīs dimensiju – vides, sociālā un ekonomiskā dimensija – konceptam (Brundtland, 1987). Apverot klasiskās ilgtspējīgas attīstības perspektīvas (3.3. attēls), definēti četri alternatīvu jeb klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu novērtēšanas kritēriji: 1) kumulatīvais (25 gadi) katra pasākuma SEG emisiju samazināšanas potenciāls, t CO₂; 2) ikgadējā katra pasākuma ekosistēmu pakalpojumu vērtība, EUR; 3) katra pasākuma tīrā tagadnes vērtība (periods – 25 gadi), EUR; 4) vienas tonnas SEG emisiju samazināšanas izmaksas, EUR t⁻¹ CO₂ ekv.



Avots: autores veidots pēc (Brundtland, 1987).

3.3.att./Fig.3.3. TOPSIS metodes kritēriju izvēles vizualizācija / *TOPSIS method criteria selection visualization*

Izmantojot promocijas darba 3.1. apakšnodaļā izveidoto un aprakstīto agrotehnoloģisko, sociāli ekonomisko un vides rādītāju datu kopu, sagatavota TOPSIS darba matrica (3.4 tabula), kuru veido klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus raksturojošo kritēriju vērtību (to iegūšanas apraksts atrodams promocijas darba 3.1. apakšnodaļā) un analizējamo alternatīvu jeb klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu datu apkopojums.

3.4.tabula/Table 3.4

TOPSIS analīzes darba matrica/*TOPSIS analysis decision matrix*

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākums	Tīrā tagadnes vērtība, EUR	SEG emisiju samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv.	Ekosistēmu pakalpojumu vērtība, EUR ha ⁻¹ yr ⁻¹	SEG emisiju samazinājuma izmaksas, EUR t ⁻¹ CO ₂ ekv.
Aramzemes pārveide par zālāju	198509	24935	6445	8
Kontrolētā drenāža	1205811	50146	9627	24
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	381123	6926	1106	55
Agromežsaimniecība	-376605	96044	10959	-4
Apmežošana	576315	153301	13058	4
Paludikultūra	387528	98815	13058	4

Avots: autores veidots

Viena no plaši diskutētām MCDA, tostarp arī TOPSIS, sastāvdaļām ir normalizētā svara piešķiršana izvēlētajiem kritērijiem, lietojot pieņēmumu, ka kritēriju svara summai ir jābūt 1 jeb 100% (Danielson & Ekenberg, 2023). Tādējādi, svērtā summa ir kritērijiem piešķirtā svara un attiecīgo vērtību kopsomma. Jo lielāks ir kritērijam piešķirtais svars un tā vērtība, jo vairāk tas ietekmē aprēķinu rezultātu. Noteikta svara piešķiršana kritērijiem ir būtiska, jo tie parasti ir saistīti ar dažādiem viedokļiem un nozīmēm, kas neļauj izdarīt pieņēmumu par to, ka visi

kritēriji ir vienādas nozīmes. Svara piešķiršanu kritērijiem var veikt gan lēmumu pieņēmēji vai pētnieki pēc noteiktiem apsvērumiem, gan arī izmantojot matemātiskas metodes (Yoon & Hwang, 1995). Atkarībā no veida kādā kritērijiem piešķir svaru, izdala subjektīvo un objektīvo kritēriju svaru. Subjektīvā svara noteikšanas metodes gadījumā svaru nosaka pilnībā balstoties uz lēmumu pieņēmēju vai ekspertu vērtējumu un pieredzi, savukārt objektīvā svara noteikšanas metodes izmanto tikai matemātisku modeļu pielietojumu, neņemot vērā lēmumu pieņēmēju vai ekspertu vērtējumu (Wang & Lee, 2009). Pastāv uzskats, ka objektīvā svara noteikšanas metodes ir piemērotas gadījumos, kad nepastāv iespēja iegūt un izmantot ekspertu viedokli (Deng et al., 2000).

TOPSIS analīzei izvēlēto kritēriju svara piešķiršanai promocijas darbā autore izvēlas subjektīvās svara noteikšanas pieeju – kritēriju svara piešķiršanai izmantots autores eksperta viedoklis. Kritēriju svara piešķiršana, to veicot pašiem pētījumu autoriem, ir viena no biežāk izmantotajām pieejām MCDA pētījumos zemes izmantošanas jomā, tostarp tādēļ, ka nepietiekama kritēriju svara piešķiršanas procesa izpratne var potenciāli apdraudēt rezultātu atbilstību (Adem Esmail & Geneletti, 2018). Promocijas darba pētījumā šāds lēmums pieņemts, lai izvairītos no interešu grupu subjektivitātes, un lai kritēriju svara vērtējums būtu atbilstošs ES klimata un nozaru politikas videi, kas raksturota darba 1.3. apakšnodaļā. Tādējādi, bāzes scenārijā salīdzinoši lielāks svars piešķirts kritērijiem, kas saistīti ar SEG emisiju samazināšanu un ekosistēmu pakalpojumiem (3.5.tabula).

3.5.tabula/Table 3.5

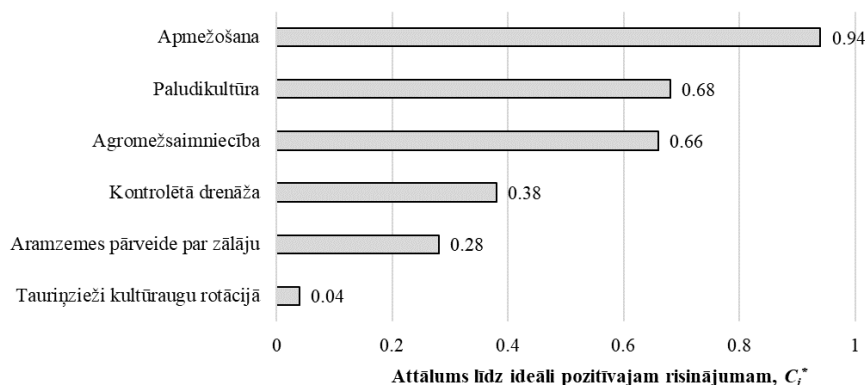
TOPSIS analīzes kritēriju svara rādītāju apkopojums bāzes scenārijā/Aggregation of TOPSIS Analysis Criterion Weight Indices in the Baseline Scenario

Nr.	Kritērijs	Kritērijam piešķirtais svars, w_i
1.	Tīrā tagadnes vērtība, EUR	0,1
2.	SEG emisiju samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv.	0,4
3.	Ekosistēmu pakalpojumu vērtība, EUR ha ⁻¹ g ⁻¹	0,3
4.	SEG emisiju samazinājuma izmaksas, EUR t ⁻¹ CO ₂ ekv.	0,2
Kopā:		1,00 (100%)

Avots: autores veidots

Tālāk, secīgi izmantojot 1. un 2. formulu, veikta kritēriju normalizācija un aprēķināti svērtie normalizētie kritēriji. Izmantojot 3. formulu, aprēķināta ideāli pozitīvā un ideāli negatīvā alternatīva A^+/A^- , kam seko distances starp ideāli pozitīvo un ideāli negatīvo alternatīvu s_i^+/s_i^- aprēķins (4. formula) un katras alternatīvas relatīvā attāluma līdz ideāli pozitīvam risinājumam C_i^* aprēķins (5. formula). TOPSIS analīzes aprēķinu starprezultāti pievienoti 4. pielikumā.

TOPSIS analīzes rezultāti jeb klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ranžējums kritēriju svara izvēles bāzes scenārijā atspoguļots 3.4. attēlā.



Avots: autores konstrukcija

3.4.att./Fig.3.4. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu attālumu līdz ideāli pozitīvajam risinājumam raksturojošie koeficienti bāzes scenārijā/Relative distances characterising the closeness to ideal solution of climate change mitigation measures in the baseline scenario

TOPSIS analīzes aprēķinu rezultāti, atbilstoši promocijas darbā izdarītajiem pieņēmumiem (pasākumus raksturojošie rādītāji, kritēriju izvēle) un kritērijiem piešķirtā svara bāzes scenārijā, liecina, ka apmežošana ir ideālajam pozitīvajam risinājumam tuvākais klimata pārmaiņu samazināšanas pasākums, kam ranžējumā seko paludikultūru un agromežsaimniecības pasākumi. Tādējādi, trīs pasākumus, kurus raksturo koksnes biomasas audzēšana un būtiskāka vai nebūtiskāka zemes izmantošanas veida maiņa, TOPSIS analīze ranžē kā pasākumus, kas atrodas vistuvāk ideāli pozitīvajam risinājumam un vistālāk no ideāli negatīvā risinājuma. Gluži pretēji, tauriņziežu ietveršana rotācijā dotajā pieņēmumu kopā ir vistuvāk ideāli negatīvajam jeb sliktākajam risinājumam.

MCDA, tostarp TOPSIS metodes, izpildes soļu sastāvdaļa (3.2. attēls) ir jūtīguma analīze. Jūtīguma analīzes mērķis ir novērtēt to, cik lielā mērā lēmumu pieņemšanas modeļa rezultātu ietekmē izmaiņas ievades datos vai izdarītajos pieņēmumos jeb to, kādas ir modeļa iznākuma un ievades rādītāju attiecības (Adem Esmail & Geneletti, 2018). Jūtīguma analīzi veic mainot pētījuma nosacījumus, pieņēmumus vai izejas datus (Danielson & Ekenberg, 2023). Autore jūtīguma analīzi veic mainot kritēriju svaru divos scenārijos: 1) piešķirot visiem kritērijiem vienādu svaru; 2) piešķirot lielāku svaru ekonomiskās dimensijas kritērijiem.

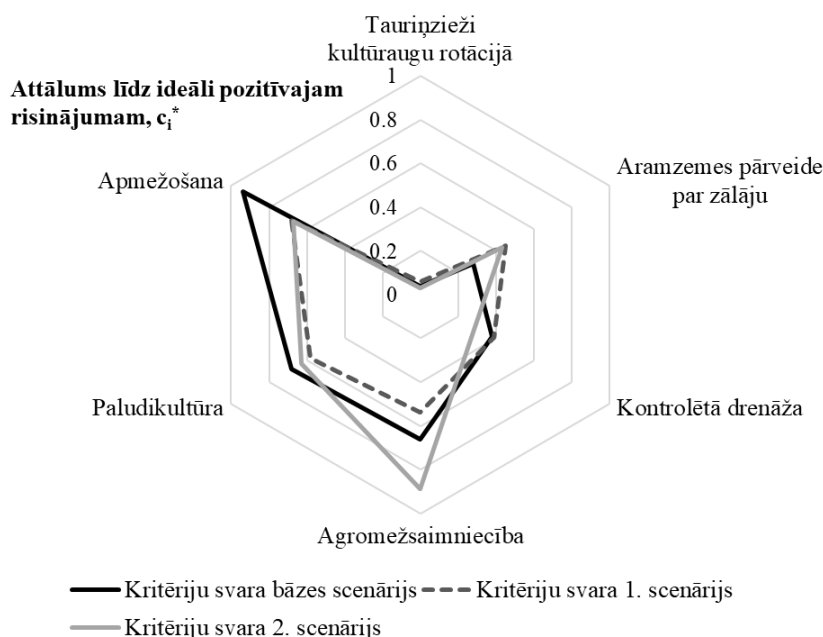
3.6.tabula/Table 3.6

TOPSIS analīzes kritēriju svara rādītāji jūtīguma analīzei/TOPSIS Analysis Criterion Weight Indices for Sensitivity Analysis

Nr.	Kritērijs	Kritērijam	Kritērijam
		piešķirtais svars, w_i	piešķirtais svars, w_i
		1. scenārijs	2. scenārijs
1.	Tīrā tagadnes vērtība, EUR	0,25	0,3
2.	SEG emisiju samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv.	0,25	0,2
3.	Ekosistēmu pakalpojumu vērtība, EUR ha ⁻¹ yr ⁻¹	0,25	0,1
4.	SEG emisiju samazinājuma izmaksas, EUR t ⁻¹ CO ₂ ekv.	0,25	0,4
Kopā:		1,00 (100%)	1,00 (100%)

Avots: autores veidots

Jūtīguma analīzes rezultāti (3.5. attēls) liecina, ka kritēriju svara bāzes scenārijā iegūtais ranžējums uzskatāms par stabilu attiecībā pret kritēriju svara maiņu. Uz x ass (3.5. attēls) atspoguļots attālums līdz ideāli pozitīvajam risinājumam c_i^* . Kritēriju svara maiņa 1. scenārijā (vienāds svara sadalījums starp kritērijiem) nerada būtiskas izmaiņas. Kritēriju svara sadalījuma maiņa 2. scenārijā (lielāks svars ekonomiskajiem kritērijiem), ranžējumā rada pārvirzi starp apmežošanas un agromežsaimniecības pasākumiem, kā arī pārvirzi starp kontrolētās drenāžas un aramzemes pārveides par zālāju pasākumiem. Tomēr šīs izmaiņas nemaina to, ka arī 2. scenārijā joprojām tuvāk ideāli pozitīvajam risinājumam atrodas pasākumi, kuri saistīti ar zemes lietošanas veida maiņu (apmežošana, paludikultūra, agromežsaimniecība).



Avots: autores konstrukcija

3.5.att./Fig.3.5. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ranžējums trīs atšķirīgu kritēriju svara piešķiršanas scenāriju gadījumā/ Ranking of climate change mitigation measures in the case of three different criteria weight assignment scenarios

TOPSIS analīzi izmantojot kā vienu no lēmumu pieņemšanas atbalsta rīkiem, jāņem vērā, ka izvēlēto kritēriju svara maiņa ietekmē TOPSIS analīzes rezultātus, tomēr pat būtiskas svara sadalījuma maiņas gadījumā rezultāti var saglabāt stabilitāti, kas apliecina to pilnīgumu un uzticamību izmantošanai lēmumu pieņemšanā.

3.3. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitātes analīze/Analysis of Cost Effectiveness of Climate Change Mitigation Measures

Lēmumu pieņemšanai un klimata un nozaru politikas veidošanai nepietiek ar informāciju par SEG emisiju samazināšanas tehnisko potenciālu, ir nepieciešams veids, kā reģiona vai valsts līmenī noteikt to pasākumu kopumu, kuru ieviešanas rezultātā būtu iespējams panākt ekonomiski efektīvu klimata pārmaiņu samazināšanu. Pētījumi liecina, ka tehniskais klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāls, kādu to nosaka, piemēram, IPCC ziņojumi, pārsniedz ekonomiski efektīvu iespēju apjomu reģiona vai valsts specifiskā griezumā (Abberton et al., 2010).

Izmaksu efektivitātes analīze ir viena no klasiski lietotām un vispāratzītām pieejām alternatīvu klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju novērtēšanai, tostarp, izmantojot MACC (Shukla et al., 2019). MACC analīze izmantojama gan alternatīvu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu savstarpējai novērtēšanai, gan salīdzinošai analīzei starp nozarēm, kā

arī efektīvai klimata pārmaiņu samazināšanas budžeta izstrādei valsts līmenī, kā to 2009. gadā pirmo reizi piedāvā globālā vadības konsultāciju firma *McKinsey&Company* (Enkvist et al., 2010). MACC analīzes metodes pirmsākumi meklējami 20. gadsimta 80. gados, kad uz daļējā līdzsvara modeļa pamata tika izstrādāts optimizācijas modelis dažādu darbību ietekmes novērtēšanai kopēja mērķa sasniegšanā. 20. gadsimta 90. gados T. Džeksons (*T. Jackson*) sākotnējo modeli pielāgoja klimata pārmaiņu samazināšanas politikas analīzes vajadzībām (Jackson, 1993), izveidojot pieeju, ko izmanto gan akadēmiskajā, gan ražošanas un politikas vidē, dēvējot par MACC analīzi (Levihn, 2015). MACC analīzi klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju novērtēšanā izmanto tādas organizācijas, kā IPCC, ANO Klimata konvencija, OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*), FAO, Starptautiskā enerģijas aģentūra (*International Energy Agency*), Pasaules banka (*World Bank*), pētnieciskās institūcijas un domnīcas (*Think Tanks*), piemēram, Stokholmas vides institūts (*Stockholm Environment Institute*) un Nīderlandes Enerģijas izpētes centrs (*Energy Research Centre of the Netherlands*), Starptautiskās attīstības bankas (*Multilateral Development Banks*), valsts pārvalde (piemēram, Lielbritānijā, Īrijā, Meksikā, Polijā, Nikaragvā un Kalifornijā (Ekins et al., 2011)) un privātas kompānijas. Pētījumos MACC analīzes izmantošanas gadījumu skaits 2010. – 2020. gadā palielinājies vairāk kā divas reizes un biežāk (54% gadījumu) izmantota “no apakšas uz augšu” pieeja (Chairat et al., 2022a).

Zinātniskajā literatūrā nav atrodama vienota MACC analīzes klasifikācija, tomēr biežāk izdala divus galvenos pieejas veidus. Viens no tiem ir uz modelēšanas rezultātiem balstīta (*model based*) jeb “no augšas uz apakšu” (*top down*) pieeja. Šajā gadījumā MACC līkni veido, modeļus darbinot ar dažādiem SEG emisiju ierobežojuma nosacījumiem, lai iegūtu CO₂ cenu amplitūdas rādītājus vai arī ar dažādām CO₂ cenām, lai modelētu atbilstošus SEG emisiju rādītājus. Modelēšanā iegūtos SEG emisiju un CO₂ cenu datus izmanto MACC līknes konstruēšanai (Du et al., 2015). Viens no šādi izmantoto modeļu piemēriem lauksaimniecībā ir CAPRI modelis teorētiskai SEG emisiju atļauju tirgus (ES SEG emisiju tirdzniecības sistēmā) modelēšanai, izmantojot atļauju cenas un reģionālo SEG emisiju limita datus tirgus līdzsvara punkta (SEG emisiju atļaujas cena sakrīt ar robežsamazinājuma izmaksām) noteikšanai (Pérez Dominguez et al., 2009). Otrs MACC veids ir uz ekspertu analīzes rezultātiem balstīta jeb “no apakšas uz augšu” (*bottom up*) pieeja. Šo pieeju mēdz dēvēt arī par tehnoloģisko izmaksu vai izmaksu inženierijas pieeju (Du et al., 2015; Vermont & De Cara, 2010a).

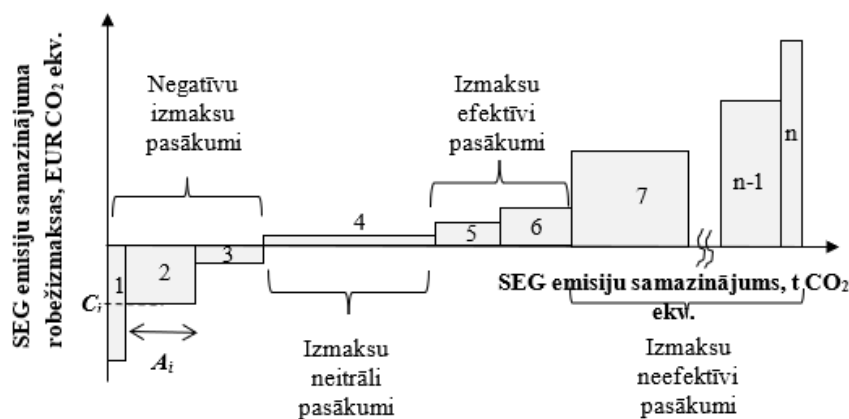
Ekspertu pieejas gadījumā sākotnēji sagatavo potenciāli efektīvu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu kopumu, pārsniedzot “*business as usual*” pieeju un paredzot katra pasākuma potenciālo ieviešanas platību konkrētā reģionā. Izstrādā katras tehniskās klimata pārmaiņu samazināšanas iespējas jeb pasākuma emisiju samazinājuma potenciālu un izmaksas, izmantojot ekspertu veidotus pieņēmumus, tālāk pasākumus ranžējot pēc to izmaksām ar mērķi vizualizēt klimata pārmaiņu samazināšanas izmaksas un to efektivitāti. Tādējādi, ekspertu pieejas MACC izstrādā, izmantojot ekspertu (zinātnisku) novērtējumu un pieņēmumus, izmantojot detalizētu katra klimata pārmaiņu samazināšanas pasākuma jeb alternatīvas tehnoloģisko aprakstu, un neņemot vērā savstarpēju klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietekmi un pieprasījuma/piedāvājuma sistēmas (Chairat et al., 2022a). Modelēšanas rezultātos bāzētās līknes parasti ir izlīdzinātas, savukārt, ekspertu pieejas gadījumā veidojas 3.6. attēlā redzamais atsevišķu stabiņu atspoguļojums (Macleod et al., 2015). Viens no nozīmīgākajiem ekspertu pieejas piemēriem ir *McKinsey&Company* veidotie globālie SEG emisiju samazinājuma novērtējumi dažādām nozarēm, tostarp globāls lauksaimniecības SEG emisiju samazinājuma novērtējums, analizējot divdesmit piecus klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus (Ahmed et al., 2020).

MACC analīze izmantota dažādu nozaru pētniecībā, tostarp, kopš 21. gadsimta sākuma plaši aprobēta klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitātes novērtēšanai lauksaimniecībā gan ārvalstīs, gan Latvijā veiktos pētījumos. Viens no redzamākajiem MACC izmantošanas piemēriem lauksaimniecībā pasaulē ir promocijas darbā jau minētie *McKinsey&Company* pētījumi (Ahmed et al., 2020), kā arī FAO pētījumi lauksaimniecības

politikas ekonomiskajam novērtējumam (Bockel et al., 2012), OECD ziņojumi (Macleod et al., 2015; Wreford et al., 2010) un pārskata pētījumi, piemēram, (Vermont & De Cara, 2010b). Eiropā MACC metode ar lauksaimniecību saistītos pētījumos izmantota gan ES valstu snieguma analizē (De Cara & Jayet, 2011; Eory et al., 2018; Fellmann et al., 2021; Vogt–Schilb & Hallegatte, 2014), gan atsevišķu valstu pētījumos, piemēram, Lielbritānijā (Eory et al., 2013; MacLeod et al., 2010; Macleod et al., 2015; Moran et al., 2009; Moran, Macleod, et al., 2011; Moran, MacLeod, et al., 2011; Smith & Olesen, 2010), Šveicē (Huber, Späti, et al., 2023; Huber, Tarruella, et al., 2023; Kreft et al., 2023), Francijā (Dequiedt & Moran, 2015; Doreau et al., 2014; Pellerin et al., 2017), Īrijā (O’Brien et al., 2014; Schulte et al., 2012a), Austrijā (Wächter, 2013) un citur. Latvijā MACC metode aprobēta izmantošanai lauksaimniecības nozares klimata pārmaiņu pasākumu analizē kopš 2015. gada (Gancone et al., 2021b, 2022b; Kreišmane et al., 2018; Lenerts et al., 2021; Naglis–Liepa et al., 2018, 2021; Popluga et al., 2017; Popluga & Naglis–Liepa, 2015).

MACC līknes ir politikas plānošanā izmantojams rīks, kas sniedz informāciju par vienas papildus SEG emisiju vienības (izteiktas CO₂ ekv.) samazināšanas izmaksām un dod iespēju šīs izmaksas attēlot līknē, kas parāda attiecīgās darbības ieguvumu SEG emisiju samazinājuma apjoma veidā (Macleod et al., 2015). Tādējādi, MACC līknes (3.6. attēls) horizontālā ass attēlo katra analizējamā pasākuma i SEG emisiju samazinājuma potenciālu A_i , savukārt, vertikālā ass – SEG emisiju samazinājuma robežizmaksas C_i . Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izvietojums MACC līknē dod iespēju tos sadalīt nosacītās izmaksu efektivitātes grupās un šo dalījumu uzskatāmi vizualizēt. Pasākumi, kuru ieviešanas gadījumā SEG emisiju samazināšanas robežizmaksas ir negatīvas (3.6. attēlā – “Negatīvu izmaksu pasākumi”), MACC līknes attēlojumā atrodas zem horizontālās ass. Šo pasākumu ieviešana vienlaicīgi nodrošina gan SEG emisiju samazinājumu, gan arī negatīvas izmaksas jeb izmaksu ietaupījumu. Izmaksu neitrālu pasākumu izvēle nodrošina iespēju mazināt klimata pārmaiņu ietekmi ar salīdzinoši nelieliem izdevumiem, kas ilgtermiņā tuvojas nulles izmaksu atzīmei. Izmaksu efektīvo pasākumu grupa nodrošina sabalansētu izdevumu un klimata pārmaiņu samazināšanas proporciju. Pētījumos šīs grupas definējumam kā šķirkli mēdz izmantot aktuālo un prognozēto oglekļa cenu, respektīvi, šo pasākumu ieviešana klimata pārmaiņu samazināšanā uzskatāma par lētāku salīdzinājumā ar attiecīga daudzuma oglekļa vienību iegādi (Schulte et al., 2012b). Promocijas darbā izmantota ES Zaļā kursa ietekmes novērtējuma ziņojumā (European Commission, 2020b) izmantotā vidējā oglekļa cena 55 EUR t⁻¹ CO₂ ekv. Izmaksu neefektīvo pasākumu gadījumā katras CO₂ ekv. tonnas samazinājums ir būtiski dārgāks nekā citās pasākumu grupās un šo pasākumu ieviešana klimata pārmaiņu samazināšanai ir dārgāka nekā attiecīga daudzuma oglekļa vienību iegāde. Tomēr jāņem vērā tas, ka izmaksu ietilpīgi klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi, lai gan nevar tikt ieviesti ātri, var sniegt būtisku klimata pārmaiņu samazinājuma efektu ilgtermiņā tādējādi būt nozīmīgi ilgtermiņa politikas plānošanā. Pētījumi uzsver, ka nav vēlams koncentrēties tikai uz izmaksu ziņā efektīvāko pasākumu ieviešanu, bet gan sākt ieviest izmaksu ietilpīgākos pasākumus (ja to inerce un klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāls ir augsts) pirms ir izsmelts ieviešanā lētāko pasākumu klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāls, kā arī to, ka optimāls pasākumu kopums īstermiņa mērķa sasniegšanai ir atkarīgs no pasākumiem, kuri nepieciešami ilgtermiņa mērķu sasniegšanai (Vogt–Schilb & Hallegatte, 2014). Tādējādi, ņemot vērā dinamikas un inerces efektus, ir iespējams noteikt optimālu klimata pārmaiņu pasākumu ieviešanas laiku gadījumos, kad tas dažādiem pasākumiem plānots atšķirīgs.

MACC līkni klasiski izmanto SEG emisiju samazinājuma robežizmaksu un klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāla vizualizācijai, bet to var lietot arī izvēlēto pasākumu vidējo izmaksu un kopējo SEG emisiju samazināšanas izmaksu aprēķiniem (Kesicki & Strachan, 2011). No politikas veidošanas perspektīvas, MACC atbild uz jautājumu kā tirgus reaģēs vai kā tam vajadzētu reaģēt uz politikas iniciatīvām (klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanu), un kuras ir labākās pieejamās alternatīvas nākotnes investīcijām klimata pārmaiņu samazināšanā (Levihn et al., 2014).

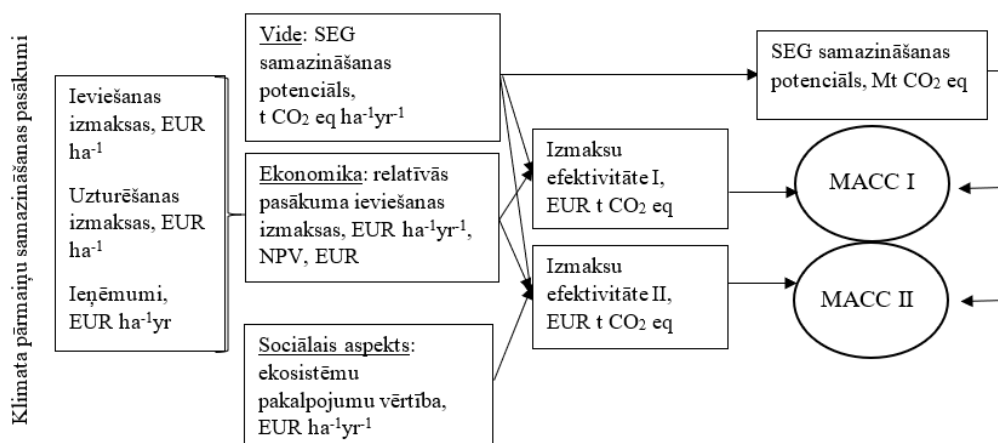


Avots: autores konstrukcija pēc (Schulte et al., 2012b; Vogt–Schilb & Hallegatte, 2014)

3.6.att./Fig.3.6. Ekspertu jeb “no apakšas uz augšu” MACC pieejas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitātes līknes teorētiskais piemērs / The theoretical example of expert based or bottom-up MACC approach for designing the cost efficiency curve of climate change mitigation measures

Lai gan pētījumi atzīmē arī ekspertu pieejas MACC vājās puses, piemēram, to, ka: 1) katrs klimata pārmaiņu samazināšanas pasākums tiek aplūkots atsevišķi, nepietiekami ņemot vērā pasākumu savstarpējo ietekmi; 2) ņem vērā tehnoloģiskās, bet ignorē saistītās transakciju izmaksas; 3) ietekmi parasti novērtē statistiski un šauri tehnoloģiski, neņemot vērā institucionālo un uzvedības modeļu kontekstu (Kesicki & Strachan, 2011), autore promocijas darbā izvēlas izmantot šo pieeju, jo tā dod iespēju analizēt izmaksu efektivitāti nozares vai nozares segmenta līmenī, kas promocijas darba gadījumā ir lauksaimniecības organiskā augsne.

Promocijas darbā autore MACC metodi izmanto, lai analizētu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu izmaksu efektivitāti lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā Latvijas ZIZIMM sektorā valsts līmenī. Aprēķini un MACC līkņu konstrukcija veikta atbilstoši klasiskajai robežsamazinājuma izmaksu analīzes koncepcijai, izsakot naudas izteiksmē kopējās katra pasākuma ieviešanas izmaksas (pozitīvas vai negatīvas) par katru papildus radīto CO₂ ekv. samazinājuma tonnu (Chairat et al., 2022b; Eory et al., 2018), izmantojot 3.1. apakšnodaļā aprakstīto katra pasākuma darba matricu un 3.7. attēlā redzamo MACC aprēķina modeli.



Avots: autores veidots

3.7.att./Fig.3.7. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu MACC aprēķina modelis lauksaimniecības organiskajai augsnei Latvijā / Model for calculations of MACC for climate change mitigation measures for agriculture organic soil in Latvia

Par katru no klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem apkopoti izmaksu (pasākumu ieviešanas un uzturēšanas) un ieņēmumu dati, atbilstoši 3.1. apakšnodaļā aprakstītajiem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas agrotehniskajiem, sociāli ekonomiskajiem un vides rādītājiem un aprēķināta izmaksu efektivitāte ar un bez ekosistēmu pakalpojumiem, sagatavojot MACC datu matricu (3.7.tabula). Pozitīvas izmaksu efektivitātes vērtības norāda uz to, ka SEG emisiju samazināšana ir izmaksas radoša, savukārt, negatīvas norāda uz ekonomiskiem ieguvumiem SEG emisiju samazināšanā (Eory et al., 2013).

3.7.tabula/Table 3.7

Datu matrica klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu MACC analīzei lauksaimniecības organiskajā augsnē Latvijā 2022. gadā/ Data matrix for climate change mitigation measures MACC analysis in agriculture organic soil in Latvia in 2022

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākums	Ekosistēmu pakalpojuma vērtība, EUR ha ⁻¹	SEG emisiju samazināšanas potenciāls (25 yr), Mt CO ₂ ekv.	Izmaksu efektivitāte, EUR t ⁻¹ CO ₂ ekv.	
			Ar ekosistēmu pakalpojumiem	Bez ekosistēmu pakalpojumiem
Agromežsaimniecība	10959	0,1	-342,1	-3,9
Paludīkultūra	13058	0,1	-393,6	3,9
Apmežošana	13058	0,2	-252,9	3,8
Aramzemes pārveide par zālāju	6445	0,02	-767,7	8,0
Kontrolētā drenāža	9627	0,05	-552,1	24,1
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	1106	0,01	-424,2	55,0

Avots: autores konstrukcija

Izmaksu efektivitāte aprēķināta pēc formulas:

$$CE_{CCMn} = \frac{NPV_{CCMn}}{\Delta M_{CO_2}(P_1+P_2+\dots+P_n)} \quad (3.9.)$$

kur:

CE_{CCMn} – n-tā klimata pārmaiņu samazināšanas pasākuma izmaksu efektivitāte;

NPV_{CCMn} – n-tā klimata pārmaiņu samazināšanas pasākuma tūrā tagadnes vērtība (aprēķināta pēc 5. formulas);

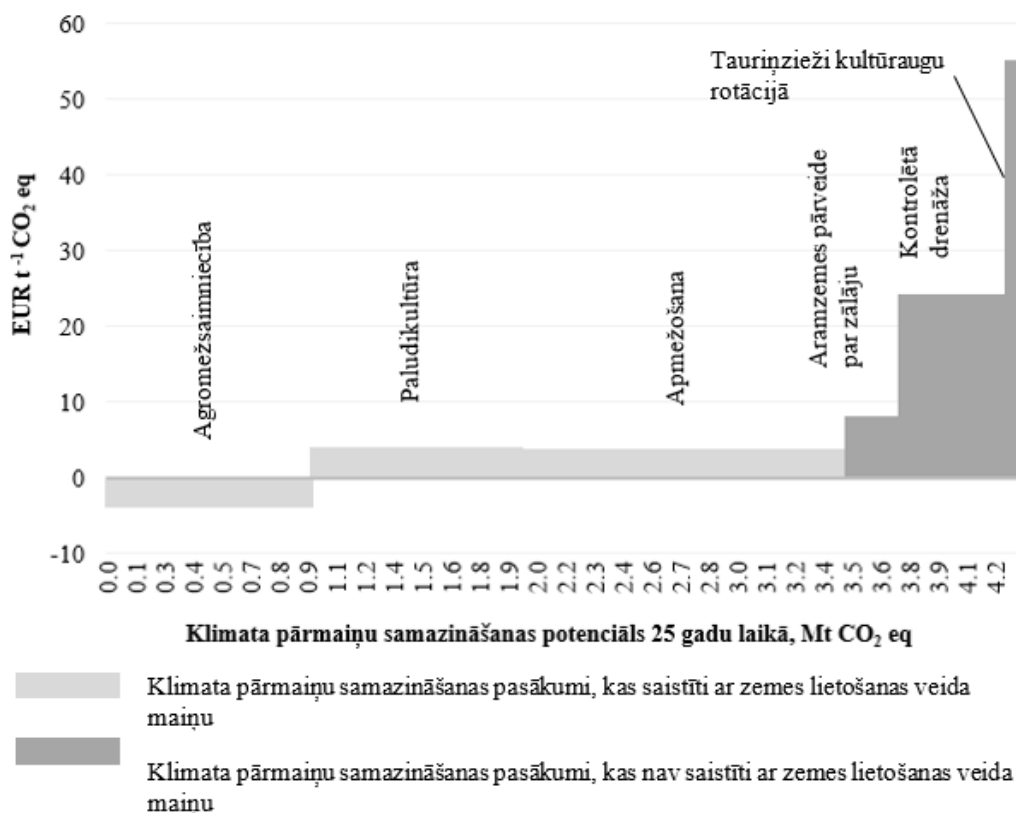
ΔM_{CO_2} – n-tā klimata pārmaiņu samazināšanas pasākuma ikgadējais CO₂ ekv. samazināšanas potenciāls;

P_n – n-tā klimata pārmaiņu samazināšanas pasākuma atsevišķu gadu ieviešanas mērķa platība.

MACC analīzi autore veic divos variantos – bez un ar ekosistēmu pakalpojumu vērtības klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu tīrajā tagadnes vērtībā, attiecīgi sagatavojot MACC I (3.8. attēls) un MACC II (3.9. attēls). Ekosistēmu pakalpojumu vērtību izmantošanu MACC analīzē autore izvēlas testēt, kā inovatīvu pieeju, kas līdz šim pētījumos nav izmantota. Sociālā aspekta iekļaušana MACC analīzē paplašina analīzes tvērumu un teorētiski var paplašināt pielietojamības tvērumu.

MACC analīzes rezultātu vizualizācija MACC I (3.8. attēls) atspoguļo izvēlēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu CO₂ ekv. samazināšanas potenciālu lauksaimniecības organiskajā augsnē Latvijā, atbilstoši klimata pārmaiņu samazināšanas izmaksām, neietverot ekosistēmu pakalpojumu vērtību, un veidojot pasākumu ranžējumu pēc to ieviešanas izmaksu efektivitātes. Autore MACC vizualizācijās klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus sadalījusi divās grupās pēc to ieviešanas veida, izdalot pasākumus, kas saistīti ar zemes

lietošanas veida maiņu no lauksaimniecībā izmantojamās zemes uz meža zemi vai agromežsaimniecības sistēmu un pasākumus, kas nav saistīti ar zemes lietošanas veida maiņu (3.8. un 3.9. attēls). Dalījums veikts, lai indikatīvi raksturotu pasākumu sociālās pieņemamības potenciālu, pieņemot, ka pasākumi, kuru ieviešana nav saistīta ar zemes lietošanas veida maiņu, varētu būt sociāli pieņemamāki raugoties no lauksaimniecības zemes īpašnieka skatupunkta.

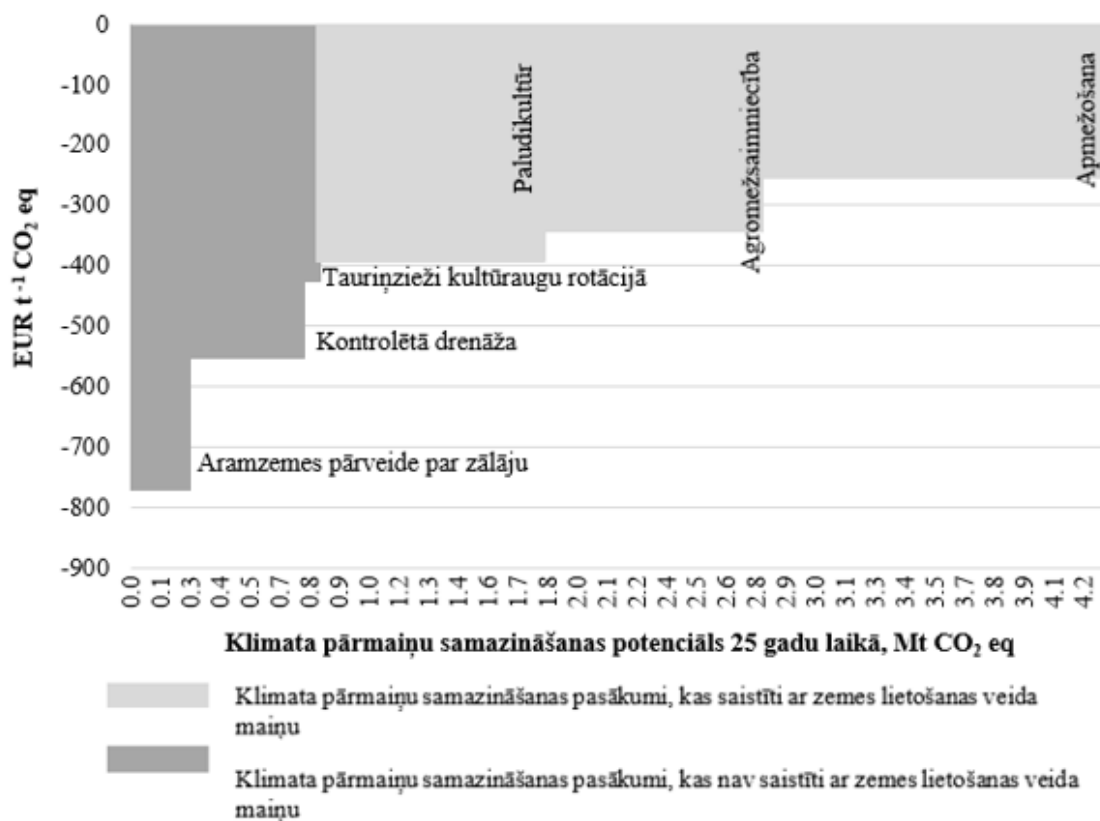


Avots: autores konstrukcija

3.8.att./Fig.3.8. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazinājuma potenciāls un izmaksas lauksaimniecības organiskajā augsnē Latvijā 2022. gadā (MACC I)/The costs and potential for reducing GHG emissions under climate change mitigation measures in agricultural organic soil in Latvia in 2022 (MACC I)

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ranžējums bez ekosistēmu pakalpojumu vērtības (MACC I, 3.8. attēls) norāda uz pasākumu, kas saistīti ar zemes lietošanas veida maiņu (agromežsaimniecība, paludikultūra, aomežošana), lielāku SEG emisiju samazinājuma potenciālu ar zemākām vienas CO₂ ekv. tonnas samazinājuma izmaksām, starp kuriem agromežsaimniecības pasākums ir negatīvo izmaksu kategorijā. Visu šo pasākumu ieviešanas gadījumā tiek audzēta koksnes biomasa, kas nozīmē papildu oglekļa piesaisti un kopumā lielāku emisiju samazināšanas potenciālu. Pasākumi, kuri saistīti ar zemes lietošanas veida maiņu, atbilstoši promocijas darbā izdarītajiem pieņēmumiem, atrodas izmaksu efektīvu (aramzemes pārveide par zālāju un kontrolētā drenāža) un izmaksu neefektīvu (tauriņzieži kultūraugu rotācijā) pasākumu kategorijā. Tiem ir mazāks SEG emisiju samazinājuma potenciāls (piemēram, tauriņziežu ietveršana kultūraugu rotācijā) un lielākas sākotnējo investīciju izmaksas (piemēram, kontrolēta drenāža). Tomēr jāņem vērā, ka ar zemes lietošanas veida maiņu saistītie pasākumi indikatīvi ir ar zemāku sociālo pieņemamību, kas varētu to ieviešanai pievienot papildus izmaksas, kas promocijas darba pētījumā nav analizētas.

MACC analīzes rezultāti aprēķinos ietverot ekosistēmu pakalpojumu vērtību, atspoguļoti 3.9. attēls. Šajā gadījumā (MACC II) visi klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi izmaksu efektivitātes līknē pārvirzās uz negatīvo izmaksu jeb ieguvuma zonu.



Avots: autores konstrukcija

3.9.att./Fig.3.9. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazinājuma potenciāls un izmaksas lauksaimniecības organiskajā augsnē Latvijā 2022. gadā (MACC II)/The costs and potential for reducing GHG emissions under climate change mitigation measures in agricultural organic soil in Latvia in 2022 (MACC II)

Lai gan ekosistēmu pakalpojumi ir būtiski plašāka tvēruma vides ietekmes novērtēšanai (līdztekus SEG emisiju samazinājumam) (Pascual et al., 2023), kā arī vērtējot šo pakalpojumu nozīmi klimata pārmaiņu samazināšanas alternatīvu ranžēšanā (Taft, 2014), tomēr to vērtības parasti nav ietvertas MACC aprēķinos. Promocijas darbā tas darīts ar nolūku testēt šo pieeju, kā rezultātā autore secina, ka modificētās MACC II analīzes aprēķina rezultāti uzskatāmi par orientējoši informatīviem, jo nemateriālo vērtību monetizācijas metodoloģijas joprojām tiek izstrādātas un rezultāti ir pakļauti daudziem pieņēmumiem. Turklāt pētījumi liecina, ka negatīvu izmaksu gadījumā MACC izmantošanā vēlams ievērot piesardzību (Ekins et al., 2011; Levihn, 2015; Ponz-Tienda et al., 2017; Taylor, 2012; Ward, 2014), jo: 1) var tikt pārvērtēts negatīvu izmaksu pasākumu klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāls, neveltot pietiekamu uzmanību pasākumiem, kuri izmaksu ziņā ir mazāk efektīvi; 2) negatīvu izmaksu pasākumi tiek adekvāti novērtēti kā izmaksu efektīvākie jeb ienākumus nesošie, bet to savstarpējais ranžējums var nebūt korekts metodes matemātiskā algoritma īpatnību dēļ. Tā kā promocijas darba izstrādes laikā nav pieejama vispārāzīta pieeja, kā šo MACC metodes trūkumu novērst, autore pieņem, ka “negatīvu izmaksu pasākumi” ranžējumā uztverami kā vienlīdzīgi. Līdz ar to MACC II gadījumā rezultāti nav tieši interpretējami pasākuma ranžējuma veidā, bet gan lietojami, kā norāde uz nemateriālo vērtību (tostarp sociālo, kultūras, vēsturisko u.c.) esamību un nozīmi (aprēķinu rezultāts būtiski mainās), vērsot lēmumu pieņēmēju uzmanību uz nepieciešamību apsvērt šāda veida vērtību ietveršanu politikas lēmumu pieņemšanas procesos, kā arī apsvērt atbalstu tālāku pētījumu veikšanai.

Promocijas darbā MACC metode testēta kā lēmumu pieņemšanas atbalsta rīks, koncentrējoties uz metodoloģisko aspektu nevis konkrētu klimata pārmaiņu samazināšanas

pasākumu novērtēšanu ieviešanai politikas plānošanā. Lēmumu pieņēmējiem jāapzinās, ka mainot izdarītos pieņemumus, tostarp, iegūstot precīzākus datus par pasākumu klimata pārmaiņu samazināšanas potenciālu, lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu ģenerētie rezultāti var būtiski mainīties. Tā ir uzskatāma gan par MACC metodes priekšrocību saistībā ar pieejas elastīgumu, gan par trūkumu, kas veido rezultātu nenoteiktību (Ekins et al., 2011). Pie apsvērumiem, kas lēmumu pieņēmējiem ņemami vērā lietojot MACC metodi, izdalāmi šādi ierobežojumi (Ekins et al., 2011; Schulte et al., 2012b): 1) politiskie lēmumi ir jāpieņem kompleksos apstākļos, daudzu ietekmju saskarē, kā rezultātā jebkurš vienkāršots, monetārā izteiksmē izteikts aprēķinu kopsavilkums uzskatāms par vienu nevis vienīgo lēmumu pieņemšanas atbalsta iespēju; 2) caurskatāmības, analīzes pilnīguma un uzticamības nolūkos MACC analīzes rezultāti interpretējami tikai ņemot vērā visus pieņemumus, kas izdarīti to sagatavošanai; 3) jebkurai datu kopai, kas izmantota MACC analīzes sagatavošanai, ir jātiek pakļautai periodiskai pārskatīšanai un uzlabošanai, ietverot jaunākos pieejamos datus un zināšanas; 4) MACC analīzē klasiski ietver pasākumu tehnoloģiskās izmaksas, bet pastāv dažādi citi izmaksu elementi, kurus ne vienmēr ir iespējams izteikt monetārās vienībās. Lēmumu pieņemšanā saglabājams pēc iespējas plašs skatījums; 5) ieteicams izvairīties no striktas rezultātu skaitliskās izteiksmes interpretēšanas, jo nepieciešams ņemt vērā rezultātu nenoteiktības aspektu, kas nākotnes izmaksu, tehnoloģiju un situācijas prognozēšanā var būt ievērojams. Ņemot vērā minētos apsvērumus, jebkuras MACC analīzes ranžējums uzskatāms par relatīvu attiecībā pret izdarīto pieņemumu kopumu.

Pētījumi liecina, ka viena atsevišķa lēmumu pieņemšanas atbalsta rīka, tostarp MACC līknes, izmantošana lēmumu pieņemšanā var būt ierobežojoša (Kesicki & Strachan, 2011) un ir vēlams MACC pieeju kombinēt ar citām metodēm, piemēram, kādu no daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas atbalsta metodēm (Chairat et al., 2022a), kā tas darīts promocijas darbā. MACC analīze izmantojama kā vērtīgs kvantificētas klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāla un izmaksu informācijas avots konkrētā laika brīdī, kā arī, lai iegūtu informāciju par jaunām tehnoloģiskām iespējām un to uzskatāmā veidā pārrunātu ar interešu grupām (Kesicki & Strachan, 2011). Promocijas darbā MACC analīze kombinēta ar MCDA TOPSIS metodi. Neskatoties uz metodoloģiskajām atšķirībām, abas metodes klimata pārmaiņu pasākumu ranžējumā uzrāda līdzīgus rezultātus. Ar zemes lietošanas veida maiņu saistītie klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi (apmežošana, paludikultūras, agromežsaimniecība) parādās kā izmaksu efektīvāki un ideālajam risinājumam tuvāki. TOPSIS metode ietver sociālās vērtības aspektu (kuru var attīstīt tālāk, ja pieņem attiecīgu lēmumu), bet ranžēšana pēc MACC metodes sniedz skaidru izpratni par izmaksu efektivitāti. MCDA TOPSIS un MACC metožu kombinēta izmantošana var kalpot par stabilu pamatu līdzsvarotu un zinātniski pamatotu lēmumu pieņemšanai klimata politikas plānošanā lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanai.

3.4. SEG emisiju prognožu simulācija klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu iespējamās ietekmes novērtēšanai Latvijas klimata politikas saistību izpildē/*Simulation of GHG Emission Projections to Assess the Impact of Climate Change Mitigation Measures on the Fulfillment of Latvia's Climate Policy Commitments*

SEG emisiju prognozes ir daļa no Latvijas starptautiski, ES un nacionālā līmenī noteiktām saistībām SEG emisiju aprēķināšanā, ziņošanā, uzskaitē, kā arī klimata un saistīto nozaru politikas mērķu sasniegšanas plānošanas, kas plašāk aprakstīts promocijas darba 1.2. apakšnodaļā un ņemts vērā sagatavojot SEG emisiju prognožu simulāciju promocijas darbā analizēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu iespējamās ietekmes novērtēšanai.

Lēmumu pieņēmēji nereti ir spiesti strādāt lielas nenoteiktības apstākļos, īpaši, ja ir runa par ilgtermiņa ietekmēm, ietekmju sekām un politikas plānošanu, kā tas ir klimata politikas gadījumā (Ascher, 2004). Klimata pārmaiņu prognozēšanai izstrādāti globāli un reģionāli

modeļi (Knutti et al., 2010; Oo et al., 2019; Randall et al., 2007 u.c.), kuru rezultātus regulāri apkopo dažāda veida starptautiskos ziņojumos, starp kuriem pazīstamākiem ir IPCC ziņojumi, un izmantoti klimata pārmaiņu samazināšanas politikas mērķu noteikšanā. Zemes izmantošanas tendenču prognozēšanai, līdzīgi kā klimata pārmaiņu gadījumā, arī izmanto dažāda veida modeļus, kuru attīstība, neskatoties uz lielo nozīmi politikas plānošanā, joprojām atrodas sākuma stadijā gan modelēšanas, gan sistemātiskas savietošanas iespēju ziņā, kā arī iegūto rezultātu nenoteiktība joprojām ir augsta (Stehfest et al., 2019). Iespējamo attīstības scenāriju plānošana un to ietekmes aprēķināšana ir viena no bieži lietotām pieejām, kas ļauj visa veida ieinteresētajām pusēm ņemt vērā dažādas attīstības iespējas, ieskaitot tās, kas ir diskutablas organizatorisku, sociālu vai politisku iemeslu dēļ, kā arī akceptēt fundamentālo nenoteiktību, kas saistās ar ilgtermiņa prognozēm (Doukas & Nikas, 2020).

Promocijas darbā analizēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu potenciālas ieviešanas radītā SEG emisiju samazinājuma prognožu simulācijas sagatavošanai izdarīti šādi pieņēmumi: 1) ņemot vērā ES un Latvijas klimatneitralitātes mērķi līdz 2050. gadam (plašāk aprakstīts darba 1.3. apakšnodaļā), prognozēs plānots maksimālais tehniskās ieviešanas potenciāls no 2025. līdz 2050. gadam visiem pētījumā izvēlētajiem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā, apzinoties, ka pasākumu pakāpeniskākas ieviešanas pieeja varētu izlīdzināt SEG emisiju prognožu līknes, bet nemainītu kopējos rezultātus; 2) SEG emisiju prognožu simulācija veikta Latvijas ZIZIMM sektoram (tā aramzemes un zālāja kategorijām), lai gan ietekme uz SEG emisiju prognozēm pasākumu ieviešanas gadījumā būtu vērojama arī SEG inventarizācijas lauksaimniecības sektorā saistībā ar apsaimniekotas organiskās augsnes platību samazinājumu zemes lietošanas veida maiņas gadījumā. Autore izvēlas SEG emisiju prognožu simulāciju veikt ZIZIMM sektoram (aramzemes un zālāju kategorijās), jo darba mērķis ir izstrādāt priekšlikumus lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas uzlabošanai, koncentrējoties uz lēmumu pieņemšanas iespēju nevis konkrētu pasākumu ietekmes novērtēšanu, kā arī saistībā ar darba apjoma ierobežojumiem; 3) SEG emisiju prognožu simulācija veikta, par bāzes scenāriju, izmantojot Latvijas 2023. gadā sagatavoto SEG emisiju prognožu WAM scenāriju ZIZIMM sektoram (Ministry of Climate and Energy of Latvia, 2023).

SEG emisiju prognožu simulācijai izmantotie dati sistematizēti 3.8.tabulā.

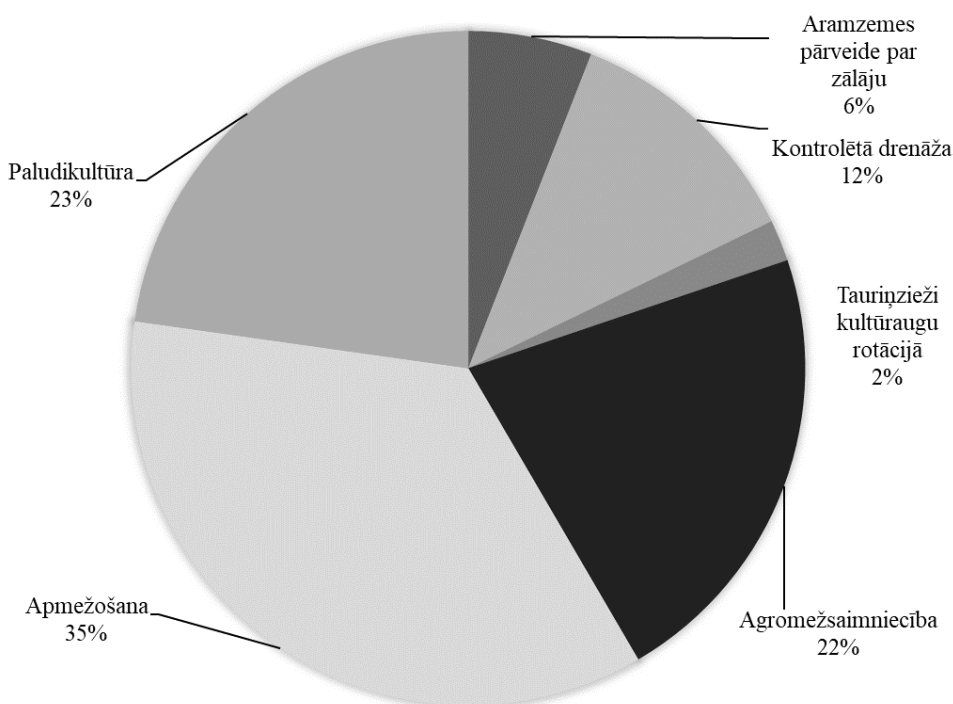
3.8.tabula/Table 3.8

Datu matrica SEG emisiju prognožu simulācijas sagatavošanai Latvijas ZIZIMM sektora aramzemes un zālāju kategorijās 2023. gadā/ Data matrix for simulation of GHG emission projections for Cropland and Grassland categories of the LULUCF sector of Latvia in 2023

Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākums	Pasākuma ieviešanas platība, ha yr ⁻¹	Pasākuma ieviešanas platība 25 yr, ha	Pasākuma SEG emisiju samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv. yr ⁻¹ ha ⁻¹	Pasākuma SEG emisiju samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv. yr ⁻¹	Pasākuma SEG emisiju samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv. 25 yr
Aramzemes pārveide par zālāju	369	9235	2,7	997	24935
Kontrolētā drenāža	369	9235	5,4	1995	49869
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	369	9235	0,8	296	7388
Agromežsaimniecība	369	9235	10,4	3842	96044
Apmežošana	369	9235	16,6	6132	153301
Paludikultūra	369	9235	10,7	3953	98815

Avots: autores veidots

Pieņemts (pieņēmuma plašāks skaidrojums sniegts darba 3.1. apakšnodaļā), ka ikgadējās apsaimniekošanas izmaiņas skar 2216 ha lauksaimniecībā izmantotas organiskās augsnes jeb 55 350 ha 25 gados. Kopējais kumulatīvais promocijas darbā analizēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazināšanas potenciāls šajā pētījumā veikto pieņēmumu gadījumā 25 gados ir 430,2 kt CO₂ ekv. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazināšanas potenciāls savstarpējā salīdzinājumā atspoguļots 3.10. attēlā. Atbilstoši izdarītajiem pieņēmumiem, pēc proporcijas būtiskākais SEG emisiju samazinājums panākams veicot lauksaimniecības organiskās augsnes apmežošanu (35%), kam seko paludikultūras ierīkošana stādot melnalksni un bērzu (23%), kā arī agromežsaimniecības sistēmas ierīkošana lauksaimniecības organiskajā augsnē veidojot ātraudzīgu kokaugu un zālaugu ekosistēmu (22%). Tomēr jāņem vērā, ka šie pasākumi ir saistīti ar zemes lietošanas veida pilnīgu vai daļēju maiņu no ierasti apsaimniekotas lauksaimniecības zemes uz meža zemi vai zemi, kurā audzē kokaugus kombinācijā ar lauksaimniecības kultūraugiem. Promocijas darbā nav veikts ieinteresēto pušu attieksmes novērtējums, bet pētījumi liecina, ka sociāli psiholoģiskie un sociāli ekonomiskie faktori būtiski iespaido zemes īpašnieku lēmumus, tostarp par zemes lietošanas vai saimniekošanas veida maiņu, tāpat kā zināšanas par klimata pārmaiņu procesiem (Pascual et al., 2023), kā rezultātā, politisko lēmumu īstenošana var tikt kavēta, ja tiem neseko pietiekams izglītojošais darbs un nav pietiekami ņemtas vērā zemes īpašnieku specifiskās vajadzības un mērķi (Van Den Berg et al., 2023), piemēram, turpināt ierasto lauksaimniecības praksi. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu, kuru ieviešanas gadījumā netiek veikta zemes izmantošanas veida maiņa, sociālā pieņemamība zemes īpašnieku vidū varētu būt augstāka, bet kopējais klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāls veido salīdzinoši nelielu daļu (20%) no kopējā analizēto pasākumu potenciāla.



Avots: autores veidots

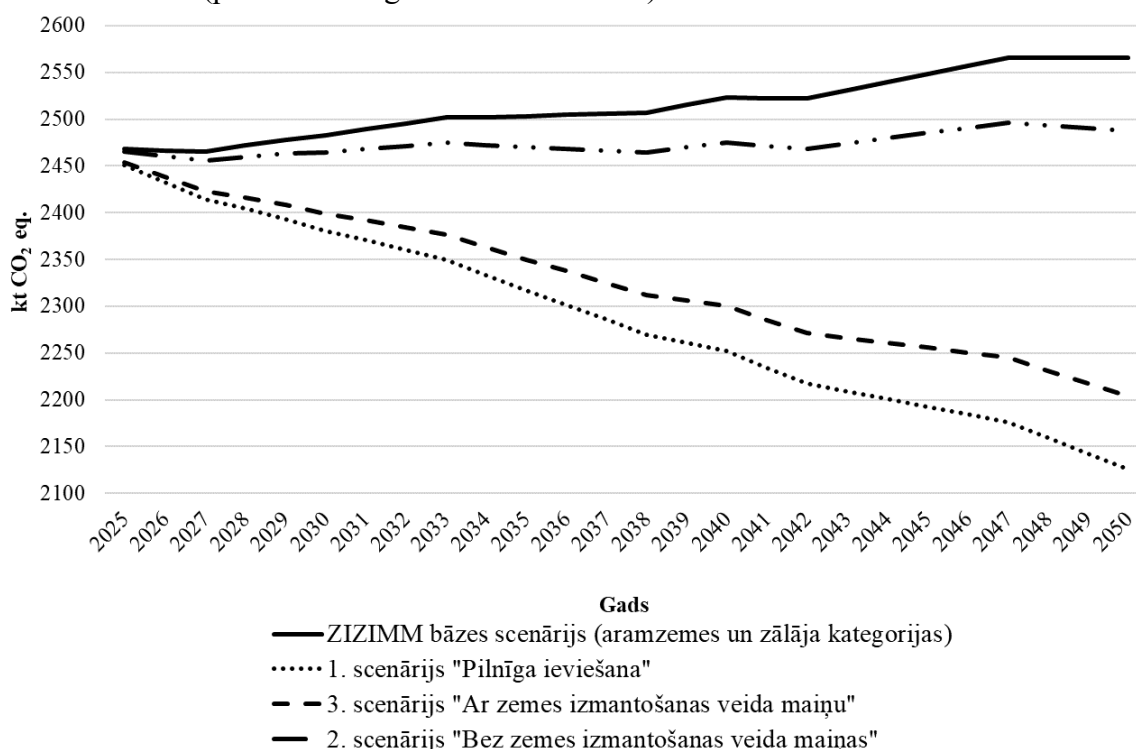
3.10.att./Fig.3.10 Lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu SEG emisiju samazināšanas potenciāla savstarpējs salīdzinājums Latvijā 2023. gadā / Comparison of the GHG emissions reduction potential of agricultural organic soil climate change mitigation measures in Latvia in 2023

Jāņem vērā, ka šīm SEG emisiju samazinājuma vērtībām ir ilustratīvs raksturs, jo promocijas darba 3. nodaļā pārbaudītas daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas un izmaksu efektivitātes analīzes metodes organiskās augsnes apsaimniekošanas lēmumu pieņemšanā nevis

novērtēts konkrēto pasākumu SEG emisiju samazināšanas potenciāls. Šāda veida analīze – ar mērķi novērtēt reālo SEG emisiju samazinājuma potenciālu – būtu jāveic turpmākajos pētījumos, kad pasākumiem ir pieejami reģionāli SEG emisiju mērījumu dati un aprēķināti reģionāli SEG emisiju faktori, piemēram, projektā LIFE OrgBalt.

Promocijas darbā SEG emisiju prognožu simulācija veikta trīs alternatīviem scenārijiem, tos plānojot 55 405 ha mērķa platībā (mērķa platības izvēles pamatojums skaidrots darba 3.1. apakšnodaļā):

- 1) 1. scenārijs “Pilnīga ieviešana”, paredzot visu darbā analizēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu vienlaicīgu ieviešanu (izņemot “tauriņzieži kultūraugu rotācijā”, jo tas jau ir ietverts bāzes scenārijā) to ieviešanas tehniskā potenciāla apjomā;
- 2) 2. scenārijs “Bez zemes izmantošanas veida maiņas” ietver divu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu īstenošanu – “aramzemes pārveide par zālāju” un “kontrolētā drenāža”. Trešais “bez zemes izmantošanas maiņas” pasākums “tauriņzieži kultūraugu rotācijā” netika iekļauts šajā scenārijā, lai izvairītos no dubultās uzskaites, jo pasākuma ietekme jau ir iekļauta Latvijas 2023. gadā sagatavoto SEG emisiju WAM scenārijā lauksaimniecības sektorā;
- 3) 3. scenārijs “Ar zemes izmantošanas veida maiņu” ietver trīs klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanu, kuri TOPSIS analīzē identificēti kā tuvākie ideāli pozitīvam risinājumam un MACC analīzē ranžēti kā izmaksu efektīvākie. Šo pasākumu īstenošana ierosina zemes lietojuma maiņu no lauksaimniecības zemes uz meža zemi (pasākumi “Apmežošana” un “Paludikultūra”) vai agromežsaimniecības sistēmu (pasākums “Agromežsaimniecība”).



Avots: autores veidots

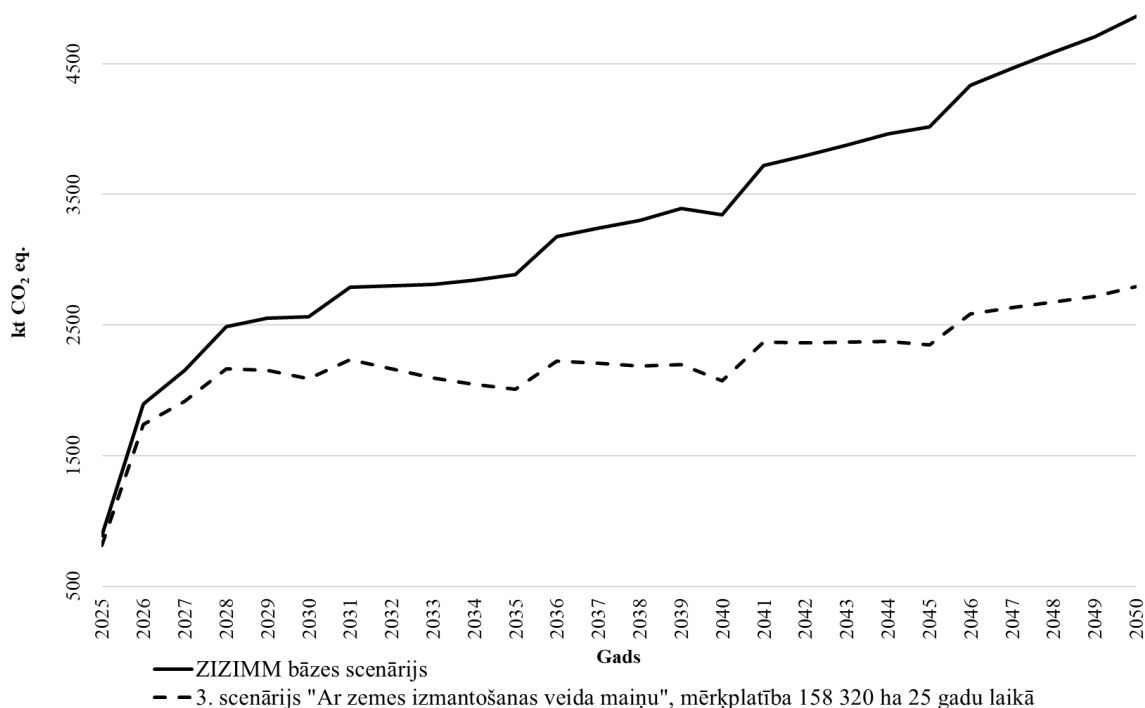
3.11.att./Fig.3.11. ZIZIMM sektora SEG emisiju prognožu simulācija potenciālas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas gadījumā trīs scenārijos Latvijā / Simulation of GHG emission projections of the LULUCF sector in case of implementation of potential climate change mitigation measures in three scenarios in Latvia

Prognožu simulācijas rezultāti (3.11. attēls) liecina, ka ieviešot klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā promocijas

darbā izvēlētajā mērķplatībā, lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas radītās SEG emisijas ZIZIMM sektorā visvairāk samazinās 1. scenārija un 3. scenārija realizācijas gadījumā, kas saistīts ar oglekļa piesaisti kokaugu biomasā un zemes izmantošanas veida maiņu. Savukārt, 2. scenārija īstenošana jeb divu zemes lietošanas veida maiņu neizraisošu pasākumu ieviešana emisiju līkni būtiski nemaina. Tā kā bāzes scenārijs ir Latvijas nacionālo SEG emisiju prognožu WAM aprēķini (2023. gada iesniegums), plānotie pasākumi veido klimata pārmaiņu samazināšanas pienesumu virs pašreizējā politikas uzstādījuma, to ieviešanai būtu nepieciešami papildus politiskie stimuli.

Aprēķinos izmantotais klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas potenciāls plānots tehniski īstenojamā maksimumā jau no pirmā īstenošanas gada (2025. gadā), jo gan starptautiskā, gan ES un nacionālā līmenī ir steidzami jārod risinājums, kā virzīties uz saistošā klimata neitralitātes mērķa sasniegšanu (Calvin et al., 2023).

Pieņemot, ka 3. scenārija pasākumus ievieš visā lauksaimniecības organiskās augsnes platībā Latvijā jeb 158 320 ha (atbilstoši 2022. gada Latvijas Nacionālā siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas ziņojuma datiem) katru gadu 6329 ha vienādā attiecībā starp trijiem 3. scenārija pasākumiem, panākams ZIZIMM sektora SEG emisiju samazinājums (3.12. attēls), tomēr SEG emisijas joprojām ir pozitīvas. Respektīvi, ar 3. scenārija pasākumu ieviešanu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā Latvijā līdz 2050. gadam ZIZIMM sektorā nav nodrošinātas negatīvas SEG emisijas jeb piesaiste (atbilstoši promocijas darbā lietotiem pieņēmumiem).



Avots: autores veidots

3.12.att./Fig.3.12 ZIZIMM sektora SEG emisiju prognožu simulācija, pieņemot, ka 3. scenārija pasākumus ievieš visā lauksaimniecības organiskās augsnes platībā Latvijā / Simulation of GHG emission projections of the LULUCF sector, assuming that scenario No 3 is implemented in the entire area of agricultural organic soil in Latvia

Promocijas darbā nav analizēta politikas plānošanas instrumentu dažādība, bet lēmumu pieņēmējiem ir iespējas izmantot komplicētu instrumentu un stimulu kopumu (Capano & Howlett, 2020), tostarp ES jauno zaļās uzņēmējdarbības iniciatīvu par oglekļa saistīgo lauksaimniecību (European Commission, 2021a), lai sasniegtu maksimālo klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanas tehnisko potenciālu papildus cita veida politikas intervencēm. SEG emisiju prognožu simulācijas rezultāti (3.11. un 3.12. attēls) norāda uz

iespēju samazināt ZIZIMM sektora SEG emisijas, mainot lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu Latvijā, kas potenciāli sniegtu ieguldījumu valsts klimata politikas mērķu sasniegšanā līdz 2050. gadam. Promocijas darbā analizētos klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus ES līmenī apspriež saistībā ES Bioloģiskās daudzveidības stratēģiju pavadošā normatīvā regulējuma – Dabas atjaunošanas regulas (European Commission, 2022d) un ES oglekļa piesaistes sertifikācijas regulas (European Commission, 2022c) izstrādi, kā iespējamus dabas atjaunošanas (*restoration*) un oglekļa saistīgās lauksaimniecības pasākumus. Tādējādi šie klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi var tikt izmantoti sekmējot Latvijas virzību uz klimata pārmaiņu samazināšanas, gan arī dabas atjaunošanas politikas mērķu sasniegšanu, vienlaikus dodot iespēju zemes īpašniekiem gūt papildus ienākumus, piedaloties ES ierosinātā “zaļā biznesa” jeb oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvās.

3. nodaļas kopsavilkums un secinājumi / *Summary and Conclusions of Chapter 3*

1. Klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu savstarpējai novērtēšanai nepieciešams tos raksturojošu rādītāju kopums, izvēloties tādus rādītājus, pēc iespējas pilnīgi raksturo pētāmo problēmu, ir viegli saprotami un pieejami, samazina pētāmās problēmas raksturošanai nepieciešamo aprakstošo parametru skaitu, un kuriem iespējams iegūt kvantificētas vērtības, kas ideālā gadījumā izteiktas reālos skaitļos. Rādītāju izvēlē būtiski ņemt vērā to, ka lēmumu pieņemšana ir kompleks un dinamisks process, kas nevar tikt raksturots tikai ar vienkāršiem ekonomiskiem rādītājiem. Viena no plaši aprobētām pieejām ir rādītāju izvēlei un grupēšanai izmantot klasisko ilgtspējas dimensiju pieeju, kas izmantota arī promocijas darbā, apkopojot klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu agrotehniskos, sociāli ekonomiskos un vides rādītājus.
2. Klimata pārmaiņas samazinoša organiskās augsnes apsaimniekošanas veida izvēle ir kompleks uzdevums, kura risināšanā nozīmīgs ne tikai klimata pārmaiņu samazināšanas, bet arī ekonomiskais un sociālais aspekts. Zinātniskās literatūras analīze liecina, ka MCDA TOPSIS metode ir piemērota lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ranžēšanai, jo ir iespējams izmantot reālos skaitļos izteiktus kritērijus, kas nosedz gan klimata, gan sociāli ekonomisko jomu, kā arī metode ir salīdzinoši vienkārši pielietojama un nepieprasa liela apjoma datu kopas, kas varētu būt nozīmīgi, to izmantojot praktiskā politikas plānošanā.
3. TOPSIS analīzes aprēķinu rezultāti, atbilstoši promocijas darbā izdarītajiem pieņēmumiem kritērijiem piešķirtā svara, liecina, ka apmežošana ir ideālajam pozitīvajam risinājumam tuvākais klimata pārmaiņu samazināšanas pasākums, kam ranžējumā seko paludikultūru un agromežsaimniecības pasākumi. Tādējādi, trīs pasākumus, kurus raksturo koksnes biomasas audzēšana un būtiskāka vai nebūtiskāka zemes izmantošanas veida maiņa, TOPSIS analīze ranžē kā pasākumus, kas atrodas vistuvāk ideāli pozitīvajam risinājumam un vistālāk no ideāli negatīvā risinājuma. TOPSIS analīzi izmantojot kā vienu no lēmumu pieņemšanas atbalsta rīkiem, jāņem vērā, ka izvēlēto kritēriju svara maiņa ietekmē TOPSIS analīzes rezultātus.
4. Izmaksu efektivitātes analīze ir viena no klasiski lietotām un vispāratzītām pieejām alternatīvu klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju novērtēšanai. MACC analīze izmantojama gan alternatīvu klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu savstarpējai novērtēšanai, gan salīdzinošai analīzei starp nozarēm, to klasiski izmanto SEG emisiju samazinājuma robežizmaksu un klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāla vizualizācijai, kā vērtīgu kvantificētas klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju un izmaksu informācijas avotu konkrētā laika brīdī, kā arī, lai atspoguļotu informāciju par tehnoloģiskām iespējām.
5. Promocijas darbā MACC analīze kombinēta ar MCDA TOPSIS metodi. Neskatoties uz metodoloģiskajām atšķirībām, abas metodes klimata pārmaiņu pasākumu ranžējumā uzrāda līdzīgus rezultātus. Ar zemes lietošanas veida maiņu saistītie klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi (apmežošana, paludikultūras, agromežsaimniecība) parādās kā

izmaksu efektīvāki un ideālajam risinājumam tuvāki. TOPSIS metode ietver sociālās vērtības aspektu (kuru var attīstīt tālāk, ja pieņem attiecīgu lēmumu), bet ranžēšana pēc MACC metodes sniedz skaidru izpratni par izmaksu efektivitāti. MCDA TOPSIS un MACC metožu kombinēta izmantošana var kalpot par stabilu pamatu līdzsvarotu un zinātniski pamatotu lēmumu pieņemšanai klimata politikas plānošanā lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanai.

6. Politisko lēmumu plānošana nav iespējama bez dažāda veida procesu attīstības prognozēm, kuru sagatavošanai nepieciešams izsvērts un stabils zinātnes atbalsts. Klimata politikas plānošanai, saistībā ar zemes izmantošanu, nozīmīgas gan klimata pārmaiņu, gan zemes izmantošanas, gan arī noteiktu apsaimniekošanas scenāriju jeb pasākumu ietekmes novērtēšanas prognozes.
7. Promocijas darbā veikto SEG emisiju prognožu simulācijas rezultāti liecina, ka ieviešot klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā promocijas darbā izvēlētajā mērķplatībā, lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas radītās SEG emisijas ZIZIMM sektorā visvairāk samazinās scenārijos, kas saistīti ar oglekļa piesaisti kokaugu biomasā un zemes izmantošanas veida maiņu. Savukārt, zemes lietošanas veida maiņu neizraisīto pasākumu ieviešana emisiju līkni būtiski nemaina.
8. SEG emisiju prognožu simulācija norāda uz nozīmīgu klimata pārmaiņu samazināšanas potenciālu, kas Latvijā nav izmantots lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā, bet var dot ieguldījumu valsts klimatneitralitātes mērķa sasniegšanā līdz 2050. gadam, vienlaikus turpinot produktīvu lauksaimniecības zemes ar organisko augsni apsaimniekošanu.
9. Promocijas darbā analizētie klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumi var tikt izmantoti sekmējot Latvijas virzību uz klimata pārmaiņu samazināšanas, gan arī dabas atjaunošanas politikas mērķu sasniegšanu, vienlaikus dodot iespēju zemes īpašniekiem gūt papildus ienākumus, piedaloties ES ierosinātā “zaļā biznesa” jeb oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvās.

GALVENIE SECINĀJUMI/MAIN CONCLUSIONS

1. Latvijas klimata politikas galvenais mērķis – sasniegt klimatneitralitāti, kompensējot nesamazināmās antropogēnās SEG emisijas ar CO₂ piesaisti ZIZIMM sektorā – ir tiešā veidā saistīts ar lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanu, tā sasniegšana var nebūt iespējama bez būtiska lauksaimniecības organiskās augsnes SEG emisiju samazinājuma.
2. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas politika veidojas klimata pārmaiņu samazināšanas un lauksaimniecības politikas saskarē, klimata politikai esot iniciējošā lomā. Latvijas politiku organiskās augsnes apsaimniekošanas jomā virza starptautiskās un ES politiskās norises. Lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas politiskā aktualitāte kopš 2013. gada ir nemainīgi augsta.
3. 2012. – 2020. gadā promocijas darbā izvēlētajā lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes platībā (aptuveni 30% no kopējās Latvijas organiskās augsnes platības lauksaimniecības zemē) notikušās organiskās augsnes apsaimniekošanas izmaiņas nav ne izteikti veicinājušas, ne izteikti kavējušas klimata pārmaiņu samazināšanu, jo ilggadīgo stādījumu (ogulāji, augļu koki un kārkli) un zālāja (atmata un dažāda veida zālaugi) platības palielināšanās (attiecīgi par 66,1% un 61,9%) vērtējama kā pozitīva, SEG emisijas samazinoša tendence, bet vienlaikus noticis arī pretējais process, par 32,2% palielinoties graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platībai, turklāt graudaugu, eļļas augu un kukurūzas platība dominē pēc kopējā īpatsvara.
4. Latvijā trūkst datu par organiskās augsnes apsaimniekošanu, netiek veikts apsaimniekošanas veida monitorings, kas ir būtisks priekšnoteikums mērķtiecīgai klimata pārmaiņu samazināšanas politikas īstenošanai. Gan faktoru, gan klasteru analīzes rezultāti 2012. - 2020. gadam liecina par to, ka ES atbalsts organiskās augsnes apsaimniekošanā nav bijis saistīts ar faktiskajiem agroekoloģiskajiem apstākļiem vai augsnes īpašībām, tādējādi netiek nodrošināts tas, ka organiskās augsnes apsaimniekošanas prakse dotu iespēju virzīties uz valsts klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu sasniegšanu.
5. Integrēta MCDA TOPSIS un MACC metožu izmantošana var sekmēt līdzsvarotu un zinātniski pamatotu lēmumu pieņemšanu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā. Metodes ir relatīvi viegli piemērojamas, nepieciešama salīdzinoši viegli iegūstama ievades datu kopa un tās kompensē viena otras trūkumus. TOPSIS vērtējumā iespējams ietvert sociālo vērtību aspektu, bet MACC metodes sniegtais klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ranžējums nodrošina skaidru sapratni par izmaksu efektivitāti.
6. Gan MCDA TOPSIS, gan MACC metožu pielietojšanas rezultāti norāda uz zemes lietojuma veida maiņu izraisītiem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem (apmežošana, agromežsaimniecība, paludikultūra), kā tuvākajiem ideālajam risinājumam, ņemot vērā SEG emisiju samazināšanas potenciāla un ekosistēmu pakalpojumu vērtības kombinēto ietekmi. Tomēr jāuzsver, ka abas metodes ir jūtīgas pret pieņemumu un SEG emisiju samazināšanas potenciāla datu izmaiņām.
7. SEG emisiju prognožu simulācija norāda uz nozīmīgu klimata pārmaiņu samazināšanas potenciālu, kurš Latvijā nav izmantots lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā, bet var dot ievērojamu ieguldījumu valsts klimatneitralitātes mērķa sasniegšanā līdz 2050. gadam, vienlaikus turpinot produktīvu lauksaimniecības zemes ar organisko augsni apsaimniekošanu.
8. Tādējādi promocijas darbam izvirzītā hipotēze – zinātniski pamatota un aprēķinos bāzēta organiskās augsnes apsaimniekošanas lēmumu pieņemšana sekmē Latvijas klimata politikas mērķu sasniegšanu – ir pierādīta, pētījumam izvirzītais mērķis ir sasniegts un noteiktie darba uzdevumi ir izpildīti. Iegūtie pētījuma rezultāti apstiprina, ka kvantitatīvas lēmumu pieņemšanas atbalsta metodes ir efektīvi pielietojamas plānojot izmaksu efektīvu SEG emisiju samazināšanu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā Latvijā, sekmējot Latvijas klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu sasniegšanu.

PROBLĒMAS UN PRIEKŠLIKUMI TO RISINĀŠANAI/PROBLEMS AND PROPOSALS FOR THEIR SOLUTION

1. problēma.

Neskatoties uz lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas nozīmīgo lomu virzībā uz Latvijas klimata politikas mērķu sasniegšanu, Latvijā netiek veikts regulārs lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas un apsaimniekošanas attīstības tendenču monitorings. Nav pieejama aktuāla informācija par to, kā organiskā augsne tiek apsaimniekota, līdz ar to politikas veidotājiem un pētniekiem trūkst bāzes informācijas – attiecīgi politikas lēmumu un pētniecisko priekšlikumu sagatavošanai.

Problēmas risinājuma priekšlikums:

Lai nodrošinātu regulāru (vēlams ikgadēju) lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas un apsaimniekošanas attīstības tendenču informācijas ieguvu Latvijā, kas dotu iespēju izmantot aktuālu un pilnīgu datu materiālu, savlaicīgi plānot zemes izmantošanas politikas attīstību un nepieciešamo izpēti, būtu nepieciešams:

- 1) **ZM** iekļaut regulāru organiskās augsnes apsaimniekošanas informācijas ieguvu lauksaimniecībā izmantojamo zinātnes pētījumu darba uzdevumos. Iespējams, kā daļu no lauksaimniecības attīstības prognozēšanas sistēmas;
- 2) **ZM sadarbībā ar LAD** nodrošināt lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas informācijas ieguvu un uzturēšanu Lauku reģistra datu bāzē, tādējādi nodrošinot valsts informācijas sistēmu maksimāli efektīvu izmantošanu valstij nozīmīgu problēmu risināšanā, tostarp veidojot un regulāri atjauninot datu bāzi organiskās augsnes apsaimniekošanas analīzei.

2. problēma.

Promocijas darba rezultāti liecina, ka Latvijā nav mērķtiecīgas un pētniecības datus balstītas lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas politikas. Līdzšinējie atbalsta pasākumi (pat, ja to mērķis ir mazināt klimata pārmaiņas) nav mērķtiecīgi vērsti uz klimata pārmaiņu samazināšanu lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanā. Turpmāka saimnieciskās darbības attīstīšana lauksaimniecības organiskajā augsnē bez skaidras politikas un mērķtiecīgi vērstiem pasākumiem būtiski kavētu Latvijas klimata politikas mērķu sasniegšanu gan 2030., gan turpmākajos gados.

Problēmas risinājuma priekšlikums:

Rekomendējama lauksaimniecības organiskās augsnes apsaimniekošanas perspektīvas maiņa orientējoties uz mērķtiecīgāku pārvaldības praksi, izmantojot pētniecības datus, tāpēc nepieciešams:

- 1) **ZM** un tās sadarbības partneriem izvērtēt iespēju Latvijas KLP Stratēģiskā plāna 2023. – 2027. gadam ikgadējā snieguma novērtēšanas laikā papildināt LA 7.1 intervenci “Ieguldījumi meža ieaudzēšanai, nomaiņai, atjaunošanai un retināšanai”, nosakot paaugstinātu atbalsta intensitāti organiskās augsnes apmežošanai (tostarp meža paludikulturai), tādējādi šo intervenci tieši attiecinot uz SEG emisiju samazināšanu organiskās augsnes apsaimniekošanā;
- 2) **ZM** apsvērt nacionālā atbalsta iespējas klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ieviešanai organiskās augsnes apsaimniekošanā, kā arī, strādājot pie ES standarta oglekļa piesaistes sertifikācijai un ES Dabas atjaunošanas regulas priekšlikuma, uzsvērt Latvijas situāciju organiskās augsnes apsaimniekošanas jomā un iespēju robežās nodrošināt nacionāli identificēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietveršanu dabas atjaunošanas prakšu (*restoration*) un oglekļa saistīgās lauksaimniecības (*carbon farming*) pasākumu kopumā;
- 3) **ZM** un **KEM** ministrijām turpināt un iespēju robežās intensificēt atbalstu nacionālu pētījumu veikšanai par organiskās augsnes SEG emisiju plūsmu dažādu apsaimniekošanas scenāriju gadījumā.

3. problēma.

Latvijā SEG emisiju samazināšanas pasākumu ietekmes novērtēšanai un SEG emisiju prognožu scenāriju sagatavošanai netiek izmantotas kvantitatīvas lēmumu pieņemšanas atbalsta metodes un trūkst kvantificētu datu lauksaimniecības organiskās augsnes klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietekmes novērtēšanai un izmaksu efektivitātes aprēķināšanai.

Problēmas risinājuma priekšlikums:

Politikas plānošanā rekomendējama lēmumu pieņemšanas atbalsta metožu izmantošana, kas lieto vietēji iegūtus datus par alternatīvu augsnes apsaimniekošanas veidu klimata pārmaiņu samazināšanas ietekmēm, vietējiem apstākļiem raksturīgus agrotehniskos un ekonomiskos, kā arī sociālās ietekmes rādītājus. Atbilstoši promocijas darba secinājumiem, ieteicama vairāku lēmumu pieņemšanas metožu kombinēta izmantošana, piemēram, šajā pētījumā lietoto MCDA TOPSIS un MACC kombinācija, tādēļ ieteicams:

- 1) **ZM** turpmāk, strādājot pie papildus pasākumu izvēles ietveršanai nacionālajos politikas plānošanas dokumentos (ES KLP plānošanas dokumenti, Nacionālais enerģētikas un klimata plāns, atsevišķu apakšsektoru attīstības stratēģijas un citi) **sadarbībā ar nozaru ekspertiem**, lēmumu pieņemšanai izmantot aprobētas lēmumu pieņemšanas atbalsta metodes, piemēram MACC analīzi un MCDA TOPSIS modeli. Regulāri (reizi divos gados, kas sakrīt ar SEG emisiju prognožu sagatavošanas ciklu) nodrošināt lēmumu pieņemšanas modeļos izmantoto radītāju atjaunošanu atbilstoši aktuālajai sociāli ekonomiskajai situācijai;
- 2) **KEM** izskatīt iespēju papildināt Ministru kabineta 2022. gada 25. oktobra noteikumus Nr. 675 "Siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas sistēmas, prognožu sistēmas un sistēmas ziņošanai par pielāgošanos klimata pārmaiņām izveidošanas un uzturēšanas kārtība" ar nosacījumu SEG emisiju prognožu sagatavošanas nacionālās sistēmas dalībniekiem lauksaimniecības un ZIZIMM sektoriem (LBTU un LVMI Silava) **sadarbībā ar Klimata un enerģētikas ministriju** sagatavojot siltumnīcefekta gāzu prognožu, rīcībpolitiku un pasākumu aprakstu atbilstoši regulas 2018/1999 un regulas 2020/1208, kā arī klimata konvencijas un Parīzes nolīguma prasībām nacionālo ziņojumu un divgadu pārskatu izstrādei, tajā ietvert arī informāciju par klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu ietekmes novērtēšanai izmantotajām lēmumu pieņemšanas analīzes metodēm un to rezultātiem.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA/BIBLIOGRAPHY

1. Abberton M. T., Conant R. T., Batello, C. (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations, & Food and Agriculture Organization of the United Nations (Eds.). *Grassland carbon sequestration: Management, policy and economics: proceedings of the Workshop on the Role of Grassland Carbon Sequestration in the Mitigation of Climate Change, Rome, April 2009*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. Addicott E. T., Fenichel E. P. & Kotchen M. J. (2020). Even the Representative Agent Must Die: Using Demographics to Inform Long-Term Social Discount Rates. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 7(2), pp. 379–415. <https://doi.org/10.1086/706885>.
3. Adem Esmail B., Geneletti D. (2018). Multi-criteria decision analysis for nature conservation: A review of 20 years of applications. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(1), pp. 42–53. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12899>.
4. Ahmed J., Almeida E., Aminetzah D., Denis N., Henderson K., Katz J., Kitchel H., & Mannion P. (2020). *Agriculture and climate change: Reducing emissions through improved farming practices*. McKinsey&Company.
5. Anševica A., Kažotnieks J. & Magdalenoka I. (2016). *Zālāju rokasgrāmata*. SIA “Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs”.
6. Ascher W. L. (2004). Scientific information and uncertainty: Challenges for the use of science in policymaking. *Science and Engineering Ethics*, 10(3), pp. 437–455. <https://doi.org/10.1007/s11948-004-0002-z>.
7. Bagherzadeh A. & Gholizadeh A. (2016). Modeling land suitability evaluation for wheat production by parametric and TOPSIS approaches using GIS, northeast of Iran. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(3), 126 p. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0177-8>.
8. Bardulis A., Daugaviete M., Bardule A. & Lazdins A. (2010). The biomass production in above and under-ground grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) young stands. *Proceedings of the Solutions on Harmonising Sustainability and Nature Protection with Socio-Economic Stability*, 3rd International Scientific Conference of the Vidzeme University of Applied Science and Nature Conservation Agency, North Vidzeme Biosphere Reserve, Valmiera, Latvia. pp. 19–20.
9. Bārdulis A., Ivanovs J., Bārdule A., Lazdiņa D., Purviņa D., Butlers A. & Lazdiņš A. (2022). Assessment of Agricultural Areas Suitable for Agroforestry in Latvia. *Land*, 11(10), 1873 p. <https://doi.org/10.3390/land11101873>.
10. Barthelmes A. (2018). Reporting greenhouse gas emissions from organic soils in the European Union: Challenges and opportunities. Policy brief. Greifswald Mire Centre. https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/18-02_Barthelmes_GMC.pdf
11. Bartholomew D. J. (1995). Spearman and the origin and development of factor analysis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 48(2), pp. 211–220. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1995.tb01060.x>.
12. Bastin J.-F., Finegold Y., Garcia C., Mollicone D., Rezende M., Routh D., Zohner C. M. & Crowther T. W. (2019). The global tree restoration potential. *Science*, 365(6448), pp. 76–79. <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>
13. Beckerman W. & Hepburn C. (2007). Ethics of the discount rate in the Stern Review on the economics of climate change. *World Economics-Henley on Thames*, 8(1), 187 p.
14. Beetz S., Liebersbach H., Glatzel S., Jurasinski G., Buczko U. & Höper H. (2013). Effects of land use intensity on the full greenhouse gas balance in an Atlantic peat bog. *Biogeosciences*, 10(2), pp. 1067–1082. <https://doi.org/10.5194/bg-10-1067-2013>.
15. Behzadian M., Khanmohammadi Otaghsara S., Yazdani M. & Ignatius J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), pp. 13051–13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>.

16. Belton V. & Stewart T. J. (2002). Multiple criteria decision analysis: An integrated approach. Kluwer Academic Publishers.
17. Binkley D. (1983). Ecosystem production in Douglas-fir plantations: Interaction of red alder and site fertility. *Forest Ecology and Management*, 5(3), pp. 215–227. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(83\)90073-7](https://doi.org/10.1016/0378-1127(83)90073-7).
18. Bisenieks J., Daugavietis M. & Daugaviete M. (2010). Productivity models of grey alder stands. 21, pp. 31–44.
19. Bockel L., Sutter P., Touchemoulin O. & Jönsson M. (2012). Using Marginal Abatement Cost Curves to Realize the Economic Appraisal of Climate Smart Agriculture Policy Options. *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*.
20. Bowen R. E. & Riley C. (2003). Socio-economic indicators and integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 46(3–4), pp. 299–312. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(03\)00008-5](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(03)00008-5).
21. Brown I. (2020). Challenges in delivering climate change policy through land use targets for afforestation and peatland restoration. *Environmental Science & Policy*, 107, pp. 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.02.013>.
22. Brundtland G. H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. <http://www.un-documents.net/ocf-ov.htm>.
23. Bumbiere K., Diaz Sanchez F. A., Pubule J. & Blumberga D. (2022). Development and Assessment of Carbon Farming Solutions. *Environmental and Climate Technologies*, 26(1), pp. 898–916. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2022-0068>.
24. Buschmann C., Röder N., Berglund K., Berglund Ö., Lærke P. E., Maddison M., Mander Ü., Myllys M., Osterburg B. & Van Den Akker J. J. H. (2020). Perspectives on agriculturally used drained peat soils: Comparison of the socioeconomic and ecological business environments of six European regions. *Land Use Policy*, 90, 104181 p. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104181>.
25. Butlers A., Bārdule A., Spalva G. & Muižnieks E. (2022). N₂O and CH₄ emissions from naturally wet and drained nutrient-rich organic forest soils. *Rural development 2019, 2021*(1), pp. 196–200. <https://doi.org/10.15544/RD.2021.030>.
26. Butlers A., Lazdiņš A., Kalēja S. & Bārdule A. (2022). Carbon Budget of Undrained and Drained Nutrient-Rich Organic Forest Soil. *Forests*, 13(11), 1790 p. <https://doi.org/10.3390/f13111790>.
27. Butlers A., Spalva G., Licite I. & Purvina D. (2022). Carbon dioxide (CO₂) emissions from naturally wet and drained nutrient-rich organic forests soils. *21st International Scientific Conference Engineering for Rural Development*. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF190>.
28. Calvin K., Dasgupta D., Krinner G., Mukherji A., Thorne P. W., Trisos C., Romero J., Aldunce P., Barrett K., Blanco G., Cheung W. W. L., Connors S., Denton F., Diongue-Niang A., Dodman D., Garschagen M., Geden O., Hayward B., Jones C. & Péan C. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (First). *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
29. Calvo Buendía E., Tanabe K., Kranje A., Baasansuren J., Fukuda M., Ngarize S., Osako A., Pyrozhenko Y., Shermanau P. & Federici S. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Cover.pdf.
30. Campbell D. I., Wall A. M., Nieveen J. P. & Schipper L. A. (2015). Variations in CO₂ exchange for dairy farms with year-round rotational grazing on drained peatlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, pp. 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.12.019>.

31. Capano G. & Howlett M. (2020). The Knowns and Unknowns of Policy Instrument Analysis: Policy Tools and the Current Research Agenda on Policy Mixes. *SAGE Open*, 10(1), 215824401990056. <https://doi.org/10.1177/2158244019900568>.
32. Cardinael R., Chevallier T., Cambou A., Béral C., Barthès B. G., Dupraz C., Durand C., Kouakoua E. & Chenu C. (2017). Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 236, pp. 243–255. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.011>.
33. Cardinael R., Guenet B., Chevallier T., Dupraz, C., Cozzi T. & Chenu C. (2017). High organic inputs explain shallow and deep SOC storage in a long-term agroforestry system – Combining experimental and modeling approaches. *Biogeochemistry: Soils*. <https://doi.org/10.5194/bg-2017-125>.
34. Central Statistical Bureau of Latvia. (2022). Official statistics portal of Latvia. Size of agricultural holdings, and the utilized agricultural land they manage increased [dataset]. Official Statistics of Latvia. <https://stat.gov.lv/en/statistics-themes/business-sectors/agriculture/press-releases/7021-provisional-results-agricultural>.
35. Chabbi A., Lehmann J., Ciais P., Loescher H. W., Cotrufo M. F., Don A., SanClements M., Schipper L., Six J., Smith P. & Rumpel C. (2017). Aligning agriculture and climate policy. *Nature Climate Change*, 7(5), pp. 307–309. <https://doi.org/10.1038/nclimate3286>.
36. Chairat A. S. N., Abdullah L., Maslan M. N. & Batih H. (2022a). Applications of Marginal Abatement Cost Curve (MACC) for Reducing Greenhouse Gas Emissions: A Review of Methodologies. *Nature Environment and Pollution Technology*, 21(3), pp. 1317–1323. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2022.v21i03.038>.
37. Chairat A. S. N., Abdullah L., Maslan M. N. & Batih H. (2022b). Applications of Marginal Abatement Cost Curve (MACC) for Reducing Greenhouse Gas Emissions: A Review of Methodologies. *Nature Environment and Pollution Technology*, 21(3), pp. 1317–1323. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2022.v21i03.038>.
38. Chang Y. & Liang Y. (2023). Intelligent Risk Assessment of Ecological Agriculture Projects from a Vision of Low Carbon. *Sustainability*, 15(7), 5765 p. <https://doi.org/10.3390/su15075765>.
39. Chen, S.-J. & Hwang, C.-L. (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods. In M. Beckmann & W. Krelle (Eds.), *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*, vol. 375, pp. 289–486. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46768-4_5.
40. Chu, T.-C. & Lin, Y.-C. (2003). A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21(4), pp. 284–290. <https://doi.org/10.1007/s001700300033>.
41. Cilinskis E., Indzere Z. & Blumberga D. (2017). Prioritization methodology for the determination of national targets. *Energy Procedia*, 128, pp. 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.058>.
42. Cinelli M., Coles S. R. & Kirwan K. (2014). Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. *Ecological Indicators*, 46, pp. 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.06.011>.
43. Clarke D. & Rieley J. (2010). Strategy for Responsible Peatland Management. 6th Edition, *International Peatland Society*, Jyvaskyla, Finland <https://peatlands.org/assets/uploads/2019/10/srpm2019finalforprint.pdf>
44. Conchedda G. & Tubiello F. N. (2020). Drainage of organic soils and GHG emissions: Validation with country data. *Earth System Science Data*, 12(4), pp. 3113–3137. <https://doi.org/10.5194/essd-12-3113-2020>.
45. Conference of the Parties. (2013). Decision 24/CP.19. Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention. <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf#page=2>.
46. Conference of the Parties. (2014). Decision 13/CP.20. Guidelines for the technical review of information reported under the Convention related to greenhouse gas inventories,

- biennial reports and national communications by Parties included in Annex I to the Convention. <https://unfccc.int/resource/docs/2014/cop20/eng/10a03.pdf#page=3>.
47. Core Writing Team, Pachauri R. K. & Meyer L. A. (2015). IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report.
 48. Costanza R., d'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R. G., Sutton P. & Van Den Belt M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), pp. 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>.
 49. Cou^teaux M.-M., Bottner P. & Berg B. (1995). Litter decomposition, climate and litter quality. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(2), pp. 63–66. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88978-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88978-8).
 50. Council of the European Union. (2023). *Council conclusions on Climate and Energy Diplomacy*. <https://www.consilium.europa.eu/media/62942/st07248-en23.pdf>.
 51. Dabas aizsardzības pārvalde. (2022). Sociāli-ekonomiskās ietekmes analīze par īpaši aizsargājamām dabas teritorijām un konstatētajiem ES nozīmes biotopiem Latvijā. <https://ppdb.mk.gov.lv/datubaze/sociali-ekonomiskas-ietekmes-analize-par-ipasi-aizsargajamam-dabas-teritorijam-un-konstatetajiem-es-nozimes-biotopiem-latvija/>.
 52. Dace E., & Blumberga D. (2016). How do 28 European Union Member States perform in agricultural greenhouse gas emissions? It depends on what we look at: Application of the multi-criteria analysis. *Ecological Indicators*, 71, pp. 352–358. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.016>.
 53. Danielson, M., & Ekenberg, L. (2023). *Real-Life Decision-Making* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003406709>
 54. Daugaviete M., Makovskis K., Lazdins A., & Lazdina D. (2022). Suitability of Fast-Growing Tree Species (*Salix* spp., *Populus* spp., *Alnus* spp.) for the Establishment of Economic Agroforestry Zones for Biomass Energy in the Baltic Sea Region. *Sustainability*, 14(24), 16564 p. <https://doi.org/10.3390/su142416564>.
 55. Daugavietis M., Daugaviete M. & Bisenieks J. The management of Grey alder (*Alnus incana* Moench.) stands in Latvia. In *Proceedings of the 8th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development”*, pp. 229–234. https://www.tf.lbtu.lv/conference/proceedings2009/Papers/39_Maris_Daugavietis.pdf
 56. Dauwe T., Young K., Mandl N. & Jozwicka M. (2019). Overview of reported national policies and measures on climate change mitigation in Europe in 2019. *Eionet Report ETC/CME 5/2019*. 42 p. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cme/products/etc-cme-reports/etc-cme-report-5-2019-overview-of-reported-national-policies-and-measures-on-climate-change-mitigation-in-europe-in-2019>.
 57. Davidson M. D. (2015). Climate change and the ethics of discounting: Climate change and the ethics of discounting. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 6(4), pp. 401–412. <https://doi.org/10.1002/wcc.347>.
 58. De Cara S., & Jayet P.-A. (2011). Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost effectiveness, and the EU non-ETS burden sharing agreement. *Ecological Economics*, 70(9), pp. 1680–1690. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.05.007>.
 59. De Groot, R., Brander, L., & Solomomides, S. (2020). Update of global ecosystem service valuation database (ESVD). FSD Report 2020–06., 58 p.
 60. De Groot R., Brander L., Van Der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVittie A., Portela R., Rodriguez L. C., Ten Brink P. & Van Beukering P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1(1), pp. 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>.

61. De Groot R. S., Wilson M. A. & Boumans R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), pp. 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7).
62. Deng H., Yeh C.-H. & Willis R. J. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. *Computers & Operations Research*, 27(10), pp. 963–973. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00069-6).
63. Dequiedt B., Moran D. (2015). The cost of emission mitigation by legume crops in French agriculture. *Ecological Economics*, 110, pp. 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.12.006>.
64. Diaz F., Cilinskis E. (2019). Use of Multi-Criteria TOPSIS Analysis to Define a Decarbonization Path in Colombia. *Environmental and Climate Technologies*, 23(3), pp. 110–128. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2019-0083>.
65. Doelman J. C., Stehfest E., Van Vuuren D. P., Tabeau A., Hof A. F., Braakhekke M. C., Gernaat D. E. H. J., Van Den Berg M., Van Zeist W., Daioglou V., Van Meijl H. & Lucas P. L. (2020). Afforestation for climate change mitigation: Potentials, risks and trade-offs. *Global Change Biology*, 26(3), pp. 1576–1591. <https://doi.org/10.1111/gcb.14887>.
66. Donlan J., O’Dwyer J. & Byrne K. A. (2016). Area estimations of cultivated organic soils in Ireland: Reducing GHG reporting uncertainties. *Mires and Peat*, 18, pp. 1–8. <https://doi.org/10.19189/MaP.2016.OMB.230>.
67. Doreau M., Bamière L., Pellerin S., Lherm M. & Benoit M. (2014). Mitigation of enteric methane for French cattle: Potential extent and cost of selected actions. *Animal Production Science*, 54(9), 1417 p. <https://doi.org/10.1071/AN14207>.
68. Doukas H., Nikas, A. (2020). Decision support models in climate policy. *European Journal of Operational Research*, 280(1), pp. 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.01.017>.
69. Drösler M., Freibauer A., Christensen T. R. & Friborg T. (2008). Observations and Status of Peatland Greenhouse Gas Emissions in Europe. In A. J. Dolman, R. Valentini, & A. Freibauer (Eds.), *The Continental-Scale Greenhouse Gas Balance of Europe*, vol. 203, pp. 243–261. Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-76570-9_12.
70. Du L., Hanley A. & Wei C. (2015). Estimating the Marginal Abatement Cost Curve of CO₂ Emissions in China: Provincial Panel Data Analysis. *Energy Economics*, 48, pp. 217–229. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.007>.
71. Dunn C. & Freeman C. (2011). Peatlands: Our greatest source of carbon credits? *Carbon Management*, 2(3), pp. 289–301. <https://doi.org/10.4155/cmt.11.23>.
72. Durbach I. N. & Stewart T. J. (2012). Modeling uncertainty in multi-criteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*, 223(1), pp. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.04.038>.
73. Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. & Tanabe K. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_00_Cover.pdf.
74. Ehr Gott M., Figueira J. R., Greco S., Figueira J. R. & Greco, S. (Eds.). (2010). Trends in multiple criteria decision analysis. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5904-1>.
75. Ekins P., Kesicki F. & Smith A. Z. P. (2011). Marginal Abatement Cost Curves: A call for caution.
76. Enkvist P. A., Dinkel J. & Lin C. (2010). Impact of the financial crisis on carbon economics: Version 2.1 of the global greenhouse gas abatement cost curve. 374 p.
77. Eory V., MacLeod M., Topp C. F. E., Rees R. M., Webb J., McVittie A., Wall E., Borthwick F., Watson C. A., Waterhouse A., Wiltshire J., Bell H., Moran D. & Dewhurst, R. (2015). Review and update the UK agriculture MACC to assess the abatement potential for the 5th carbon budget period and to 2050.
78. Eory V., Pellerin S., Carmona Garcia G., Lehtonen H., Licite I., Mattila H., Lund-Sørensen T., Muldowney J., Popluga D., Strandmark L. & Schulte, R. (2018). Marginal abatement

- cost curves for agricultural climate policy: State-of-the art, lessons learnt and future potential. *Journal of Cleaner Production*, 182, pp. 705–716. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.252>.
79. Eory V., Topp C. F. E. & Moran D. (2013). Multiple-pollutant cost-effectiveness of greenhouse gas mitigation measures in the UK agriculture. *Environmental Science & Policy*, 27, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.11.003>.
 80. European Commission (2012). EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699&from=EN>.
 81. European Commission. (2013). Decision No 529/2013/EU of the European Parliament Aand of the Council of 21 May 2013 on accounting rules on greenhouse gas emissions and removals resulting from activities relating to land use, land-use change and forestry and on information concerning actions relating to those activities. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32013D0529>.
 82. European Commission. (2018a). Communication from the Commission A Clean Planet for all A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0773>.
 83. European Commission. (2018b). In-depth analysis in support of the Comission communication COM (2018) 773, A Clean Planet for all a European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. https://ec.europa.eu/clima/sites/default/files/docs/pages/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf.
 84. European Commission. (2018c). Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Governance of the Energy Union and Climate Action, amending Regulations (EC) No 663/2009 and (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of the Council, Directives 94/22/EC, 98/70/EC, 2009/31/EC, 2009/73/EC, 2010/31/EU, 2012/27/EU and 2013/30/EU of the European Parliament and of the Council, Council Directives 2009/119/EC and (EU) 2015/652 and repealing Regulation (EU) No 525/2013 of the European Parliament and of the Council. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1999&qid=1693931592251>.
 85. European Commission. (2019). Communication from the Commission The European Green Deal. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>.
 86. European Commission. (2020a). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions EU Biodiversity Strategy for 2030. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52020DC0380>.
 87. European Commission. (2020b). Impact Assessment accompanying the document Stepping up Europe`s 2030 Climate Ambition. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020SC0176>.
 88. European Commission. (2021a). Communication from the Commission to the European Parliament and the Council Sustainable Carbon Cycles. https://climate.ec.europa.eu/system/files/2021-12/com_2021_800_en_0.pdf.
 89. European Commission. (2021b). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699>.
 90. European Commission. (2021c). Sustainable Carbon Cycles. https://climate.ec.europa.eu/system/files/2021-12/com_2021_800_en_0.pdf.

91. European Commission. (2022a). Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/DOC/?uri=CELEX:52022PC0304>.
92. European Commission. (2022). Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0304>
93. European Commission. (2022b). Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a Union certification framework for carbon removals. https://climate.ec.europa.eu/system/files/2022-11/Proposal_for_a_Regulation_establishing_a_Union_certification_framework_for_carbon_removals.pdf.
94. European Commission. (2022c). Regulation of the European Parliament and of the Council on Nature Restoration. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022PC0304>.
95. European Commission. Directorate General for Climate Action., COWI., Ecologic Institute., & IEEP. (2022d). Technical guidance handbook: Setting up and implementing result based carbon farming mechanisms in the EU : executive summary. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2834/12087>.
96. European Commission. Directorate General for Climate Action. & IEEP. (2018). Analysis of LULUCF actions in EU Member States as reported under Art. 10 of the LULUCF Decision: Final report. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2834/571578>.
97. European Commission. Directorate General for Environment. (2021). EU biodiversity strategy for 2030: Bringing nature back into our lives. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548>
98. European Commission. Directorate General for Research and Innovation. (2018). A sustainable bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the environment: updated bioeconomy strategy. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/792130>.
99. European Council. (2014). European Council (23 and 24 October 2014)– Conclusions. https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/145397.pdf.
100. European Council. (2019). European Council meeting (12 December 2019) – Conclusions. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-29-2019-INIT/en/pdf>.
101. European Council. (2023). Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration—General approach. <https://www.consilium.europa.eu/media/65128/st10867-en23.pdf>.
102. European Environment Agency. (2018). National policies and measures on climate change mitigation in Europe in 2017: Technical overview of the information reported by Member States under the European Union’s climate monitoring mechanism regulation. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/560932>.
103. European Environmental Agency. (2021). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2019 and inventory report 2021*. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-inventory-2021>.
104. European Parliament. (2012). European Parliament resolution of 15 March 2012 on a Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (2011/2095(INI)). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52012IP0086>.
105. European Parliament. (2018a). Regulation (EU) 2018/842 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation (EU) No 525/2013. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0842>.

106. European Parliament. (2018b). Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Governance of the Energy Union and Climate Action, amending Regulations (EC) No 663/2009 and (EC) No 715/2009 of the European Parliament and of the Council, Directives 94/22/EC, 98/70/EC, 2009/31/EC, 2009/73/EC, 2010/31/EU, 2012/27/EU and 2013/30/EU of the European Parliament and of the Council, Council Directives 2009/119/EC and (EU) 2015/652 and repealing Regulation (EU) No 525/2013 of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018R1999&qid=1695899710505>.
107. European Parliament. (2021). Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R1119>
108. European Parliament. (2023a). Amendments* adopted by the European Parliament on 12 July 2023 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0277_EN.html.
109. European Parliament. (2023b). Consolidated text: Regulation (EU) 2018/841 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU (Text with EEA relevance). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018R0841-20230511&qid=1694951474944>.
110. European Parliament. (2023c). Regulation (EU) 2023/857 of the European Parliament and of the Council of 19 April 2023 amending Regulation (EU) 2018/842 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement, and Regulation (EU) 2018/1999. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32023R0857>.
111. European Union. (2020). Long-term low greenhouse gas emission development strategy of the European Union and its Member States. <https://unfccc.int/documents/210328>.
112. FAO. (1998). World reference base for soil resources [dataset]. <http://www.fao.org/3/w8594e/w8594e00.html>.
113. FAO. (2020). Drained organic soils 1990–2019. Global, regional and country trends (No 4).
114. Feliciano D., Hunter C., Slee B. & Smith P. (2013). Selecting land-based mitigation practices to reduce GHG emissions from the rural land use sector: A case study of North East Scotland. *Journal of Environmental Management*, 120, pp. 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.02.010>.
115. Fellmann T., Domínguez I. P., Witzke P., Weiss F., Hristov J., Barreiro-Hurle J., Leip A. & Himics M. (2021). Greenhouse gas mitigation technologies in agriculture: Regional circumstances and interactions determine cost-effectiveness. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128406 p.. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128406>
116. Ferré M., Muller A., Leifeld J., Bader C., Müller M., Engel S. & Wichmann S. (2019). Sustainable management of cultivated peatlands in Switzerland: Insights, challenges, and opportunities. *Land Use Policy*, 87, 104019 p.. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.038>.
117. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). Recarbonization of global soils: A dynamic response to offset global emissions. <https://www.fao.org/3/i7235en/I7235EN.pdf>.

118. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Recarbonizing global soils: A technical manual of recommended sustainable soil management. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb6595en>.
119. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). Land statistics and indicators 2000–2021 (FAOSTAT Analytical Brief Series No 71) [Land Use Statistics and Indicators Statistics]. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc6907en>.
120. Forster E. J., Healey J. R., Dymond C. & Styles D. (2021). Commercial afforestation can deliver effective climate change mitigation under multiple decarbonisation pathways. *Nature Communications*, 12(1), 3831 p. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24084-x>.
121. Freibauer A., Rounsevell M. D. A., Smith P. & Verhagen J. (2004). Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*, 122(1), pp. 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.021>.
122. Friedlingstein P., O’Sullivan M., Jones M. W., Andrew R. M., Hauck J., Olsen A., Peters G. P., Peters W., Pongratz J., Sitch S., Le Quéré C., Canadell J. G., Ciais P., Jackson R. B., Alin S., Aragão L. E. O. C., Arneeth A., Arora V., Bates N. R. & Zaehle S. (2020). Global Carbon Budget 2020. *Earth System Science Data*, 12(4), pp. 3269–3340. <https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020>.
123. Gancone A. (2022). Transition Towards Result-Based Agriculture Sector and Climate Targets. RTU Press. <https://doi.org/10.7250/9789934227967>.
124. Gancone A., Pubule J. & Blumberga D. (2021a). Valorization Methodology for Agriculture Sector Climate Change Mitigation Measures. *Environmental and Climate Technologies*, 25(1), pp. 944–954. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2021-0071>.
125. Gancone A., Pubule J. & Blumberga D. (2021b). Valorization Methodology for Agriculture Sector Climate Change Mitigation Measures. *Environmental and Climate Technologies*, 25(1), pp. 944–954. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2021-0071>.
126. Gancone A., Viznere R., Kaleja D., Pubule J. & Blumberga D. (2022a). Towards Climate Neutrality via Sustainable Agriculture in Soil Management. *Environmental and Climate Technologies*, 26(1), pp. 535–547. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2022-0041>.
127. Gancone A., Viznere R., Kaleja D., Pubule J. & Blumberga D. (2022b). Towards Climate Neutrality via Sustainable Agriculture in Soil Management. *Environmental and Climate Technologies*, 26(1), pp. 535–547. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2022-0041>.
128. Garnett T. (2011). Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food Policy*, 36, pp. S23–S32. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.10.010>.
129. Geurts J. J. M., Duinen G.-J. A. van & Belle J. van. (2019). Recognize the high potential of paludiculture on rewetted peat soils to mitigate climate change. *Landbauforschung : Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems*, 69(1), pp. 5–8. <https://doi.org/10.3220/LBF1576769203000>.
130. Giglio S., Maggiori M., Rao K., Stroebel J. & Weber A. (2021). Climate Change and Long-Run Discount Rates: Evidence from Real Estate. *The Review of Financial Studies*, 34(8), pp. 3527–3571. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhab032>.
131. Gollier C., Hammitt J. K. (2014). The Long-Run Discount Rate Controversy. *Annual Review of Resource Economics*, 6(1), pp. 273–295. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100913-012516>.
132. Gómez-Baggethun E., De Groot R., Lomas P. L. & Montes C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6), pp. 1209–1218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>.
133. Gorham E. (1991). Northern Peatlands: Role in the Carbon Cycle and Probable Responses to Climatic Warming. *Ecological Applications*, 1(2), pp. 182–195. <https://doi.org/10.2307/1941811>.

134. Goulder L. H. & Williams R. C. (2012). THE CHOICE OF DISCOUNT RATE FOR CLIMATE CHANGE POLICY EVALUATION. *Climate Change Economics*, 03(04), 1250024 p. <https://doi.org/10.1142/S2010007812500248>.
135. Govender, P. & Sivakumar V. (2020). Application of k-means and hierarchical clustering techniques for analysis of air pollution: A review (1980–2019). *Atmospheric Pollution Research*, 11(1), pp. 40–56. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.09.009>.
136. Graves A. R., Morris J. (2013). *Restoration of Fenland Peatland under Climate Change. Report to the Adaptation Sub-Committee of the Committee on Climate Change*. Cranfield University.
137. Gulluscio C., Puntillo P., Luciani V. & Huisingh D. (2020). Climate Change Accounting and Reporting: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(13), 5455 p. <https://doi.org/10.3390/su12135455>.
138. Gunnarsdottir I., Davidsdottir B., Worrell E. & Sigurgeirsdottir S. (2020). Review of indicators for sustainable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110294 p. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110294>.
139. Haines - Young R., Potschin, M. B. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. <http://www.cices.eu/>.
140. Halkidi M., Batistakis Y. & Vazirgiannis, M. (2001). On clustering validation techniques. *Journal of Intelligent Information Systems*, 17(2/3), pp. 107–145. <https://doi.org/10.1023/A:1012801612483>.
141. Hall D. O., Rao, K. K. (2001). Photosynthesis (6. ed., repr). Cambridge University Press.
142. Harrison M. T., Cullen B. R., Mayberry D. E., Cowie A. L., Bilotto F., Badgery W. B., Liu K., Davison T., Christie K. M., Muleke A. & Eckard, R. J. (2021). Carbon myopia: The urgent need for integrated social, economic and environmental action in the livestock sector. *Global Change Biology*, 27(22), pp. 5726–5761. <https://doi.org/10.1111/gcb.15816>.
143. Hasegawa T., Fujimori S., Havlík P., Valin H., Bodirsky B. L., Doelman J. C., Fellmann T., Kyle P., Koopman J. F. L., Lotze-Campen H., Mason-D’Croz D., Ochi Y., Pérez Domínguez I., Stehfest E., Sulser T. B., Tabeau A., Takahashi K., Takakura J., Van Meijl H., Witzke P. (2018). Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, 8(8), pp. 699–703. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0230-x>.
144. Hayashi K. (2000). Multicriteria analysis for agricultural resource management: A critical survey and future perspectives. *European Journal of Operational Research*, 122(2), pp. 486–500. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00249-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00249-0).
145. He L. (2020). Discount rate behaviour in fair value reporting. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 28, 100386 p. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2020.100386>.
146. Hemmerling S. A., Barra M. & Bond R. H. (2020). Adapting to a Smaller Coast: Restoration, Protection, and Social Justice in Coastal Louisiana. In S. Laska (Ed.), *Louisiana’s Response to Extreme Weather*, pp. 113–144. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27205-0_5.
147. Hepperle E., Dixon-Gough R., Paulsson J., Mansberger R., Hernik J., Kalbro T. & Europäische Akademie für Bodenordnung (Eds.). (2017). *Land ownership and land use development: The Integration of past, present, and future in spatial planning and land management policies*.
148. Hiraishi T., Krug T., Tanabe K., Srivastava N., Baasansuren J., Fukuda M. & Troxler T. G. (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. IPCC, Switzerland. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf.
149. Holmberg M., Junttila V., Schulz T., Grönroos J., Paunu V.-V., Savolahti M., Minunno F., Ojanen P., Akujärvi A., Karvosenoja N., Kortelainen P., Mäkelä A., Peltoniemi M., Petäjä

- J., Vanhala P. & Forsius, M. (2023). Role of land cover in Finland's greenhouse gas emissions. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01910-8>.
150. Hong S., Yin G., Piao S., Dybzinski R., Cong N., Li X., Wang K., Peñuelas J., Zeng H. & Chen, A. (2020). Divergent responses of soil organic carbon to afforestation. *Nature Sustainability*, 3(9), pp. 694–700. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0557-y>.
151. Houghton R. A., House J. I., Pongratz J., Van Der Werf G. R., DeFries R. S., Hansen M. C., Le Quéré C. & Ramankutty, N. (2012). Carbon emissions from land use and land-cover change. *Biogeosciences*, 9(12), pp. 5125–5142. <https://doi.org/10.5194/bg-9-5125-2012>.
152. Huber R., Bakker M., Balmann A., Berger T., Bithell M., Brown C., Grêt-Regamey A., Xiong H., Le Q. B., Mack G., Meyfroidt P., Millington J., Müller B., Polhill J. G., Sun Z., Seidl R., Troost C. & Finger R. (2018). Representation of decision-making in European agricultural agent-based models. *Agricultural Systems*, 167, pp. 143–160. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.09.007>.
153. Huber R., Späti K. & Finger, R. (2023). A behavioural agent-based modelling approach for the ex-ante assessment of policies supporting precision agriculture. *Ecological Economics*, 212, 107936 p. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107936>.
154. Huber R., Tarruella M., Schäfer D. & Finger, R. (2023). Marginal climate change abatement costs in Swiss dairy production considering farm heterogeneity and interaction effects. *Agricultural Systems*, 207, 103639 p. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103639>.
155. Hulme M., Mahony, M. (2010). Climate change: What do we know about the IPCC? *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 34(5), pp. 705–718. <https://doi.org/10.1177/0309133310373719>.
156. Humpenöder F., Karstens K., Lotze-Campen H., Leifeld J., Menichetti L., Barthelmes A., & Popp A. (2020). Peatland protection and restoration are key for climate change mitigation. *Environmental Research Letters*, 15(10), 104093 p. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abae2a>.
157. Indāns A. (1979). Ģeoloģija. Zvaigzne.
158. IPCC & Edenhofer, O. (Eds.). (2014). Climate change 2014: Mitigation of climate change: Working Group III contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
159. IUCN. (2020). IUCN UK Peatland Programme. <https://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/default/files/2020-04/IUCN%20UK%20PP%20Peatlands%20and%20trees%20position%20statement%202020.pdf>.
160. IUSS Working Group WRB. (2014). World reference base for soil resources 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps (3. ed.). FAO.
161. Izenman A. J. (2008). Modern multivariate statistical techniques: Regression, classification, and manifold learning. Springer.
162. Jackson T. (1993). Greenhouse conjectures—And refutations. *Energy Policy*, 21(7), pp. 722–725. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(93\)90142-3](https://doi.org/10.1016/0301-4215(93)90142-3).
163. Jain A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, 31(8), pp. 651–666. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>.
164. Jain A. K., Murty M. N. & Flynn P. J. (1999). Data clustering: A review. *ACM Computing Surveys*, 31(3), pp. 264–323. <https://doi.org/10.1145/331499.331504>.
165. Jarisch I., Bödeker K., Bingham, L. R., Friedrich, S., Kindu, M., & Knoke, T. (2022). The influence of discounting ecosystem services in robust multi-objective optimization – An application to a forestry-avocado land-use portfolio. *Forest Policy and Economics*, 141, 102761. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102761>
166. Jauhainen, J., Alm J., Bjarnadottir B., Callesen I., Christiansen J. R., Clarke N., Dalsgaard L., He H., Jordan S., Kazanavičiūtė V., Klemetsson L., Lauren A., Lazdins A., Lehtonen A., Lohila A., Lupikis A., Mander Ü., Minkkinen K., Kasimir Å., Laiho R. (2019). Reviews

- and syntheses: Greenhouse gas exchange data from drained organic forest soils – a review of current approaches and recommendations for future research. *Biogeosciences*, 16(23), pp. 4687–4703. <https://doi.org/10.5194/bg-16-4687-2019>.
167. Jauhainen J., Kazanaviciute V., Armolaitis K., Kull A., Licite I., Butlers A., Lupikis A., Jegers N., Medvedkins E., Saule G., Peters J., Soosaar K., Laiho R. & Ciuldiene D. (2019). Report on current situation – applied emission factors and projections of greenhouse gas emissions from organic soils, *LIFE OrgBalt Project Report 2019-A1/2-1*, 65 p. https://www.orgbalt.eu/?page_id=2598.
 168. Jiang Q., Qi Z., Madramootoo C. A. & Crézé, C. (2019a). Mitigating greenhouse gas emissions in subsurface-drained field using RZWQM2. *Science of The Total Environment*, 646, pp. 377–389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.285>.
 169. Jiang Q., Qi Z., Madramootoo C. A. & Crézé, C. (2019b). Mitigating greenhouse gas emissions in subsurface-drained field using RZWQM2. *Science of The Total Environment*, 646, pp. 377–389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.285>.
 170. Joosten H. (2009). The Global Peatland CO₂ Picture: Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. *Wetlands International*. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093336601>.
 171. Joosten H., Gaudig G., Krawczynski R., Tanneberger F., Wichmann S. & Wichtmann W. (2015). Managing soil carbon in Europe: Paludicultures as a new perspective for peatlands. In S. A. Banwart, E. Noellemeyer, & E. Milne (Eds.), *Soil carbon: Science, management and policy for multiple benefits*, pp. 297–306. CABI. <https://doi.org/10.1079/9781780645322.0297>.
 172. Joosten H., Sirin A., Couwenberg J., Laine J. & Smith, P. (2016). The role of peatlands in climate regulation, *Peatland Restoration and Ecosystem Services*.
 173. Kangas J., Kangas, A. (2005). Multiple criteria decision support in forest management— The approach, methods applied, and experiences gained. *Forest Ecology and Management*, 207(1–2), pp. 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.023>.
 174. Kārklīņš A. (2009). Latvijas Augšņu noteicējs. Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
 175. Kārklīņš A. (2016a). Histosols Latvijas Augšņu klasifikācijas kontekstā. *Zinātniski Praktiskās Konferences ‘Līdzsvarota Lauksaimniecība’ Raksti*, pp. 45–49. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163246929>.
 176. Kārklīņš A. (2016b). Organiskās augsnes SEG emisiju aprēķinu kontekstā. *Zinātniski Praktiskās Konferences ‘Līdzsvarota Lauksaimniecība’ Raksti*, pp. 40–44.
 177. Kasimir Klemedtsson Å., Weslien P. & Klemedtsson L. (2009). Methane and nitrous oxide fluxes from a farmed Swedish Histosol. *European Journal of Soil Science*, 60(3), pp. 321–331. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01124.x>.
 178. Kasimir-Klemedtsson Å., Klemedtsson L., Berglund K., Martikainen P., Silvola J. & Oenema O. (1997). Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: A review. *Soil Use and Management*, 13(s4), pp. 245–250. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.1997.tb00595.x>.
 179. Keeney R. L., Raiffa H. (1993). Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs. Cambridge University Press.
 180. Kekkonen H., Ojanen H., Haakana M., Latukka A. & Regina K. (2019). Mapping of cultivated organic soils for targeting greenhouse gas mitigation. *Carbon Management*, 10(2), pp. 115–126. <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1557990>.
 181. Kesicki F., Strachan N. (2011). Marginal abatement cost (MAC) curves: Confronting theory and practice. *Environmental Science & Policy*, 14(8), pp. 1195–1204. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.08.004>.
 182. Khalil M. I., Osborne B. A. (2018). Improving estimates of soil organic carbon (SOC) stocks and their long-term temporal changes in agricultural soils in Ireland. *Geoderma*, 322, pp. 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.038>.

183. Kim D.-G., Kirschbaum M. U. F. & Beedy, T. L. (2016). Carbon sequestration and net emissions of CH₄ and N₂O under agroforestry: Synthesizing available data and suggestions for future studies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 226, pp. 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.011>.
184. Kiskaddon E., Dalyander P. S., DeJong A., McHugh C., Parfait J., Littman A., Hemmerling S. A. & Dausman A. (2023). Evaluation of emission reduction and other societal and environmental outcomes: Structured decision making for the Louisiana climate action plan. *Journal of Environmental Management*, 345, 118936 p. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118936>.
185. Kline P. (2008). An easy guide to factor analysis (Repr). Routledge.
186. Kløve B., Berglund K., Berglund Ö., Weldon S. & Maljanen M. (2017). Future options for cultivated Nordic peat soils: Can land management and rewetting control greenhouse gas emissions? *Environmental Science & Policy*, 69, pp. 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.12.017>.
187. Knutti R., Furrer R., Tebaldi C., Cermak J. & Meehl, G. A. (2010). Challenges in Combining Projections from Multiple Climate Models. *Journal of Climate*, 23(10), pp. 2739–2758. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI3361.1>.
188. Kreft C., Finger R. & Huber, R. (2023). Action- versus results-based policy designs for agricultural climate change mitigation. *Applied Economic Perspectives and Policy*, aepp. 13376 p. <https://doi.org/10.1002/aepp.13376>.
189. Kreišmane Dz., Lenerts A., Naglis-Liepa K., Popluga D. & Rivža, P. (2018). Siltumnīcas efektu izraisīto gāzu emisiju robežsamazinājuma izmaksu līknes (MACC) tipiskajiem Latvijas lauku saimniecību klasteriem. Monogrāfija *Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas iespējas ar klimatu draudzīgu lauksaimniecību un mežsaimniecību Latvijā*, pp. 158–203. Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
190. Krishnan A. R., Hamid M. R., Tanakinjal G. H., Asli M. F., Boniface B. & Ghazali M. F. (2023). An investigation to offer conclusive recommendations on suitable benefit/cost criteria-based normalization methods for TOPSIS. *MethodsX*, 10, 102227 p. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102227>.
191. Kristapsone S. (2020). *Statistiskās analīzes metodes pētījumā*. Turība.
192. Kung C.-C., Fei C. J., McCarl B. A. & Fan, X. (2022). A review of biopower and mitigation potential of competing pyrolysis methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162, 112443 p. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112443>.
193. Kwak J.-H., Lim S.-S., Baah-Acheamfour M., Choi W.-J., Fatemi F., Carlyle C. N., Bork E. W. & Chang S. X. (2019). Introducing trees to agricultural lands increases greenhouse gas emission during spring thaw in Canadian agroforestry systems. *Science of The Total Environment*, 652, pp. 800–809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.241>.
194. Ladha J. K., Peoples M. B., Reddy P. M., Biswas J. C., Bennett A., Jat M. L. & Krupnik T. J. (2022). Biological nitrogen fixation and prospects for ecological intensification in cereal-based cropping systems. *Field Crops Research*, 283, 108541 p. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108541>.
195. Laganieri J., Angers D. A. & Parā D. (2010). Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: A meta-analysis: SOC ACCUMULATION FOLLOWING AFFORESTATION. *Global Change Biology*, 16(1), pp. 439–453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01930.x>.
196. Laktuka K., Blumberga D. & Rozakis S. (2023). Assessing Bioeconomy Development Opportunities in the Latvian Policy Planning Framework. *Sustainability*, 15(2), 1634p. <https://doi.org/10.3390/su15021634>.
197. Landau S. & Chis Ster, I. (2010). Cluster Analysis: Overview. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 72–83). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01315-4>.

198. Latvijas Klimata un enerģētikas ministrija. (2023). Klimata likuma projekts. https://tapportals.mk.gov.lv/legal_acts/7987de45-93fd-45e3-ac4c-948251c622d9.
199. Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs. (2021). Lauksaimniecības bruto segumu aprēķini par 2021. gadu [dataset]. <https://new.llkc.lv/lv/nozares/augkopiba-ekonomika-lopkopiba/sagatavoti-bruto-segumu-aprekini-par-2021-gadu>.
200. Latvijas Republikas Zemkopības ministrija. (2023). Latvijas Kopējās lauksaimniecības politikas stratēģiskais plāns 2023.-2027.gadam. <https://www.zm.gov.lv/lv/media/5409/download?attachment>.
201. Latvijas Valsts Kase. (2023). Diskonata likmes [dataset].
202. Lazdiņš A., Bārdule A., Butlers A., Lupiķis A., Okmanis M. & Bebre I. (2016). Projekts “Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana” (Project “Improving the accounting system of CO₂ removals and GHG emissions due to management practices in cropland and grassland and development of methodological solutions”). 2016. gada starpziņojums (No. 101115/S109). https://drive.google.com/open?id=0Bxv4jQ_04jXZRExSMWhPMWhDNDg.
203. Lazdins A., Sņepsts G., Butlers A., Purvina D., Zvaigzne Z. A. & Licite, I. (2021). Evaluation of middle term Greenhouse Gas (GHG) mitigation potential of birch plantations with mineral and organic soils. 20th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF005>.
204. LEGMC. (2019). Latvia's Fourth Biennial Report Under the United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LATVIA_BR4_27122019.pdf.
205. LEGMC. (2020). Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto Protocol 1990—2018. <https://unfccc.int/documents/227704>.
206. LEGMC. (2021a). *Latvia's National Inventory under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), the Kyoto Protocol and Regulation (EU) No 525/2013 for 1990–2019*. <https://unfccc.int/documents/271530>.
207. LEGMC. (2021b). *Reporting on Policies and Measures under Article 18 of Regulation (EU) No. 2018/1999 of the European Parliament and of the Council, Latvia*. <https://reportnet.europa.eu/public/country/LV>.
208. LEGMC. (2022a). Latvia's Eight National Communication and Fifth Biennial Report under the United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LATVIA_NC8_BR5_Final.pdf.
209. LEGMC. (2022b). Latvia's National Inventory under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), the Kyoto Protocol and Regulation (EU) No 525/2013 for 1990–2020. <https://unfccc.int/documents/461908>.
210. Leifeld J., Menichetti L. (2018). The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nature Communications*, 9(1), 1071 p. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03406-6>.
211. Lenerts A., Naglis-Liepa K., Popluga D., Kreišmane Dz., Aplociņa E., Bērziņa L. & Frolova, O. (2021). Marginal abatement cost curve for an ammonia reduction measure in agriculture: The case of Latvia. <https://doi.org/10.15159/AR.21.130>.
212. Levihn F. (2015). Investments, system dynamics, energy management, and policy: A solution to the metric problem of bottom-up supply curves. *Industrial Engineering and Management*, KTH Royal Institute of Technology.
213. Levihn F., Nuur C. & Laestadius S. (2014). Marginal abatement cost curves and abatement strategies: Taking option interdependency and investments unrelated to climate change into account. *Energy*, 76, pp. 336–344. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.08.025>.
214. Lewis T., Verstraten L., Hogg B., Wehr B. J., Swift S., Tindale N., Menzies N. W., Dalal R. C., Bryant P., Francis B. & Smith, T. E. (2019). Reforestation of agricultural land in the tropics: The relative contribution of soil, living biomass and debris pools to carbon

- sequestration. *Science of The Total Environment*, 649, pp. 1502–1513. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.351>.
215. Li Z., Qi Z., Jiang Q. & Sima N. (2021). An economic analysis software for evaluating best management practices to mitigate greenhouse gas emissions from cropland. *Agricultural Systems*, 186, 102950 p. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102950>.
216. Licite I., Lupikis A. (2020). Impact of land use practices on greenhouse gas emissions from agriculture land on organic soils. *19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2020.19.TF492>.
217. Licite I., Popluga, D. (2022a). *IDENTIFICATION OF THE CLIMATE CHANGE MITIGATION TARGETED MANAGEMENT PRACTICES FOR ORGANIC SOIL MANAGEMENT IN THE BALTIC REGION*. p 303–310. <https://doi.org/10.5593/sgem2022V/4.2/s19.38>.
218. Licite I., Popluga, D. (2022b). *THE MAPPING OF CLIMATE AND AGRICULTURAL POLICIES TARGETING ORGANIC SOIL MANAGEMENT: CASE STUDY FROM LATVIA*. pp. 793–800. <https://doi.org/10.5593/sgem2022/5.1/s23.099>.
219. Limpens J., Berendse F., Blodau C., Canadell J. G., Freeman C., Holden J., Roulet N., Rydin H. & Schaepman-Strub G. (2008). Corrigendum to Peatlands and the carbon cycle: From local processes to global implications a synthesis; published in *Biogeosciences*, 5, 1475–1491, 2008. *Biogeosciences*, 5(6), pp. 1739–1739. <https://doi.org/10.5194/bg-5-1739-2008>.
220. LPSR Valsts Zemes ierīcības projektēšanas institūts Zemesprojekts. (1987). Tehniskie norādījumi augsnes kartēšanas un saimniecību iekšējās zemes vērtēšanas lauku darbiem Latvijas PSR. Apstiprināti ar direktora pavēli Nr. 17-V, 1987. gada 20. aprīli.
221. LR Klimata un enerģētikas ministrija. (2023). Informatīvais ziņojums “Par siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas un oglekļa dioksīda piesaistes saistību izpildi” Projekta versija. <https://www.zemeunvalsts.lv/documents/view/8d55a249e6baa5c06772297520da2051/Informat%C4%ABv%C5%86ojums%20VARAM%20ZM%20EM%20Par%20siltumn%C4%ABcefekta%20g%C4%81zu%20emisiju%20samazin%C4%81%C5%A1anas%20un%20oglek%C4%BCa%20dioks%C4%ABda%20piesaistes%20saist%C4%ABbu%20izpildi%20Latvijas%20SEG%20saist%C4%ABbu%20izpilde%202023%20marts.pdf>.
222. LR Ministru kabinets. (2020). Informatīvais ziņojums ‘Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam’. <https://likumi.lv/ta/id/342214-latvijas-strategija-klimatneitralitates-sasniesganai-lidz-2050-gadam>.
223. LR Ministru kabinets. (2022a). Klimata un enerģētikas ministrijas nolikums. Latvijas vēstnesis. <https://likumi.lv/ta/id/338391-klimata-un-energetikas-ministrijas-nolikums>.
224. LR Ministru kabinets. (2022b). Siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas sistēmas, prognožu sistēmas un sistēmas ziņošanai par pielāgošanos klimata pārmaiņām izveidošanas un uzturēšanas kārtība. Latvijas vēstnesis. <https://likumi.lv/ta/id/336733-siltumnicefekta-gazu-inventarizacijassistemas-prognozu-sistemas-un-sistemas-zinosanai-par-pielagosanos-klimata-parmainam>.
225. LR Saeima. (1995). Par Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām. <https://likumi.lv/ta/id/34198-par-apvienoto-naciju-organizācijas-visparejo-konvenciju-par-klimata-parmainam>.
226. LR Zemkopības ministrija. (2020). Vēsturiskā augsnes digitālā datubāze [dataset]. <https://geolatvija.lv/geo/p/242>.
227. LR Zemkopības ministrija. (2021). Jaunais augsnes izpētes projekts palīdzēs gudrāk izmantot lauksaimniecības zemi. <https://www.zm.gov.lv/presei/jaunais-augsnis-izpetes-projekts-palidzes-gudrak-izmantot-lauksaimniec?id=12077>.

228. Macleod M., Eory V., Gruere G. & Lankoski, J. (2015). Cost-Effectiveness of Greenhouse Gas Mitigation Measures for Agriculture: A Literature Review, vol. 89. <https://doi.org/10.1787/5jrvvkq900vj-en>.
229. MacLeod M., Moran D., Eory V., Rees R. M., Barnes A., Topp C. F. E., Ball B., Hoad S., Wall E., McVittie A., Pajot G., Matthews R., Smith P. & Moxey A. (2010). Developing greenhouse gas marginal abatement cost curves for agricultural emissions from crops and soils in the UK. *Agricultural Systems*, 103(4), pp. 198–209. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.01.002>.
230. Mäkipää R., Abramoff R., Adamczyk B., Baldy V., Biryol C., Bosela M., Casals P., Curiel Yuste J., Dondini M., Filipek S., Garcia-Pausas J., Gros R., Gömöryová E., Hashimoto S., Hassegawa M., Immonen P., Laiho R., Li H., Li Q., Lehtonen A. (2023). How does management affect soil C sequestration and greenhouse gas fluxes in boreal and temperate forests? – A review. *Forest Ecology and Management*, 529, 120637 p. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120637>.
231. Malhi Y., Franklin J., Seddon N., Solan M., Turner M. G., Field C. B. & Knowlton, N. (2020). Climate change and ecosystems: Threats, opportunities and solutions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794), 20190104 p. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0104>.
232. Maljanen M., Hytönen J. & Martikainen, P. J. (2001). Fluxes of N₂O, CH₄ and CO₂ on afforested boreal agricultural soils. *Plant and Soil*, 231(1), pp. 113–121. <https://doi.org/10.1023/A:1010372914805>.
233. Maljanen M., Shurpali N., Hytönen J., Mäkiranta P., Aro L., Potila H., Laine J., Li C. & Martikainen P. J. (2012). Afforestation does not necessarily reduce nitrous oxide emissions from managed boreal peat soils. *Biogeochemistry*, 108(1–3), pp. 199–218. <https://doi.org/10.1007/s10533-011-9591-1>.
234. Masson-Delmotte V., Zhai H., Pörtner D., Roberts J., Skea P. R., Shukla P. R. & Pirani A. (2022). Global Warming of 1.5°C: IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty (1st ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157940>.
235. Mayrinck R. C., Laroque C. P., Amichev B. Y. & Van Rees K. (2019). Above- and Below-Ground Carbon Sequestration in Shelterbelt Trees in Canada: A Review. *Forests*, 10(10), 922 p. <https://doi.org/10.3390/f10100922>.
236. McGlynn E., Li S., F. Berger M., Amend M. & L. Harper, K. (2022). Addressing uncertainty and bias in land use, land use change, and forestry greenhouse gas inventories. *Climatic Change*, 170(1–2), 5 p. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03254-2>.
237. Minasny B., Adetsu D. V., Aitkenhead M., Artz R. R. E., Baggaley N., Barthelmes A., Beucher A., Caron J., Conchedda G., Connolly J., Deragon R., Evans C., Fadnes K., Fiantis D., Gagkas Z., Gilet L., Gimona A., Glatzel S., Greve M. H., Zak D. (2023). Mapping and monitoring peatland conditions from global to field scale. *Biogeochemistry*. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01084-1>.
238. Minasny B., Malone B. P., McBratney A. B., Angers D. A., Arrouays D., Chambers A., Chaplot V., Chen Z.-S., Cheng K., Das B. S., Field D. J., Gimona A., Hedley C. B., Hong S. Y., Mandal B., Marchant B. P., Martin M., McConkey B. G., Mulder V. L., Winowiecki L. (2017). Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*, 292, pp. 59–86. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>.
239. Ministru kabinetu. (2021). Ministru kabineta kārtības rullis. <https://likumi.lv/ta/id/325944-ministru-kabineta-kartibas-rullis>.
240. Ministry of Agriculture of the Republic of Latvia. (2021). Information on LULUCF Actions in Latvia. Report under LULUCF Decision 529/2013/EU Art 10.
241. Ministry of Climate and Energy of Latvia. (2023). Integrated Reporting on Policies and Measures and Projections under Article 18 of Regulation (EU) No. 2018/1999 of the

- European Parliament and of the Council and Articles 36, 37 and 38 of Commission Implementing Regulation (EU) 2020/1208 <https://reportnet.europa.eu/public/country/LV>.
242. Mistris J., Mistre B. & Zvaigzne A. (2020). Performance and causes of development problems among Latvian grain cooperatives. *Engineering Management in Production and Services*, 12(3), pp. 74–86. <https://doi.org/10.2478/emj-2020-0020>.
243. Montanarella L., Panagos, P. (2021). The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal. *Land Use Policy*, 100, 104950 p. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104950>.
244. Montanarella L., Jones R. J. A. & Hiederer, R. (2006). The distribution of peatland in Europe. *Mires and Peat*, 1. <http://www.mires-and-peatland.net/>.
245. Mooi E., Sarstedt M. & Mooi-Reci I. (2018). Principal Component and Factor Analysis. *Market Research*, pp. 265–311. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5218-7_8.
246. Moore T. R., Knowles R. (1989). THE INFLUENCE OF WATER TABLE LEVELS ON METHANE AND CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM PEATLAND SOILS. *Canadian Journal of Soil Science*, 69(1), pp. 33–38. <https://doi.org/10.4141/cjss89-004>.
247. Moran D., MacLeod M. J., Wall E., Eory V., McVittie A., Barnes A. P., Rees B., Smith P., Moxey A., Moran D., MacLeod M. J., Wall E., Eory V., McVittie A., Barnes A. P., Rees B., Smith P. & Moxey A. (2009). Marginal abatement cost curves for UK agriculture, forestry, land-use and land-use change sector out to 2022. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.51065>.
248. Moran D., MacLeod M., Wall E., Eory V., McVittie A., Barnes A., Rees R. M., Topp C. F. E., Pajot G., Matthews R., Smith P. & Moxey A. (2011). Developing carbon budgets for UK agriculture, land-use, land-use change and forestry out to 2022. *Climatic Change*, 105(3–4), pp. 529–553. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9898-2>.
249. Moran D., Macleod M., Wall E., Eory V., McVittie A., Barnes A., Rees R., Topp C. F. E. & Moxey A. (2011). Marginal Abatement Cost Curves for UK Agricultural Greenhouse Gas Emissions: UK Agricultural Greenhouse Gas Emissions. *Journal of Agricultural Economics*, 62(1), pp. 93–118. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2010.00268.x>.
250. Morkunas M., Volkov, A. (2023). The Progress of the Development of a Climate-smart Agriculture in Europe: Is there Cohesion in the European Union? *Environmental Management*, 71(6), pp. 1111–1127. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01782-w>.
251. Mulholland B., Abdel-Aziz I., Lindsay R., McNamara N., Keith Page S., Clough J., Freeman B. & Evans C. (2020). An assessment of the potential for paludiculture in England and Wales. UK Centre for Ecology & Hydrology. <https://lowlandpeat.ceh.ac.uk/sites/default/files/Defra%20LP2%20paludiculture%20report%20-%20April%202020.pdf>.
252. Muradian R., Rival, L. (2012). Between markets and hierarchies: The challenge of governing ecosystem services. *Ecosystem Services*, 1(1), pp. 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.009>.
253. Musarika S., Atherton C. E., Gomersall T., Wells M. J., Kaduk J., Cumming A. M. J., Page S. E., Oechel W. C. & Zona, D. (2017). Effect of water table management and elevated CO₂ on radish productivity and on CH₄ and CO₂ fluxes from peatlands converted to agriculture. *Science of The Total Environment*, 584–585, pp. 665–672. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.094>.
254. Naglis-Liepa K., Kreismane D., Berzina L., Frolova O., Aplocina, E. (2021). *Integrated farming: The way to sustainable agriculture in Latvia*. pp. 35–41. <https://doi.org/10.22616/ESRD.2021.55.003>.
255. Naglis-Liepa K., Popluga D., Lenerts A., Rivza P. & Kreismane, D. (2018). Integrated impact assessment of agricultural GHG abatement measures. pp. 77–83. <https://doi.org/10.22616/ESRD.2018.121>
256. Nair P. K. R. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3(2), pp. 97–128. <https://doi.org/10.1007/BF00122638>.

257. Namiotko V., Galnaityte A., Krisciukaitiene I. & Balezentis, T. (2022). Assessment of agri-environmental situation in selected EU countries: A multi-criteria decision-making approach for sustainable agricultural development. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(17), pp. 25556–25567. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17655-4>.
258. Naudts K., Chen Y., McGrath M. J., Ryder J., Valade A., Otto J. & Luysaert S. (2016). Europe's forest management did not mitigate climate warming. *Science*, 351(6273), pp. 597–600. <https://doi.org/10.1126/science.aad7270>.
259. Nightingale A. J., Eriksen S., Taylor M., Forsyth T., Pelling M., Newsham A., Boyd E., Brown K., Harvey B., Jones L., Bezner Kerr R., Mehta L., Naess L. O., Ockwell D., Scoones I., Tanner T., & Whitfield S. (2020). Beyond Technical Fixes: Climate solutions and the great derangement. *Climate and Development*, 12(4), pp. 343–352. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1624495>.
260. Nipers A. (2018). Contribution of organic soils to agricultural production and greenhouse gas emissions in Latvia. *18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2018*. <https://doi.org/10.5593/sgem2018/5.1/S20.029>.
261. Nordic Council of Ministers. (2015). Peatlands and Climate in a Ramsar context: A Nordic-Baltic Perspective. In Relation to other international conventions and policies.
262. Nowak A., Kaminska A. (2016). Agricultural competitiveness: The case of the European Union countries. *Agricultural Economics (Zemědělská Ekonomika)*, 62(11), pp. 507–516. <https://doi.org/10.17221/133/2015-AGRICECON>.
263. O'Brien D., Shalloo L., Crosson P., Donnellan T., Farrelly N., Finnan J., Hanrahan K., Lalor S., Lanigan G., Thorne F. & Schulte, R. (2014). An evaluation of the effect of greenhouse gas accounting methods on a marginal abatement cost curve for Irish agricultural greenhouse gas emissions. *Environmental Science & Policy*, 39, pp. 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.09.001>.
264. O'Connor R. A., Nel J. L., Roux D. J., Lim-Camacho L., Van Kerkhoff L. & Leach J. (2019). Principles for evaluating knowledge co-production in natural resource management: Incorporating decision-maker values. *Journal of Environmental Management*, 249, 109392 p. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109392>.
265. OECD. (1999). Environmental Indicators for Agriculture: Concepts and Frameworks. Organisation for Economic Cooperation and Development.
266. OECD. (2019). Inovācijas, lauksaimniecības produktivitāte un ilgtspējība Latvijā. OECD. <https://doi.org/10.1787/279bde8c-lv>.
267. Oo H. T., Zin W. W. & Thin Kyi C. C. (2019). Assessment of Future Climate Change Projections Using Multiple Global Climate Models. *Civil Engineering Journal*, 5(10), pp. 2152–2166. <https://doi.org/10.28991/cej-2019-03091401>.
268. Papathanasiou J., Ploskas, N. (2018). TOPSIS. In J. Papathanasiou & N. Ploskas, *Multiple Criteria Decision Aid*, vol. 136, pp. 1–30. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91648-4_1.
269. Paquel K., Bowyer C., Allen B., Nesbit M., Martineau H., Lesschen J. & Arets E. (2017). Analysis of LULUCF actions in EU Member States as reported under Art. 10 of the LULUCF Decision, a report for DG CLIMA of the European Commission. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ea59a223-1782-11e8-9253-01aa75ed71a1>.
270. Pardon P., Reubens B., Reheul D., Mertens J., De Frenne P., Coussement T., Janssens P. & Verheyen K. (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, pp. 98–111. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.018>.
271. Parish F., Sirin A., Charman D., Joosten H., Minaeva T. & Silvius, M. (2008). Assessment on peatlands, biodiversity and climate change.
272. Pascual U., Balvanera P., Anderson C. B., Chaplin-Kramer R., Christie M., González-Jiménez D., Martin A., Raymond C. M., Termansen M., Vatn A., Athayde S., Baptiste B., Barton D. N., Jacobs S., Kelemen E., Kumar R., Lazos E., Mwampamba T. H., Nakangu

- B., Zent E. (2023). Diverse values of nature for sustainability. *Nature*, 620(7975), pp. 813–823. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06406-9>.
273. Paul C., Fealy R., Fenton O., Lanigan G., O’Sullivan L. & Schulte R. P. O. (2018). Assessing the role of artificially drained agricultural land for climate change mitigation in Ireland. *Environmental Science & Policy*, 80, pp. 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.004>.
274. Paustian K., Lehmann J., Ogle S., Reay D., Robertson G. P. & Smith P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), pp. 49–57. <https://doi.org/10.1038/nature17174>.
275. Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoit M., Butault J.-P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.-H., Klumpp K., Metay A., Chemineau P. (2017). Identifying cost-competitive greenhouse gas mitigation potential of French agriculture. *Environmental Science & Policy*, 77, pp. 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.003>.
276. Peng L., Searchinger T. D., Zions J. & Waite R. (2023). The carbon costs of global wood harvests. *Nature*, 620(7972), pp. 110–115. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06187-1>.
277. Pérez Dominguez I., Britz W. & Holm-Müller K. (2009). Trading schemes for greenhouse gas emissions from European agriculture: A comparative analysis based on different implementation options. *Revue d’études en Agriculture et Environnement*, 90(3), pp. 287–308. <https://doi.org/10.3406/reae.2009.1973>.
278. Petaja G., Okmanis M., Polmanis K., Stola J., Spalva G. & Jansons J. (2018). Evaluation of greenhouse gas emissions and area of organic soils in cropland and grassland in Latvia – integrated National forest inventory data and soil maps approach. <https://doi.org/10.15159/AR.18.183>.
279. Peterson M. J., Hall D. M., Feldpausch-Parker A. M. & Peterson T. R. (2010). Obscuring Ecosystem Function with Application of the Ecosystem Services Concept. *Conservation Biology*, 24(1), pp. 113–119. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01305.x>.
280. Petrescu A. M. R., Peters G. P., Janssens-Maenhout G., Ciais P., Tubiello, F. N., Grassi G., Nabuurs G.-J., Leip A., Carmona-Garcia G., Winiwarter W., Höglund-Isaksson L., Günther D., Solazzo E., Kiesow A., Bastos A., Pongratz J., Nabel J. E. M. S., Conchedda G., Pilli R., Dolman, A. J. (2020). European anthropogenic AFOLU greenhouse gas emissions: A review and benchmark data. *Earth System Science Data*, 12(2), pp. 961–1001. <https://doi.org/10.5194/essd-12-961-2020>.
281. Pilvere I. (2017). Projekta “Organisko augšņu devuma novērtējums Latvijas lauksaimniecībā – daudzfaktoru ietekmes izvērtējums efektīvas zemes” gala ziņojums. Gala Ziņojums 3.2.-8/40, 32 p. LLU. <https://www.llu.lv/lv/projekti/apstiprinatie-projekti/2017/organisko-augšanu-devuma-novertejums-latvijas-lauksaimnieciba>.
282. Pilvere I. (2018a). ORGANIC SOIL AREA AND THE GEOGRAPHIC LOCATION AND QUALITY THEREOF IN LATVIA. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2018. <https://doi.org/10.5593/sgem2018/5.3/S28.078>.
283. Pilvere I. (2018b). USE OF ORGANIC SOILS IN LATVIA. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2018. <https://doi.org/10.5593/sgem2018/5.3/S28.125>.
284. Pilvere I., Nipers A., Krievina A. & Upite I. (2020). Development prospects of milk production in various size farm groups in Latvia. 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2020.19.TF172>.
285. Polasky S., Kling C. L., Levin S. A., Carpenter S. R., Daily G. C., Ehrlich P. R., Heal G. M. & Lubchenco J. (2019). Role of economics in analyzing the environment and sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(12), pp. 5233–5238. <https://doi.org/10.1073/pnas.1901616116>.

286. Popluga D., Naglis-Liepa K. (2015). EVALUATION OF MEASURES FOR MITIGATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS SUITABLE FOR LATVIAN AGRICULTURE. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT.
287. Popluga D., Naglis-Liepa K., Lenerts A. & Rivza P. (2017). MARGINAL ABATEMENT COST CURVE FOR ASSESSING MITIGATION POTENTIAL OF LATVIAN AGRICULTURAL GREENHOUSE GAS EMISSIONS: CASE STUDY OF CROP SECTOR. *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2017*.
288. Priede A., Gancone A. (2019). Sustainable and responsible after-use of peat extraction areas.
289. Ramsar. (2018). Restoration of degraded peatlands to mitigate and adapt to climate change and enhance biodiversity and disaster risk reduction. 13th Meeting of the Conference of the Contracting Parties to the Ramsar Convention on Wetlands. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/xiii.13_peatland_restoration_e.pdf.
290. Randall D. A., Wood R. A., Bony S., Colman R., Fichfet T., Fyfe J., Kattsov V., Pitman A., Shukla J., Srinivasan J., Stouffer R. J., Sumi A. & Taylor, K. E. (2007). Climate Models and Their Evaluation. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
291. Rawlins A., Morris, J. (2010). Social and economic aspects of peatland management in Northern Europe, with particular reference to the English case. *Geoderma*, 154(3–4), pp. 242–251. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.02.022>.
292. Rees R. M., Baddeley J. A., Bhogal A., Ball B. C., Chadwick D. R., Macleod M., Lilly A., Pappa V. A., Thorman R. E., Watson C. A. & Williams J. R. (2013). Nitrous oxide mitigation in UK agriculture. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59(1), pp. 3–15. <https://doi.org/10.1080/00380768.2012.733869>.
293. Regina K., Budiman A., Greve M. H., Grønlund A., Kasimir Å., Lehtonen H., Petersen S. O., Smith P. & Wösten H. (2016). GHG mitigation of agricultural peatlands requires coherent policies. *Climate Policy*, 16(4), pp. 522–541. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1022854>.
294. Regina K., Sheehy J. & Myllys M. (2015). Mitigating greenhouse gas fluxes from cultivated organic soils with raised water table. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(8), pp. 1529–1544. <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9559-2>.
295. Rennert K., Errickson F., Prest B. C., Rennels L., Newell R. G., Pizer W., Kingdon C., Wingenroth J., Cooke R., Parthum B., Smith D., Cromar K., Diaz D., Moore F. C., Müller U. K., Plevin R. J., Raftery A. E., Ševčíková H., Sheets H., Anthoff D. (2022). Comprehensive evidence implies a higher social cost of CO₂. *Nature*, 610(7933), pp. 687–692. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05224-9>.
296. Reynolds B. (2007). Implications of changing from grazed or semi-natural vegetation to forestry for carbon stores and fluxes in upland organo-mineral soils in the UK. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(1), pp. 61–76. <https://doi.org/10.5194/hess-11-61-2007>.
297. Rhymes J. M., Arnott D., Chadwick D. R., Evans C. D. & Jones, D. L. (2023). Assessing the effectiveness, practicality and cost effectiveness of mitigation measures to reduce greenhouse gas emissions from intensively cultivated peatlands. *Land Use Policy*, 134, 106886 p. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106886>.
298. Roe S., Streck C., Obersteiner M., Frank S., Griscom B., Drouet L., Fricko O., Gusti M., Harris N., Hasegawa T., Hausfather Z., Havlík P., House J., Nabuurs G.-J., Popp A., Sánchez M. J. S., Sanderman J., Smith P., Stehfest E. & Lawrence D. (2019). Contribution of the land sector to a 1.5 °C world. *Nature Climate Change*, 9(11), pp. 817–828. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0591-9>.
299. Roßkopf N., Fell H. & Zeitz J. (2015). Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *CATENA*, 133, pp. 157–170. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.05.004>.

300. Roszkowska E. (2011). Multi-criteria decision making models by applying the TOPSIS method to crisp and interval data. *Multiple Criteria Decision Making*, 6(1), pp. 200–230.
301. Rumpel C. (2023). Understanding and fostering soil carbon sequestration. Burleigh Dodds Science Publishing.
302. Rytter L. (1995). The potential of grey alder plantation forestry. *Joint Swedish - Estonian Seminar on Energy Forestry and Vegetation Filters*. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/29/045/29045794.pdf#page=82.
303. Saghafian S., Hejazi S. R. (2005). Multi-criteria Group Decision Making Using A Modified Fuzzy TOPSIS Procedure. *International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06)*, 2, pp. 215–221. <https://doi.org/10.1109/CIMCA.2005.1631471>.
304. Sauka O., Bušmanis P., Labrencis V., Kļaviņš U. & Barbars, J. (1987). Lauksaimniecības hidrotehniskā meliorācija. Zvaigzne.
305. Säurich A., Tiemeyer B., Dettmann U., Fiedler S. & Don, A. (2021). Substrate quality of drained organic soils—Implications for carbon dioxide fluxes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 184(5), pp. 543–555. <https://doi.org/10.1002/jpln.202000475>.
306. Schäfer A. & Joosten H. (2005). Erlenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren. <https://docplayer.org/214201533-Erlenaufforstung-auf-wiedervernaessten-niedermooren-alnus-leitfaden.html>.
307. Schaller L., Kantelhardt J. & Drösler M. (2011). Cultivating the climate: Socio-economic prospects and consequences of climate-friendly peat land management in Germany. *Hydrobiologia*, 674(1), pp. 91–104. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0736-y>.
308. Scharlemann J. P., Tanner E. V., Hiederer R. & Kapos, V. (2014). Global soil carbon: Understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5(1), pp. 81–91. <https://doi.org/10.4155/cmt.13.77>.
309. Schoeneberger M., Bentrup G., De Gooijer H., Soolanayakanahally R., Sauer T., Brandle J., Zhou X. & Current, D. (2012). Branching out: Agroforestry as a climate change mitigation and adaptation tool for agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 67(5), pp. 128A–136A. <https://doi.org/10.2489/jswc.67.5.128A>.
310. Schulte R., Crosson P., Donnellan T., Farrelly N., Finnan J., Lalor S., Lanigan G., O'Brien D., Shalloo L. & Thorne F. (2012a). A Marginal Abatement Cost Curve for Irish Agriculture. Teagasc.
311. Schulte R., Crosson P., Donnellan T., Farrelly N., Finnan J., Lalor S., Lanigan G., O'Brien D., Shalloo L. & Thorne F. (2012b). A Marginal Abatement Cost Curve for Irish Agriculture. Teagasc.
312. Schulte-Uebbing L., Hansen G., Hernández A. M. & Winter M. (2015). Chapter scientists in the IPCC AR5—Experience and lessons learned. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, pp. 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.06.012>.
313. Senhofa S., Lazdina D. & Jansons A. (2019). Papeļu (Populus spp.) Stādījumu Ierīkošana un Apsaimniekošana [Establishment and Management of Poplar (Populus spp.) Plantations], 82 p. LSFRI “Silava”.
314. Shukla P. R., Skea J., Calvo Buendia E., Masson-Delmotte V., Portner H. O., Roberts D. C., Zhai P., Slade R., Connors S., van Diemen R., Ferrat M., Haughey E., Luz S., Neogi S., Pathak M., Petzold J., Portugal Pereira J., Vyas P., Huntley E., Malley J. (2019). IPCC, 2019: Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. <https://www.ipcc.ch/srccl/>.
315. Škapars R. (2008). Mikroekonomika. Loģiskās shēmas. Ekonomikas pētījumu un biznesa izglītības institūts.

316. Sloan T. J., Payne R. J., Anderson A. R., Bain C., Chapman S., Cowie N., Gilbert P., Lindsay R., Mauquoy D., Newton A. J. & Andersen, R. (2018). Peatland afforestation in the UK and consequences for carbon storage. *Mires and Peat*, 23, pp. 1–17. <https://doi.org/10.19189/MaP.2017.OMB.315>.
317. Smith P., Bhogal A., Edgington P., Black H., Lilly A., Barraclough D., Worrall F., Hillier J. & Merrington G. (2010). Consequences of feasible future agricultural land-use change on soil organic carbon stocks and greenhouse gas emissions in Great Britain: Land-use change and GB soil carbon stocks. *Soil Use and Management*, 26(4), pp. 381–398. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00283.x>.
318. Smith P., Bustamante M., Ahammad H., Clark H., Dong H., Elsiddig E. A., Haberl H., Harper R., House J., Jafari M., Masera O., Mbow C., Ravindranath N. H., Rice C. W., Robledo Abad C., Romanovskaya A., Sperling F. & Tubiello, F. (2014). 2014: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
319. Smith P., Olesen, J. E. (2010). Synergies between the mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture. *The Journal of Agricultural Science*, 148(5), pp. 543–552. <https://doi.org/10.1017/S0021859610000341>.
320. Söderqvist T. (2011). Bringing ecologists and economists together. Springer.
321. Soussana J.-F., Lutfalla S., Ehrhardt F., Rosenstock T., Lamanna C., Havlík P., Richards M., Wollenberg E. (Lini), Chotte J.-L., Torquebiau E., Ciais P., Smith P. & Lal, R. (2019). Matching policy and science: Rationale for the ‘4 per 1000 - soils for food security and climate’ initiative. *Soil and Tillage Research*, 188, pp. 3–15. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.002>.
322. Stehfest E., Van Zeist W.-J., Valin H., Havlik P., Popp A., Kyle P., Tabeau A., Mason-D’Croz D., Hasegawa T., Bodirsky B. L., Calvin K., Doelman J. C., Fujimori S., Humpenöder F., Lotze-Campen H., Van Meijl H. & Wiebe, K. (2019). Key determinants of global land-use projections. *Nature Communications*, 10(1), 2166 p. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09945-w>.
323. Strack M., Waddington J. M. & Tuittila, E.-S. (2004). Effect of water table drawdown on northern peatland methane dynamics: Implications for climate change: NORTHERN PEATLAND CH₄ DYNAMICS AND CLIMATE CHANGE. *Global Biogeochemical Cycles*, 18(4), <https://doi.org/10.1029/2003GB002209>.
324. Taft H. E. (2014). Quantifying and mitigating greenhouse gas emissions from horticultural peat soils. School of Environment, Natural Resources and Geography, Bangor University. <https://research.bangor.ac.uk/portal/files/20569472/null>.
325. Taft H. E., Cross P. A. & Jones, D. L. (2018). Efficacy of mitigation measures for reducing greenhouse gas emissions from intensively cultivated peatlands. *Soil Biology and Biochemistry*, 127, pp. 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.08.020>.
326. Tallis H. M., Hawthorne P. L., Polasky S., Reid J., Beck M. W., Brauman K., Bielicki J. M., Binder S., Burgess M. G., Cassidy E., Clark A., Fargione J., Game E. T., Gerber J., Isbell F., Kiesecker J., McDonald R., Metian M., Molnar J. L., McPeck B. (2018). An attainable global vision for conservation and human well-being. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(10), pp. 563–570. <https://doi.org/10.1002/fee.1965>.
327. Tanneberger F., Appulo L., Ewert S., Lakner S., Ó Brolcháin N., Peters J. & Wichtmann W. (2021). The Power of Nature-Based Solutions: How Peatlands Can Help Us to Achieve Key EU Sustainability Objectives. *Advanced Sustainable Systems*, 5(1), 2000146 pp. <https://doi.org/10.1002/adsu.202000146>.
328. Tanneberger F., Birr F., Couwenberg J., Kaiser M., Luthardt V., Nерger M., Pfister S., Oppermann R., Zeitz J., Beyer C., Van Der Linden S., Wichtmann W. & Närmann F. (2022). Saving soil carbon, greenhouse gas emissions, biodiversity and the economy:

- Paludiculture as sustainable land use option in German fen peatlands. *Regional Environmental Change*, 22(2), 69 p. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01900-8>.
329. Tanneberger F., Moen A., Barthelmes A., Lewis E., Miles L., Sirin A., Tegetmeyer C. & Joosten H. (2021). Mires in Europe—Regional Diversity, Condition and Protection. *Diversity*, 13(8), 381 p. <https://doi.org/10.3390/d13080381>.
330. Tanneberger F., Tegetmeyer C., Busse S., Barthelmes A. & 55 others. (2017). The peatland map of Europe. *Mires and Peat*, 19, pp. 1–17. <https://doi.org/10.19189/MaP.2016.OMB.264>.
331. Temmink R. J. M., Robroek B. J. M., Van Dijk G., Koks A. H. W., Käärmelahti S. A., Barthelmes A., Wassen M. J., Ziegler R., Steele M. N., Giesen W., Joosten H., Fritz C., Lamers L. P. M. & Smolders A. J. P. (2023). Wetscapes: Restoring and maintaining peatland landscapes for sustainable futures. *Ambio*, 52(9), pp. 1519–1528. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01875-8>.
332. Thamo T. & Pannell D. J. (2016). Challenges in developing effective policy for soil carbon sequestration: Perspectives on additionality, leakage, and permanence. *Climate Policy*, 16(8), pp. 973–992. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1075372>.
333. The Ecosystem Services Valuation Database. (2020). [dataset]. www.esvd.net.
334. Tiemeyer B., Freibauer A., Borraz E. A., Augustin J., Bechtold M., Beetz S., Beyer C., Ebli M., Eickenscheidt T., Fiedler S., Förster C., Gensior A., Giebels M., Glatzel S., Heinichen J., Hoffmann M., Höper H., Jurasinski G., Laggner A., Drösler M. (2020). A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, 109, 105838 p. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>.
335. Tiwari M., Misra, B. (2011). Application of Cluster Analysis In Agriculture- A Review Article. *International Journal of Computer Applications*, 36(4).
336. Tubiello F., Biancalani R., Salvatore M., Rossi S. & Conchedda, G. (2016). A Worldwide Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Drained Organic Soils. *Sustainability*, 8(4), pp. 371. <https://doi.org/10.3390/su8040371>.
337. Tubiello F. N., Salvatore M., Ferrara A. F., House J., Federici S., Rossi S., Biancalani R., Condor Golec R. D., Jacobs H., Flammini A., Prospero P., Cardenas-Galindo P., Schmidhuber J., Sanz Sanchez M. J., Srivastava N. & Smith, P. (2015). The Contribution of Agriculture, Forestry and other Land Use activities to Global Warming, 1990–2012. *Global Change Biology*, 21(7), pp. 2655–2660. <https://doi.org/10.1111/gcb.12865>.
338. Tumelienė E., Sužiedėlytė Visockienė J. & Maliene, V. (2022). Evaluating the Eligibility of Abandoned Agricultural Land for the Development of Wind Energy in Lithuania. *Sustainability*, 14(21), 14569 p. <https://doi.org/10.3390/su142114569>.
339. Tzeng G., Huang, J.-J. (2011). Multiple attribute decision making: Methods and applications. Chapman & Hall/CRC.
340. UNESCO. (1994). Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_e.pdf.
341. UNFCCC. (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/documents/2409>.
342. UNFCCC. (2015). Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf.
343. United Nations. (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/sites/default/files/conveng.pdf>
344. United Nations. (2021). System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA EA). White cover publication, pre-edited text subject to official editing. <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>

345. United Nations General Assembly. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/89/PDF/N1529189.pdf?OpenElement>.
346. Uri V., Vares, A. (2005). The above-ground biomass and production of alders (*Alnus incana* (L.) Moench., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Alnus hybrida* A.Br.) on abandoned agricultural lands in Estonia. In *Proceedings of the Workshop "Management and Utilization of Broadleaved Tree Species in Nordic and Baltic Countries—Birch, Aspen And Alder"*. Workshop "Management and Utilization of Broadleaved Tree species in Nordic and Baltic countries—Birch, Aspen And Alder", Vantaa.
347. Van Den Berg L. M., Dingkuhn E. L., Meehan N. & O'Sullivan L. (2023). Investigating bottlenecks hampering the adoption of water quality-enhancing practices for sustainable land management in Ireland. *Journal of Environmental Management*, 345, 118741 pp. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118741>.
348. Van Diggelen R. (2018). Mires and Peatlands of Europe: Status, Distribution and Conservation. *Restoration Ecology*, 26(5), pp. 1005–1006. <https://doi.org/10.1111/rec.12865>.
349. Vanguelova E., Chapman S., Perks M., Yamulki S., Randle T., Ashwood F. & Morison J. (2018). Afforestation and restocking on peaty soils – new evidence assessment. <https://www.climateexchange.org.uk/media/3137/afforestation-and-restocking-on-peaty-soils.pdf>.
350. Vanguelova E. I., Crow P., Benham S., Pitman R., Forster J., Eaton E. L. & Morison J. I. L. (2019). Impact of Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) afforestation on the carbon stocks of peaty gley soils – a chronosequence study in the north of England. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 92(3), pp. 242–252. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz013>.
351. Veldman J. W., Aleman J. C., Alvarado S. T., Anderson T. M., Archibald S., Bond W. J., Boutton T. W., Buchmann N., Buisson E., Canadell J. G., Dechoum M. D. S., Diaz-Toribio M. H., Durigan G., Ewel J. J., Fernandes G. W., Fidelis A., Fleischman F., Good S. P., Griffith D. M., Zaloumis N. P. (2019). Comment on "The global tree restoration potential". *Science*, 366(6463), eaay7976. <https://doi.org/10.1126/science.aay7976>.
352. Verhoeven J. T. A., Setter, T. L. (2010). Agricultural use of wetlands: Opportunities and limitations. *Annals of Botany*, 105(1), pp. 155–163. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp172>.
353. Vermont B., De Cara, S. (2010a). How costly is mitigation of non-CO₂ greenhouse gas emissions from agriculture? *Ecological Economics*, 69(7), pp. 1373–1386. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.02.020>.
354. Vermont B., De Cara, S. (2010b). How costly is mitigation of non-CO₂ greenhouse gas emissions from agriculture? *Ecological Economics*, 69(7), pp. 1373–1386. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.02.020>.
355. Vleeshouwers L. M., Verhagen A. (2002). Carbon emission and sequestration by agricultural land use: A model study for Europe: CARBON SEQUESTRATION BY EUROPEAN AGRICULTURE. *Global Change Biology*, 8(6), pp. 519–530. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00485.x>.
356. Vogt-Schilb A., Hallegatte S. (2014). Marginal abatement cost curves and the optimal timing of mitigation measures. *Energy Policy*, 66, pp. 645–653. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.045>.
357. Wächter P. (2013). The usefulness of marginal CO₂-e abatement cost curves in Austria. *Energy Policy*, 61, pp. 1116–1126. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2013.06.125>.
358. Wang T.-C., Lee, H.-D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*, 36(5), pp. 8980–8985. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.035>.

359. Wang Y.-J., Lee H.-S. (2007). Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making. *Computers & Mathematics with Applications*, 53(11), pp. 1762–1772. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2006.08.037>.
360. Watson C. A., Reckling M., Preissel S., Bachinger J., Bergkvist G., Kuhlman T., Lindström K., Nemecek T., Topp C. F. E., Vanhatalo A., Zander P., Murphy-Bokern D. & Stoddard F. L. (2017). Grain Legume Production and Use in European Agricultural Systems. In *Advances in Agronomy*, vol. 144, pp. 235–303. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.003>.
361. Watson R. T., Noble I. R., Bolin B., Ravindranath N. H., Verardo D. J. & Dokken D. J. (2000). *Land Use, Land-Use Change and Forestry*, 375 p. Cambridge University Press.
362. Weiss T. G. (2000). Governance, good governance and global governance: Conceptual and actual challenges. *Third World Quarterly*, 21(5), pp. 795–814. <https://doi.org/10.1080/713701075>.
363. Wen Y., Freeman B., Hunt D., Musarika S., Zang H., Marsden K. A., Evans C. D., Chadwick D. R. & Jones D. L. (2021). Livestock-induced N₂O emissions may limit the benefits of converting cropland to grazed grassland as a greenhouse gas mitigation strategy for agricultural peatlands. *Resources, Conservation and Recycling*, 174, 105764 p. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105764>.
364. Wheaton E., Kulshreshtha S. (2017). Environmental Sustainability of Agriculture Stressed by Changing Extremes of Drought and Excess Moisture: A Conceptual Review. *Sustainability*, 9(6), 970 p. <https://doi.org/10.3390/su9060970>.
365. Wichtmann W., Joosten H. & Schröder C. (Eds.). (2016). *Paludiculture, productive use of wet peatlands: Climate protection, biodiversity, regional economic benefits*. Schweizerbart Science Publishers.
366. Wieder R. K., Vitt D. H. & Benschoter B. W. (2006). Peatlands and the Boreal Forest. *Boreal Peatland Ecosystems*, vol. 188, pp. 1–8. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-31913-9_1.
367. Will M., Groeneveld J., Frank K. & Müller B. (2020). Combining social network analysis and agent-based modelling to explore dynamics of human interaction: A review. *Socio-Environmental Systems Modelling*, 2, 16325 p. <https://doi.org/10.18174/sesmo.2020a16325>.
368. Wilson L., Wilson J., Holden J., Johnstone I., Armstrong A. & Morris M. (2011). Ditch blocking, water chemistry and organic carbon flux: Evidence that blanket bog restoration reduces erosion and fluvial carbon loss. *Science of The Total Environment*, 409(11), pp. 2010–2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.02.036>.
369. Wittnebel M., Tiemeyer B. & Dettmann U. (2021). Peat and other organic soils under agricultural use in Germany: Properties and challenges for classification. *Mires and Peat*, 27(19), pp. 1–24. <https://doi.org/10.19189/MaP.2020.SJ.StA.2093>.
370. Wójcik-Leń J., Leń P., Mika M., Kryszk H. & Kotlarz P. (2019). Studies regarding correct selection of statistical methods for the needs of increasing the efficiency of identification of land for consolidation—A case study in Poland. *Land Use Policy*, 87, 104064 p. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104064>.
371. Wreford A., Moran D., Adger W. N. & Moran D. C. (2010). *Climate change and agriculture: Impacts, adaptation and mitigation*. OECD.
372. Yang Q., Gao Y., Cao X. & Yang, J. (2023). Contributions and Resistances to Vulnerability of Rural Human Settlements System in Agricultural Areas of Chinese Loess Plateau since 1980. *Sustainability*, 15(14), 10948 p. <https://doi.org/10.3390/su151410948>.
373. Yoon K. & Hwang C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: An introduction*. SAGE Publications, Inc.
374. Yu Z., Beilman D. W., Froelking S., MacDonald G. M., Roulet N. T., Camill P. & Charman D. J. (2011). Peatlands and their role in the global carbon cycle. *Eos*, 92(12), pp. 97–98. <https://doi.org/10.1029/2011EO120001>.

375. Zavadskas E. K., Antucheviciene J., Turskis Z. & Adeli H. (2016). Hybrid multiple-criteria decision-making methods: A review of applications in engineering. In *Scientia Iranica A*, vol. 23, issue 1, pp. 1–20. www.scientiairanica.com.
376. Zavadskas E. K., Govindan K., Antucheviciene J., Turskis Z. & Kazimieras Zavadskas E. (2016). Economic Research-Ekonomiska Istraživanja Hybrid multiple criteria decision-making methods: A review of applications for sustainability issues Hybrid multiple criteria decision-making methods: A review of applications for sustainability issues. *Economic RESEARCH-Ekonomiska Istraživanja*, 29(1), pp. 857–887. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.1237302>.
377. Ziegler R., Wichtmann W., Abel S., Kemp R., Simard M. & Joosten, H. (2021). Wet peatland utilisation for climate protection – An international survey of paludiculture innovation. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100305 p. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100305>.
378. Zvirbule A., Andersons R. (2018). FACTORS INFLUENCING CHANGES OF BEEF CATTLE HERD QUANTITY AND SIZE: CASE OF LATVIA. *Proceedings of International Scientific Conference 'RURAL DEVELOPMENT 2017'*. RURAL DEVELOPMENT, Aleksandras Stulginskis University, Lithuania. <https://doi.org/10.15544/RD.2017.147>.

PIELIKUMI/ANNEXES

Pētniecības projektu sasaiste ar lauksaimniecības organiskās augsnes jomā nacionāli identificētajām izpētes vajadzībām Latvijā 2022. gadā / Attribution of the research projects to nationally identified research needs in the field of organic soil in agriculture in Latvia in 2023

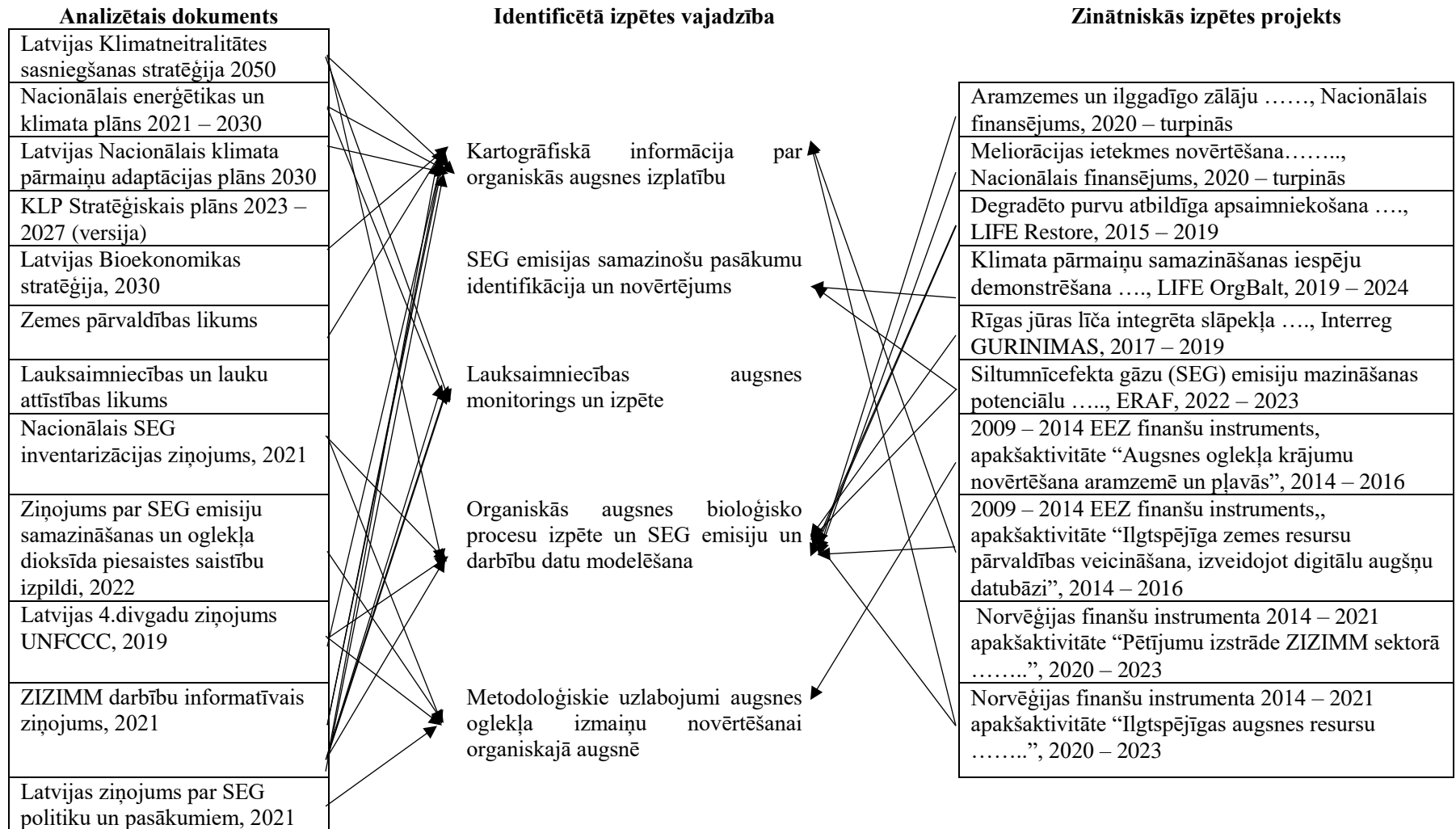
Nr.p. k.	Pētniecības projekts	Zinātniskā institūcija	Galvenās izpētes jomas	Nosegtā nacionāli identificētā izpētes vajadzība
1	Projekts “Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radītās siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas un oglekļa dioksīda (CO ₂) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana”. Nacionālais finansējums, 2020 – turpinās.	Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava” sadarbībā ar Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāti un Agroresursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centru.	Oglekļa ienese augsnē ar lauksaimniecības kultūraugu atliekām. CO ₂ , CH ₄ un N ₂ O emisiju noteikšana, izmantojot Picarro G2508 gāzu analizatoru dažādu lauksaimniecības kultūraugu audzēšanas sistēmās. Augsnes īpašību, mitruma, gaisa temperatūras, nokrišņu, mēslojuma izkliedes un saimniekošanas veida ietekme uz SEG emisijām. Augsnes heterotrofās elpošanas radīto CO ₂ emisiju mērījumi no aluviālajām (palieņu) augsnēm, ko izmanto kā ganības vai ilggadīgos zālājus.	Organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēte un SEG emisiju un darbību datu modelēšana
2	Projekts “Meliorācijas ietekmes novērtēšana klimata pārmaiņu (plūdu riska) mazināšanā”. Nacionālais finansējums, 2020 – turpinās.	Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte	Viena no darba uzdevumu grupām: SEG un amonjaka emisiju mērījumi un cēloņsakarību izpēte nosusinātās lauksaimniecības zemēs - dislāpekļa oksīda (N ₂ O), ogļskābās gāzes (CO ₂), metāna (CH ₄) un amonjaka (NH ₃) emisiju mērījumi lauksaimniecībā izmantotās minerālaugsnēs.	Organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēte un SEG emisiju un darbību datu modelēšana
3	LIFE REstore projekts “Degradēto purvu atbildīga apsaimniekošana un ilgtspējīga izmantošana Latvijā”, 2015 – 2019	Dabas aizsardzības pārvalde	Emisiju koeficientu izstrādāšana meža zemēm, aramzemēm, ilggadīgajiem zālājiem un dzērveņu plantācijām. SEG gāzu mērījumi 2 gadu garumā.	Organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēte un SEG emisiju un darbību datu modelēšana SEG emisijas samazinošu apsaimniekošanas prakšu identifikācija un novērtējums

Nr.p. k.	Pētniecības projekts	Zinātniskā institūcija	Galvenās izpētes jomas	Nosegtā nacionāli identificētā izpētes vajadzība
4	LIFE OrgBalt projekts "Klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju demonstrēšana auglīgās organiskajās augsnēs Baltijas valstīs un Somijā", 2019 – 2024	Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"	SEG emisiju aprēķinu darbību datu (zemes lietošanas veidu modelēšana) un reģionālu SEG emisiju faktoru izstrādāšana barības vielām bagātai organiskai augsnei, torstarp aramzemei un zālājam.	Organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēte un SEG emisiju un darbību datu modelēšana SEG emisijas samazinošu apsaimniekošanas prakšu identifikācija un novērtējums
5	Interreg Igaunijas – Latvijas programma 2014. – 2020. gadam projekts "Rīgas jūras līča integrēta slāpekļa apsaimniekošanas sistēma" (GURINIMAS), 2017 – 2019	Latvijas partneri: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", Latvijas Hidroekoloģijas institūts, Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs	N ₂ O tiešo emisiju no minerālmēsliem izmantošanas pētījumi tipiskos Latvijas apstākļos.	Organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēte un SEG emisiju un darbību datu modelēšana
6	ERAF projekts "Siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanas potenciālu ietekmējošo faktoru izpēte zālajos un aramzēmēs ar organiskajām augsnēm", 2022 – 2023	Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"	Modelēšanas rīku izstrāde SEG emisiju (CO ₂ , N ₂ O un CH ₄) modelēšanai organiskajā augsnē aramzēmē un zālājā un risinājumi SEG emisiju samazināšanai meliorētā organiskā augsnē un augsnē ar atjaunotu mitruma režīmu aramzēmē un zālājā.	Organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēte un SEG emisiju un darbību datu modelēšana. SEG emisijas samazinošu apsaimniekošanas prakšu identifikācija un novērtējums

Nr.p.k.	Pētniecības projekts	Zinātniskā institūcija	Galvenās izpētes jomas	Nosegtā nacionāli identificētā izpētes vajadzība
7	Eiropas Ekonomikas zonas finanšu instrumenta 2009. – 2014.gada perioda programmas “Nacionālā klimata politika” pētījuma „Lauksaimniecības sektora SEG emisiju aprēķina metodoloģijas un datu analīzes ar modelēšanas rīku izstrāde, integrējot klimata pārmaiņas” apakšprojekts “Augsnes oglekļa krājumu novērtēšana aramzemē un pļavās”, 2014 – 2016	Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”	Mērījumi, aprēķini un analīze par augsnes oglekļa uzkrājumu 0–80 cm dziļā augsnes virskārtas slānī aramzemē un ilggadīgajā zālājā.	Metodoloģiskie uzlabojumi augsnes oglekļa izmaiņu novērtēšanai organiskajā augsnē
8	Eiropas Ekonomikas zonas finanšu instrumenta 2009. – 2014. gada perioda programmas “Nacionālā klimata politika” projekta “Nacionālās sistēmas pilnveidošana siltumnīcefekta gāzu inventarizācijai un ziņošanai par politikām, pasākumiem un prognozēm” iepriekš noteiktais projekts “Ilgtspējīga zemes resursu pārvaldības veicināšana, izveidojot digitālu augšņu datubāzi”, 2014 – 2016	Latvijas Universitāte	Vēsturiskā Latvijas augsnes kartogrāfiskā materiāla digitalizācija, bāzes datu iegūšana organiskās augsnes patreiējās izplatības noteikšanai.	Kartogrāfiskā informācija par organiskās augsnes izplatību
9	Norvēģijas finanšu instrumenta 2014. – 2021.gada perioda programmas “Klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās tām un vide” iepriekš noteiktā projekta “Klimata pārmaiņu politikas integrācija nozaru un reģionālajā politikā” apakšaktivitāte “Pētījumu izstrāde ZIZIMM sektorā SEG inventarizācijas un nacionālās sistēmas uzlabošanai atbilstoši Parīzes nolīguma prasībām”, 2020 – 2023	Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”	Citu pētniecisko uzdevumu vidū: Nacionālās SEG inventarizācijas sistēmas ZIZIMM sektorā pilnveidošana atbilstoši 2019. gada KPSP vadlīniju papildinājumam 2006. gada KPSP vadlīnijām.	

Nr.p. k.	Pētniecības projekts	Zinātniskā institūcija	Galvenās izpētes jomas	Nosegtā nacionāli identificētā izpētes vajadzība
10	<p>Norvēģijas finanšu instrumenta 2014. – 2021.gada perioda programmas “Klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās tām un vide” iepriekš noteiktais projekts “Īlgspējīgas augsnes resursu pārvaldības uzlabošana lauksaimniecībā”, apakšaktivitāte “SEG emisiju faktoru izstrāde un priekšlikumu sagatavošana iegūto emisiju faktoru iekļaušanai nacionālajā SEG inventarizācijas ziņojumā” un apakšaktivitāte “Uzticamas, valstij specifiskas aug”’snu informācijas datu pilnveidošana lauksaimniecības zemē”, 2020 – 2023</p>	<p>Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”</p> <p>Latvijas Universitāte</p>	<p>Citu pētniecisko uzdevumu vidū:</p> <p>SEG emisiju mērījumi sarnamē un zālājā zemā purva kūdras augsnē ar mērķi izstrādāt kūdras kārtas biežuma ziņā jutīgus SEG emisiju faktoros</p> <p>Kūdraugšņu izplatības kartēšana lauksaimniecības zemē.</p>	<p>Organiskās augsnes bioloģisko procesu izpēte un SEG emisiju un darbību datu modelēšana</p> <p>Kartogrāfiskā informācija par organiskās augsnes izplatību</p>

Avots: autores veidots apkopojums un analīze



Avots: autores veidots attēlojums

Lauksaimniecības organiskās augsnes izpētes aktivitāšu kartējums Latvijā 2022. gadā/ Mapping of resent GHG related research on agricultural organic soil in Latvia in 2022

**Promocijas darbā analizēto klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu agrotehnisko darbību jeb rādītāju kopums /
Agrotechnical activities or indicators of climate change mitigation measures analyzed in the thesis**

Aramzemes pārveide par zālāju

Agrotehniskā darbība jeb rādītājs	Pasākuma ieviešanas gadā veiktā agrotehniskā darbība																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Augsnes apstrāde, aršana	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mīnerālmēsļu (NPK 15:15:15+11S) iegāde (virsaugam) (150 kg ha ⁻¹)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mīnerālmēsļu iestrāde	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Augsnes kultivēšana	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Sēklas (virsaugs - viengadīgā aīrene) iegāde (ierīkošana 15 kg ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sēklas (ganību aīrene, bastarda āboliņš, timotiņš, sarkanā auzene) iegāde (ierīkošana 25 kg ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Sēšana	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Pielvelšana	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Zāles pļaušana (2 reizes)	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zāles presēšana rituļos (ieskaitot plēvi)	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X
Siena vālošana- ārdīšana (2 reizes)	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X
Siena presēšana rituļos (2 reizes)	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X
Ēcēšana	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Kontrolētā drenāža

Agrotehniskā darbība jeb rādītājs	Pasākuma ieviešanas gadā veiktā agrotehniskā darbība																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Kontrolētās drenāžas sistēmas ierīkošana	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Augsnes apstrāde, aršana	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Augsnes apstrāde, šķīvošana	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mīnerālmēsļu (NPK 15:15:15+11S) iegāde (virsaugam) (150 kg ha ⁻¹)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mīnerālmēsļu iestrāde	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.pielikuma turpinājums/continuation of Annex 3

Agrotehniskā darbība jeb rādītājs	Pasākuma ieviešanas gadā veiktā agrotehniskā darbība																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Augsnes kultivēšana	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Sēklas (virsaugs – viengadīgā airene) iegāde (ierīkošana 15 kg ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sēklas (ganību airene, bastarda āboliņš, timotiņš, sarkanā auzene) iegāde (ierīkošana 25 kg ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Sēšana	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Pielvelšana	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Zāles pļaušana (2 reizes)	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zāles presēšana rituļos (ieskaitot plēvi)	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X
Siena vālošana- ārdīšana (2 reizes)	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-
Siena presēšana rituļos (2 reizes)	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-
Ecēšana	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tauriņzieži kultūraugu rotācijā

Agrotehniskā darbība jeb rādītājs	Pasākuma ieviešanas gadā veiktā agrotehniskā darbība																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Augsnes apstrāde, aršana	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Augsnes apstrāde, šķīvošana	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mīnerālmēslu (NPK 15:15:15+11S) iegāde (virsaugam) (150 kg ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mīnerālmēslu iestrāde	X	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-
Augsnes kultivēšana	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X
Sēklas (bastarda āboliņš, timotiņš 1:1) iegāde (ierīkošana 30 kg ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sēklas (bastarda āboliņš, timotiņš 1:1) iegāde (ierīkošana 15 kg ha ⁻¹ , pasējā 5 kg ha ⁻¹)	X	X	X	-	-	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	-	-	X	X
Sēšana	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X
Pielvelšana	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X

3.pielikuma turpinājums/continuation of Annex 3

Agrotehniskā darbība jeb rādītājs	Pasākuma ieviešanas gadā veiktā agrotehniskā darbība																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Minerālmēsļu (NPK 15:15:15+11S) iegāde (180 kg ha ⁻¹ , rudziem NPK 200 kg ha ⁻¹ , amonija nitrāts 180 kg ha ⁻¹ auzām 100 kg ha ⁻¹ NPK, 100 kg ha ⁻¹ amonija nitrāts)	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-
Zāles pļaušana (2 reizes)	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X
Zāles presēšana rituļos (ieskaitot plēvi)	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X
Sēklas (auzas) iegāde (200 kg ha ⁻¹)	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	X	-
Sēklas (rudzi) iegāde (180 kg ha ⁻¹)	-	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-
Kodne (rudens)	-	-	X	X	-	X	-	-	X	X	-	X	-	-	X	X	-	X	-	-	X	X	-	X	-
Herbicīdu iegāde un smidzināšana (pavasaris)	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-
Graudu kulšana	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-
Graudu kaltēšana	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-

Paludikultūra

Agrotehniskā darbība jeb rādītājs	Pasākuma ieviešanas gadā veiktā agrotehniskā darbība																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Augsnes sagatavošana – pacīlu veidošana, vismaz 1600 stādvieta ha ⁻¹	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu (1600 ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stādīšana (melnalksnis, bērzs)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Papildināšana pēc nepieciešamības	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agrotehniskā kopšana (zāles applaušana)	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aizsardzība pret meža dzīvnieku postījumiem, repelents "Cervacol"	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jaunaudžu kopšana, atpalikušo kociņu un piemitrojuma izvākšana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Krājas kopšana (zāģēšana, pievešana līdz ceļam). Krājas kopšanas intensitāte 40 m ³ . Iegūst 60% melnalkšņa malkas un 40% bērza papīrmalkas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X

Apmežošana

Agrotehniskā darbība jeb rādītājs	Pasākuma ieviešanas gadā veiktā agrotehniskā darbība																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Augsnes sagatavošana – pacilu veidošana, vismaz 1600 stādvieta ha ⁻¹	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu (1600 ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stādīšana (egle)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Papildināšana pēc nepieciešamības	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agrotehniskā kopšana (zāles applaušana)	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aizsardzība pret meža dzīvnieku postījumiem, repelents "Cervacol"	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jaunaudžu kopšana, atpalikušo kociņu un piemetrojuma izvākšana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Krājas kopšana (zāģēšana, pievešana līdz ceļam). Krājas kopšanas intensitāte 40 m ³ . Iegūst 60% melnalkšņa malkas un 40% bērza papīrmalkas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X

Agromežsaimniecība

Agrotehniskā darbība jeb rādītājs	Pasākuma ieviešanas gadā veiktā agrotehniskā darbība																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Augsnes apstrāde, aršana	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Minerālmēsļu (NPK 8:20:30) iegāde (virsaugam) (250 kg ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minerālmēsļu iestrāde	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Augsnes kultivēšana	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Sēklas (sarkanā auzene) iegāde (20 kg ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Sēšana	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Pielvelšana	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Papeļu stādu iegāde (1250 gab ha ⁻¹)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sarkanās auzenes applaušana	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Papeļu aizsardzība pret meža dzīvnieku postījumiem, repelents "Cervacol"	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.pielikuma turpinājums/*continuation of Annex 3*

Agrotehniskā darbība jeb rādītājs	Pasākuma ieviešanas gadā veiktā agrotehniskā darbība																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Mīnērālmēsļu (NPK 15:15:15+11S) iegāde (300 kg ha ⁻¹)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Siena vālošana- ārdīšana (2 reizes)	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X
Siena presēšana rituļos (2 reizes)	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X
Auzenes kulšana	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-
Auzenes sēklas kalēšana	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-
Auzenes sēklas tīrīšana	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-
Zāles pļaušana	-	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	X
Krājas kopšana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Atjaunošanas cirte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X

Avots: *autores veidots*

TOPSIS analīzes aprēķinu starprezultāti / Intermediate results of TOPSIS analysis calculations

Lēmumu matrica				
Svars	0,1	0,4	0,3	0,2
Kritērijs	Tīrā tagadnes vērtība	SEG emisiju samazinājums	Ekosistēmu pakalpojumu vērtība	SEG emisiju samazinājuma izmaksas
Aramzemes pārveide par zālāju	198509,16	24935	6445	8
Kontrolētā drenāža	1205810,77	50146	9627	24
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	381122,64	6926	1106	55
Agromežsaimniecība	-376604,65	96044	10959	-4
Apmežošana	576315,02	153301	13058	4
Paludikultūra	387528,13	98815	13058	4
Normalizētā matrica				
Aramzemes pārveide par zālāju	0,001	0,019	0,024	0,005
Kontrolētā drenāža	0,008	0,038	0,035	0,016
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	0,003	0,005	0,004	0,036
Agromežsaimniecība	-0,003	0,072	0,040	-0,003
Apmežošana	0,004	0,115	0,048	0,002
Paludikultūra	0,003	0,074	0,048	0,003
Attālums no ideālā risinājuma				
Aramzemes pārveide par zālāju	0,00001	0,00924	0,00059	0,00006
Kontrolētā drenāža	0,00011	0,00596	0,00016	0,00034
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	0,00003	0,01201	0,00194	0,00150
Agromežsaimniecība	0,00000	0,00184	0,00006	0,00000
Apmežošana	0,00004	0,00000	0,00000	0,00003
Paludikultūra	0,00003	0,00166	0,00000	0,00003
Negatīvais risinājums				
Aramzemes pārveide par zālāju	0,001	0,019	0,024	0,005
Kontrolētā drenāža	0,008	0,038	0,035	0,016
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	0,003	0,005	0,004	0,036
Agromežsaimniecība	-0,003	0,072	0,040	-0,003
Apmežošana	0,004	0,115	0,048	0,002
Paludikultūra	0,003	0,074	0,048	0,003

4.pielikuma turpinājums/*continuation of Annex 4*

Lēmumu matrica				
Svars	0,1	0,4	0,3	0,2
Kritērijs	Tīrā tagadnes vērtība	SEG emisiju samazinājums	Ekosistēmu pakalpojumu vērtība	SEG emisiju samazinājuma izmaksas
Attālums no negatīvā risinājuma				
Aramzemes pārveide par zālāju	0,00005	0,00018	0,00039	0,00095
Kontrolētā drenāža	0,00000	0,00105	0,00099	0,00041
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000
Agromežsaimniecība	0,00011	0,00445	0,00132	0,00150
Apmežošana	0,00002	0,01201	0,00194	0,00113
Paludikultūra	0,00003	0,00473	0,00194	0,00113
Alternatīvas kopējais (visu kritēriju summas) attālums no negatīvā risinājuma				
Aramzemes pārveide par zālāju		0,001568		0,040
Kontrolētā drenāža		0,002446		0,049
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā		0,000030		0,005
Agromežsaimniecība		0,007377		0,086
Apmežošana		0,015098		0,123
Paludikultūra		0,007827		0,088
Relatīvais attālums līdz ideālajam risinājumam				
Aramzemes pārveide par zālāju		0,284633		0,28
Kontrolētā drenāža		0,378925		0,38
Tauriņzieži kultūraugu rotācijā		0,042217		0,04
Agromežsaimniecība		0,663506		0,66
Apmežošana		0,938190		0,94
Paludikultūra		0,681072		0,68

Avots: autores veidots