



Latvijas
Biozinātņu un
tehnoloģiju
universitāte

Zinātniskā pētījuma

**Latvijas lauksaimniecības
siltumnīcefekta gāzu
robežsamazinājuma izmaksu līkņu
(MACC) aktualizēšana
lauksaimniecības virzībai uz
dekarbonizāciju**

Projekta atskaite



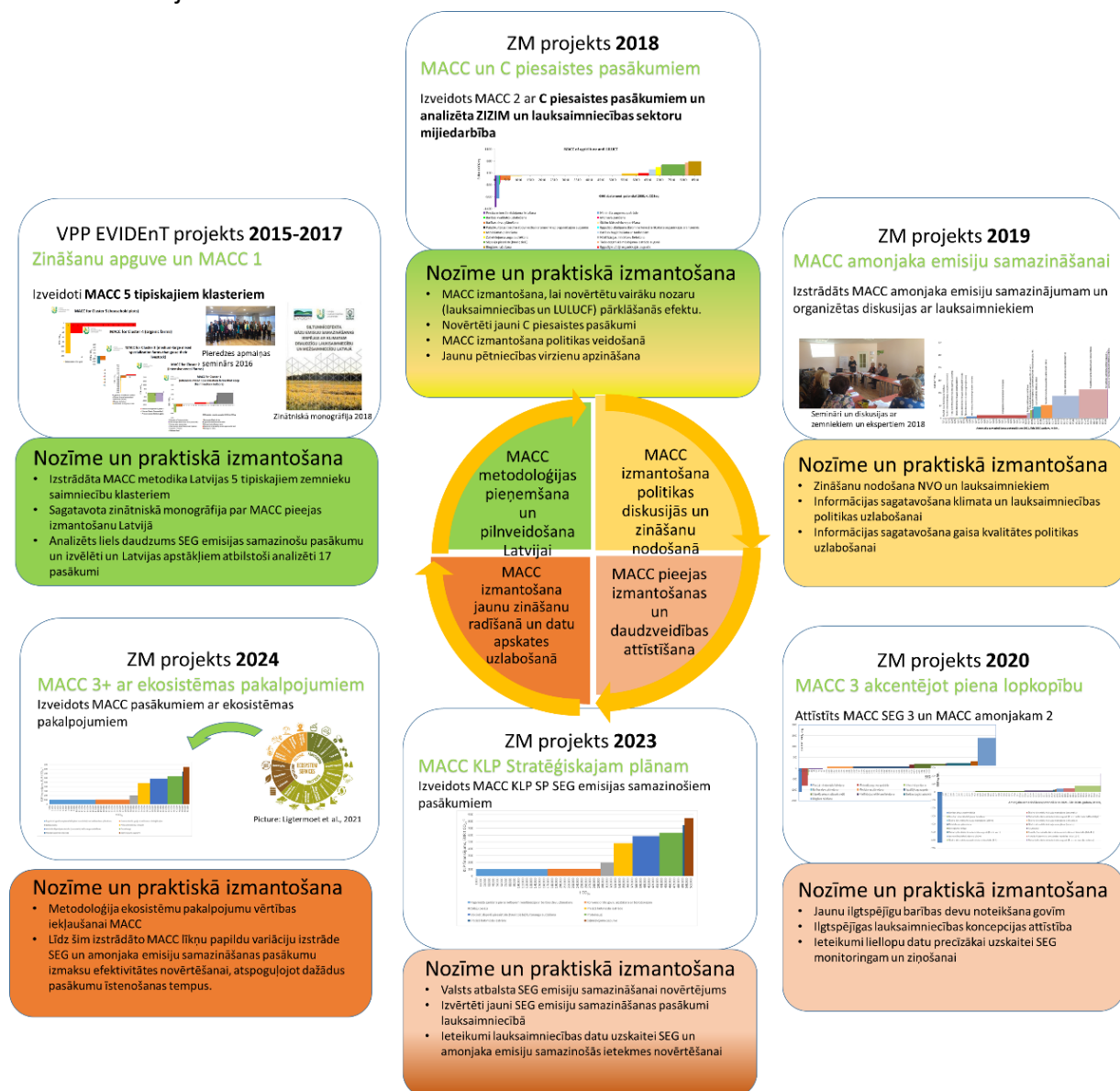
Projekta numurs: 25-00-S0INZ03-000034

Projekta vadītāja: profesore, *Dr.oec.* Dina Popluga

Novembris, 2025

Kopsavilkums

Latvijas lauksaimniecības ieguldījums klimata pārmaiņu mazināšanā un Eiropas Savienības izvirzīto klimata un vides mērķu sasniegšanā, ir atkarīgs no tā, cik sekmīgi un cik lielā apmērā praksē tiek ieviesti siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju samazinošie pasākumi, kā arī no tā, kā tiek novērtēta un monitorēta to ietekme. Jau kopš 2015. gada Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes pētnieku grupas – D.Popluga, K. Naglis-Liepa, A.Lēnerts – vadībā Latvijā tiek attīstīta un aprobēta pieeja lauksaimniecības ieguldījuma klimata pārmaiņu mazināšanā monitorēšanai, kvantificēšanai un novērtēšanai. Šī pieeja balstās uz lauksaimniecības siltumnīcefekta gāzu robežsamazinājuma izmaksu līkni (*Marginal Abatement Cost Curve* - MACC), kas kalpo kā ērts rīks dažādu SEG emisiju samazinošo pasākumu efektivitātes novērtēšanai un klimata politikas plānošanai. 1. attēlā ir apkopta līdzšinējā pieredze un galvenie virzieni MACC pieejas attīstīšanā, kas kalpo par pamatu, lai analizētu Latvijas lauksaimniecības potenciālu virzībai uz dekarbonizāciju.



1. attēls. Latvijas pieredze un galvenie virzieni MACC pieejas attīstīšanā

Avots: autoru veidots

2025. gada pētījums tiek fokusēts uz MACC metodikas attīstīšanu un ekosistēmu pakalpojumu vērtības iekļaušanu SEG, amonjaka emisiju samazināšanas un CO₂ piesaistes palielināšanas pasākumu izvērtēšanā. Kā arī uz četrus lauksaimniecības SEG emisiju mazināšanas scenāriju, kas izriet no būtiskākajiem šo procesu ietekmējošiem dokumentiem, izvērtējumu, atspoguļojot pasākumu ieviešanas dažādus tempus. Pētījuma mērķa grupa ir lauksaimniecības, vides un klimata politikas veidotāji un īstenotāji, lauksaimnieki.

Pētījuma mērķis ir izanalizēt pieejamās lauksaimniecības prakses klimata pārmaiņu mazināšanai, kas izmantojamas Latvijas lauku saimniecībās, un aktualizēt Latvijas lauksaimniecības siltumnīcefekta gāzu robežsamazinājuma izmaksu līkni (MACC).

Pētījuma mērķa sasniegšanu nodrošinās sekojošu uzdevumu izpilde:

1. Attīstīt MACC metodiku un iekļaut ekosistēmu pakalpojumu vērtību SEG un amonjaka emisijas samazināšanas un CO₂ piesaistes palielināšanas pasākumu izvērtēšanā

Šī darba uzdevuma ietvaros autori attīstīja pieeju ekosistēmu pakalpojumu vērtību monitizēšanai, lai tie varētu tikt tieši ietverti un izmantoti politisko/ekonomisko lēmumu pieņemšanas procesā. Pētījuma problemātikas izpētē tika secināts, ka Latvijā lauksaimniecības jomā ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanā pētījumu ir maz un nav iegūti konkrēti novērtējumu rezultāti. Zinātniskajā literatūrā nav pieejamas Latvijas apstākļos noteiktas dažādu ekosistēmu pakalpojumu vērtības vai vērtības, kas raksturotu dažādu apsaimniekošanas scenāriju (pasākumu) ietekmi uz ekosistēmu pakalpojumu vērtībām. Tāpēc šajā pētījumā tika izvērtēta iespēja iekļaut ekosistēmas pakalpojumus siltumnīcefekta gāzu un amonjaka emisiju samazināšanas pasākumu, kā arī oglekļa piesaistes palielināšanas pasākumu sociāli ekonomiskajā izvērtējumā, izmantojot robežsamazinājuma līkni (MACC) pieeju. Pasākumu ietekmes novērtēšanai, nosakot konkrētu ietekmēto ekosistēmu un tās sniegto ekosistēmas pakalpojuma vērtību, tika izmantota tirgus cenu metode, tirgus cenu metode jeb ekosistēmu pakalpojumu salīdzināšana un pielīdzināšana tirgū esošajām resursu cenām. Izstrādātā metodika tiks aprobēta ekosistēmu pakalpojumu vērtību iekļaušanai MACC analīzē, kas līdz šim pētījumos nav izmantota un ir uzskatāma par inovatīvu pieeju. Sociālā aspekta iekļaušana MACC analīzē paplašina analīzes tvērumu un teorētiski var paplašināt MACC pielietojamību lauksaimniecības, vides un klimata politikas vai tiesiskā regulējuma izstrādei, politikas analīzei un ietekmes novērtēšanai.

2. Izstrādāt papildu variācijas līdz šim izstrādāto MACC līkni SEG un amonjaka emisijas samazinošu pasākumu izmaksu efektivitātes novērtēšanai, atspoguļojot dažādus pasākumu ieviešanas tempus

Šī darba uzdevuma rezultātā sagatavots analītisks izvērtējums par Latvijas pieredzi virzībā uz dekarbonizāciju, jo Latvijā 10 gadu garumā ir iziets pilns cikls, t.i. no idejas par potenciālajiem SEG un amonjaka emisijas samazinošiem pasākumiem līdz to potenciāla novērtēšanai, pasākuma iekļaušanai politiskajos mērķos un Nacionālajā enerģētikas un klimata politikas plānā (NEKP). Šajā uzdevumā analizēti rezultāti un sekmes pasākumu praktiskā ieviešanā un izstrādāti četri scenāriji, lai identificētu Latvijas lauksaimniecības virzības trajektorijas ceļā uz dekarbonizāciju.

Kā vēl viens šī uzdevuma aspekts, kas tika izpētīts, bija ar Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības (CRCF) regulas (ES/2024/3012) ieviešanu saistīto jautājumu aktualizēšana un vajadzību identificēšana.

3. Sagatavot žurnāla (Q1-Q2) rakstu par MACC pieejas izmantošanu Latvijas lauksaimniecības virzībai uz dekarbonizāciju.

Šī uzdevuma ietvaros ir sagatavots zinātnisks raksts "Exploring the Road Towards Agricultural Carbon Neutrality: From Potential to Reality" un iesniegts žurnālā *Environments*. Zinātniskais raksts raksturo un detalizēti skaidro ar oglekļa neitralitātes izpēti saistītos aspektus, atklājot virzību no potenciāla apzināšanas līdz īstenošanai realitātē (1. pielikums).

2025. gadā ir notikusi aktīva pētījuma rezultātu izplatīšana:

- D.Popluga sniedza prezentācijas ziņojumu zinātniski praktiskā konferencē “Līdzsvarota lauksaimniecība 2025”, 2025. gada 20. februārī, Jelgavā, Latvijā (2. pielikums);
- D.Popluga sniedza postera ziņojumu Ziemeļvalstu un Baltijas valstu pārtikas sistēmu konferencē 2025. gada 26.-28. maijā, Helsinkos, Somijā (3. pielikums);
- K.Naglis-Liepa sniedza prezentācijas ziņojums 76. Eiropas Dzīvnieku zinātnes federācijas (EAAP) ikgadējā sanāksmē 2025. gada 25.-29. augustā, Insbrukā, Austrijā (4. pielikums);
- sadarbojoties ar SIA "Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs" Tukuma konsultāciju biroju, pētnieku grupas pārstāvis Arnis Lēnerts ir 2025. gada 9. septembrī vadījis apmācības lauksaimniekiem "Klimatam un videi draudzīga saimniekošana. Emisijas mazinošie pasākumi saimniecībās" (augkopība un lopkopība).

Pētījuma rezultāti ir praktiski izmantojami lauksaimniecības, vides un klimata politikas vai tiesiskā regulējuma izstrādei, politikas analīzei un ietekmes novērtēšanai, kā arī lauksaimnieku un sabiedrības izglītošanai par SEG un amonjaka emisiju samazināšanas pasākumiem.

Projekta izpildes laiks: 25.03.2025. – 05.12.2025.

Projekta izpildītāji: Dina Popluga, Kaspars Naglis-Liepa, Arnis Lēnerts, doktorants Ahmad Raza Khan, maģistrants Emīls Liepnieks.

Saturs

1.	MACC metodikas attīstīšana un ekosistēmu pakalpojumu vērtības iekļaušana SEG, amonjaka emisiju samazināšanas un CO ₂ piesaistes palielināšanas pasākumu izvērtēšanā.....	6
1.1.	Saikne starp ekosistēmu pakalpojumiem un klimata pārmaiņām.....	6
1.2.	Ekosistēmas pakalpojumu ekonomiskās vērtības novērtēšanas pieejas.....	7
1.3.	Ekosistēmu pakalpojumu vērtības Latvijas lauksaimniecības MACC iekļautajiem pasākumiem	17
1.3.1	Ekosistēmu vērtības noteikšanas metodika.....	17
1.3.2.	Ekosistēmu pakalpojumu tirgus cenu metodes aprēķins.....	24
2.	Latvijas sekmes SEG un amonjaka emisijas samazinošo pasākumu praktiskā ieviešanā	33
2.1.	SEG emisijas samazinošo pasākumu teorētiskais potenciāls	34
2.2.	Amonjaka emisijas samazinošo pasākumu teorētiskais potenciāls	36
2.3.	Latvijas Kopējās lauksaimniecības politikas stratēģiskajā plānā 2023.-2027. gadam iekļautie pasākumi.....	37
2.4.	Nacionālajā enerģētikas un klimata plānā 2021.- 2030. iekļautie pasākumi	37
2.5.	Gaisa piesārņojuma samazināšanas rīcības plāns 2020.-2030. gadam iekļautie pasākumi.....	38
2.6.	Progress pasākumu ieviešanā	39
2.7.	Lauksaimniecības SEG samazināšanas scenāriji.....	42
3.	Oglekļa neitralitātes un dekarbonizācijas koncepti politiskajā dienas kārtībā Latvijā un Eiropas Savienības līmenī.....	47
3.1.	Oglekļa neitralitātes un dekarbonizācijas definīcija	47
3.2.	Oglekļa neitralitātes un dekarbonizācijas politiskā dienas kārtība Eiropas Savienības līmenī	48
3.3.	Kopīgo Centienu Regulas saturs un izpilde ES un Latvijā.....	49
3.4.	Zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) regulas reforma	52
3.5.	Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības regula.....	54
3.6.	ES lauksaimniecības emisiju tirdzniecības sistēma (AgETS).....	57
3.7.	Obligātais klimata standarts (MCS).....	57
	Izmantotās literatūras saraksts	59
	PIELIKUMI	70

1. MACC metodikas attīstīšana un ekosistēmu pakalpojumu vērtības iekļaušana SEG, amonjaka emisiju samazināšanas un CO₂ piesaistes palielināšanas pasākumu izvērtēšanā

1.1. Saikne starp ekosistēmu pakalpojumiem un klimata pārmaiņām

Ekosistēmu pakalpojumu koncepts, kā saikne starp vidi un cilvēku labbūtību pētniecībā aktualizēts 20. gadsimta nogalē, kad tika apzināta nepieciešamība izprast un vēlāk arī monetāri novērtēt sabiedrības gūtos netiešos, bet neaizvietojamus labumus mijiedarbojoties ar dažāda veida ekosistēmām (Gómez-Baggethun et al., 2010a). Sākotnēji ekosistēmu pakalpojumi galvenokārt tika saistīti ar bioloģisko daudzveidību un vēlmi tai pievērst sabiedrības uzmanību (R. S. De Groot, 1987). Politiskajā dienas kārtībā ekosistēmu pakalpojumu jēdziens parādījās līdz ar Apvienoto Nāciju Organizācijas (ANO) 2000. gadā ierosināto apsekojumu “Tūkstošgades ekosistēmu novērtējums” (Millennium Ecosystem Assessment, MA) un 2005. gadā sagatavoto sintēzes ziņojumu “Ekosistēmas un cilvēces labbūtība” (*Ecosystems and Human Well-Being*) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), kas piedāvā joprojām plaši izmantotu ekosistēmu klasifikācijas pieeju, tos iedalot:

- 1) **apgādes pakalpojumos** (materiāli un resursi, kam ekosistēmas nodrošina tiešu pieeju, piemēram, pārtika, ūdens, koksne un šķiedras, dažādi ārstnieciskie un citi bioķīmiski savienojumi);
- 2) **regulācijas pakalpojumos** (pakalpojumi, kas palīdz uzturēt ekosistēmu veselību un stabilitāti, atbalstot cilvēces dzīves kvalitāti, piemēram, klimata regulēšana, ūdens attīrīšana, plūdu un erozijas regulēšana, kaitēkļu un slimību regulēšana);
- 3) **kultūras pakalpojumos** (nemateriāli pakalpojumi, kas saistīti ar cilvēku emocionālo un garīgo labklājību, piemēram, rekreācija un tūrisms, estētiskā vērtība, garīgā un kultūras nozīme, izglītība un zinātniskie pētījumi);
- 4) **atbalsta pakalpojumos** (kas faktiski ir ekosistēmas pamata procesi visu pārējo pakalpojumu sniegšanas nodrošināšanai – augsnes veidošanās, bioloģiskā daudzveidība, fotosintēze).

Šī ekosistēmu pakalpojumu sistemātiski aprakstošā un grupējošā klasifikācija izmantota arī turpmāk veidotās starptautiskās klasifikācijas sistēmās:

- 1) 2007. gadā pēc ANO iniciatīvas izveidotajā globālajā ekosistēmu pakalpojumu un bioloģiskās daudzveidības novērtējumu sistēmā “Ekosistēmas un bioloģiskās daudzveidības ekonomika” (The Economics of Ecosystem and Biodiversity) (TEEB);
- 2) Eiropas Vides Aģentūras 2009. - 2011. gadā izveidotajā “Kopīgajā starptautiskajā ekosistēmu pakalpojumu klasifikācijas sistēmā” (Common International Classification of Ecosystem Services, CICES). 2018. gadā publicēta CICES 5.1. versija, kas tiek plaši izmantota zinātniskajos pētījumos un politikas izstrādē (Haines-Young & Potschin, 2018);
- 3) IPBES (Starpvaldību platforma bioloģiskās daudzveidības un ekosistēmu pakalpojumu jautājumos) darbā. IPBES ir 2012. gadā izveidota neatkarīga starpvaldību organizācija (sadarbojas ar Apvienoto Nāciju organizācijas Vides programmu (UNEP)), kuras mērķis ir stiprināt zinātnes un politikas mijiedarbību bioloģiskās daudzveidības un ekosistēmu pakalpojumu jomā.

Starptautisko klasifikācijas sistēmu izveide raksturo ekosistēmu pakalpojumu nozīmīgumu gan zinātnē, gan politikas plānošanā – ir nepieciešama vienota pieeja, lai būtu iespējams šo nozīmīgo komponenti integrēt visa veida novērtējamos un priekšlikumu sagatavošanā. Turklāt ekosistēmu pakalpojumu koncepts laika gaitā nezaudē aktualitāti – datu bāzes tiek regulāri atjauninātas, kopš 2012. gada regulāri tiek izdots augsta citējamības indeksa (CiteScore 14.9) Elsevier izdevniecības

zinātnisks žurnāls “Ecosystem Services”, notiek regulāras starptautiskas zinātniskās konferences – veltītas tieši ekosistēmas pakalpojumu izpētei. Ekosistēmu pakalpojumu novērtēšana ir joprojām aktuāls un pieprasīts apakštemats/komponente dažādu jomu zinātniskās pētniecības programmu uzsaukumos – ES LIFE un Horizon programmas. Ekosistēmu pakalpojumu izpēte aktuāla jebkuras jomas pētniecībā, ja ir runa par kādu no biomiem un tā apakštipiem saistībā ar cilvēka un vides mijiedarbību. Lauksaimniecībai raksturīgo ekosistēmu pakalpojumu izpēte ir viena no īpaši aktuālajām jomām, tostarp saistībā ar klimata pārmaiņu mazināšanas jautājumiem.

Klimata pārmaiņas un zemes izmantošanas maiņa tiek uzskatīti par galvenajiem ekosistēmu pakalpojumu ietekmējošajiem procesiem, turklāt ietekme ir lielākoties negatīva, respektīvi, ekosistēmu pakalpojumu pieejamība samazinās (Carpenter et al., 2009). Tiek prognozēts, ka klimata pārmaiņu ietekme līdz 2050. gadam būs spēcīgāka nekā zemes lietošanas maiņas ietekme (Shukla et al., 2019) un ietvers gan biofizikālos, gan ekonomiskos faktorus (Pörtner et al., 2021). Pētījumi liecina, ka nepieciešami politiski virzīti pasākumi, kas palīdzētu mazināt klimata pārmaiņu negatīvo ietekmi (lai gan īstermiņā klimata pasiltināšanas ietekme var būt pozitīva) uz ekosistēmu pakalpojumu pieejamību nākotnē. Zinātniskajā literatūrā biežāk definētie, ar lauksaimniecisko darbību saistītie ekosistēmu pakalpojumi/to indikatori, kurus varētu pozitīvi ietekmēt klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu ieviešana sektorā, ir: dzīvotnes kvalitāte (*Habitat Quality*), ūdens piesaistes spēja (*Water Retention*), oglekļa uzkrāšanās augsnes virskārtā (*Topsoil Organic Matter Concentration*), oglekļa piesaiste ekosistēmā (*Carbon Removals*), slāpekļa izskalošanās mazināšana, augsnes erozijas noturība (*Soil Erosion Control*) (Lungarska & Chakir, 2024).

1.2. Ekosistēmas pakalpojumu ekonomiskās vērtības novērtēšanas pieejas

Ekosistēmu pakalpojumu ekonomiskās novērtēšanas centieni aizsākti līdz ar to definēšanu un klasifikāciju (Costanza et al., 1997) un turpināti neskaitāmos pētījumos visā pasaulē. Pētnieki atzīst, ka sākotnējais uzsvars – vērst sabiedrības uzmanību uz ekosistēmu “pievienoto vērtību” to pakalpojumu veidā, piemēram, bioloģisko daudzveidību – transformējies vēlmē iekļaut ekosistēmu pakalpojumus tirgū kā potenciālu tirgus preci (Peterson et al., 2010). Ekosistēmu pakalpojumi, tiem nepiešķirot noteiktu ekonomisko vērtību, tiek uzskatīti par pozitīviem blakus labumiem/ sistēmas ārējiem efektiem (*positive externalities*), tomēr, to vērtību monetizējot, tie varētu tikt tieši ietverti un izmantoti politisko/ekonomisko lēmumu pieņemšanas procesā (Gómez-Baggethun et al., 2010b). Tiek izdalītas divu veidu ekonomiskās vērtības (izmantojamās (*use*) un neizmantojamās (*non-use*), kas summējoties veido kopējo ekonomisko vērtību (*Total Economic Value*) (National Research Council (U.S.), 2005). Šo vērtību izteikšanai naudas vienībās, izveidotas dažādas monetārās novērtēšanas metodes, kas ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas gadījumā pamatā iedalāmas tirgus vērtībai pielīdzināmas vērtības meklēšanā un vērtības piešķiršanā novērotajai sabiedrības uzvedībai/izvēlēm – šīm abām pieejām tālāk iedaloties metodoloģiskās apakškategorijās. Ekosistēmu pakalpojumu vērtība var tikt definēta kā kvantitatīvi (skaitļos) izteikts neto ieguvums, ko gūst sabiedrība no attiecīgā pakalpojuma lietošanas, neatkarīgi no tā, vai tiek veikts tirgus darījums, vai nē (L. M. Brander et al., 2024). Vērtības monetizēšana jeb dabas vides sniegto pakalpojumu vērtības izteikšana naudas vienībās ļauj kvantitatīvi novērtēt ekosistēmu pakalpojumus, tos savstarpēji salīdzināmi analizēt, kā arī salīdzināt tos ar citiem izmaksu un ieguvumu elementiem politikas lēmumu pieņemšanā (Vatn, 2010). Tādējādi, monetāri noteikta ekosistēmu pakalpojumu vērtība ļauj pilnīgāk izprast un parādīt dabas vides ekonomisko nozīmi salīdzinājumā ar citām alternatīvām. Ekosistēmu pakalpojumu monetizāciju apgrūtina tas, ka daudzi no ekosistēmu sniegtajiem pakalpojumiem ir brīvi pieejami un netiek tirgoti, piemēram klimata pārmaiņu regulācija un bioloģiskās daudzveidības nodrošināšana, līdz ar to vērtība nav nosakāma, izmantojot tirgus informāciju (Kumar, 2012). Vienlaikus, daudzi no šiem pakalpojumiem ir tikuši ietverti tirgū netieši, respektīvi, tie ir tikuši tirgoti, tos tieši nenosaucot vārdā, piemēram, kā daļa no ES Kopējās lauksaimniecības politikas “uz cenām balstītām” (*price-based*) iniciatīvām – atbalsts par dažāda veida klimata un vides pasākumiem, arī oglekļa kredīti. Ekosistēmu

pakalpojumu ekonomiska novērtēšana un ietveršana tirgū ir arī tieši saistāma ar oglekļa tirgus izveidi un globālu attīstību kopš šī gadsimta sākuma, Eiropas Savienībā (turpmāk tekstā – ES) izveidojot tās emisiju tirdzniecības sistēmu 2005. gadā.

Dažādās tirgus shēmās visbiežāk ietvertie ekosistēmu pakalpojumi ir: 1) oglekļa uzkrāšana biomasā un augsnē (*carbon sequestration in biomass or soils*); 2) dzīvotņu un apdraudēto sugu pastāvēšanas nodrošināšana (*provision of habitat for endangered species*); 3) ainavu saglabāšana (*protection of landscapes*); 4) hidroloģisko funkciju nodrošināšana (kvalitāte, kvantitāte) (*various hydrological functions related to the quality and quantity*) (Gómez-Baggethun et al., 2010b).

Literatūrā aprakstītas dažādas ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanas metodoloģiskās pieejas – biežāk sastopamās, kas dod iespēju ar dažādiem paņēmieniem iegūt ekosistēmu pakalpojumu monetāro vērtību, ir šādas (L. Brander, 2023):

- **tirgus cenas metode** (*Market Prices Method*) – šo metodi izmanto, ja ekosistēmu pakalpojumi ir tieši pieejami tirgū, piemēram, pārtikas produkti vai kokmateriāli. Tā sniedz tiešu vērtību, balstoties uz tirgus cenām. Metodes ierobežojums - ne visi ekosistēmu pakalpojumi tiek tirgoti tirgū;
- **aizvietošanas izmaksu metode** (*Replacement Cost Method*) – šī metode novērtē, cik izmaksātu cilvēka veidotu pakalpojumu izveide, kas aizvietotu dabisko ekosistēmu sniegto pakalpojumu. Metodes ierobežojums - cilvēka veidotās alternatīvas ne vienmēr spēj pilnībā aizvietot visus ekosistēmas sniegtos labumus;
- **ceļošanas izmaksu metode** (*Travel Cost Method*) – tiek izmantota, lai novērtētu rekreācijas pakalpojumu vērtību, ņemot vērā izdevumus, kas cilvēkiem rodas apmeklējot noteiktas dabas teritorijas, piemēram, meža vai purva takas. Metode piemērota rekreācijas vērtību noteikšanai, taču tās piemērošana var būt sarežģīta situācijās, kurās ir vairāki ceļojuma mērķi;
- **kontingenta vērtēšanas metode** (*Contingent Valuation Method*) – šajā gadījumā tiek veikta aptauja, kurā cilvēkiem uzdod jautājumu, cik daudz viņi būtu gatavi maksāt par konkrēta ekosistēmas pakalpojuma saglabāšanu vai uzlabošanu. Metode ir elastīga izmantošanā (var novērtēt gan materiālus, gan nemateriālus pakalpojumus), taču var būt dārga un sarežģīta (aptauju rezultātu analīze) īstenošanā;
- **izvēles modelēšanas metode** (*Choice Modelling Method*) – līdzīgi kontingenta vērtēšanai, arī šī metode izmanto aptaujas, lai noteiktu cilvēku izvēli starp dažādiem ekosistēmas pakalpojumiem un citiem labumiem, tādējādi izsecinot viņu vēlmes un gatavību maksāt. Rezultātā pētījums atklāj, cik daudz cilvēki būtu gatavi maksāt par noteiktu pakalpojumu uzlabojumu. Šī metode ir īpaši piemērota, lai novērtētu pakalpojumus, kuriem ir vairākas dimensijas, piemēram, estētiskie vai rekreācijas pakalpojumi, taču arī tās īstenošana var būt dārga un tehniski sarežģīta;
- **sociālo izmaksu metode** (*Social Cost Method*) – šī metode aprēķina izmaksas, kas ekosistēmu degradācijas vai dabas pakalpojumu zaudēšanas rezultātā, piemēram, runājot par SEG emisiju radīto kaitējumu klimata pārmaiņu kontekstā (1 tonnas oglekļa dioksīda cena). Metode ļauj novērtēt ekonomiskās sekas, kas rodas no ekosistēmu pakalpojumu zaudējumiem, piemēram, dabas aizsardzības pasākumu trūkuma.

Pastāvot ļoti dažādām ekosistēmu pakalpojumu vērtības konceptualizācijas metodēm, daudziem un dažādiem pētījumu rezultātiem un “datu plūdiem”, kā viena no pieejām ekosistēmu pakalpojumu vērtības noteikšanai tiek ieteikta globāli standartizētu vērtību datu bāžu izmantošana (L. M. Brander et al., 2024), piemēram, 2007. gadā ANO Vides padomes vadībā izveidotā 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).

ESVD (<https://www.esvd.info/>) piedāvā sistematizētu, naudas vienībās izteiktu ekosistēmu pakalpojumu ekonomisko vērtību kolekciju – ar mērķi padarīt ekonomiskā novērtējuma vērtības publiski pieejamas un viegli izmantojamas informētu lēmumu pieņemšanā un politikas plānošanā. ESVD uztur un attīsta starptautiskas organizācijas – Ilgtspējīgas attīstības fonds (*Foundation for Sustainable Development*, <https://www.fsd.nl/>) un Brander Vides ekonomikas organizācija (*Brander Environmental Economics*, <https://lukebrander.com/>) – ar Apvienotās Karalistes Vides, pārtikas un lauksaimniecības departamenta (Defra), Nīderlandes Lauksaimniecības, dabas un pārtikas kvalitātes ministrijas (LNV), Eiropas Komisijas Kopīgā pētniecības centra (JRC), Vācijas Federālās vides aģentūras (UBA), ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācijas (FAO) un Zemes degradācijas ekonomikas (ELD) iniciatīvas atbalstu. Kopš 2019. gada ESVD datu bāze ir pārveidota jaunā struktūrā un būtiski paplašināta. 2024. gadā tā satur vairāk kā 1300 pētījumu datus, nodrošinot vairāk nekā 9400 monetāru novērtējumu vienību visiem ekosistēmu pakalpojumiem, ko sniedz sauszemes un jūras biomi (L. M. Brander et al., 2024).

Pārskata pētījumā (L. M. Brander et al., 2024) analizēta ekosistēmas pakalpojumu ekonomiskās novērtēšanas metožu attīstība no 2012. gada līdz 2024. gadam un secināts, ka starp individuālos pētījumos izmantotajām ekosistēmas pakalpojumu novērtēšanas metodēm visplašāk izmantotā ir tirgus cenas jeb vērtību metode, īpaši, lai novērtētu tādus apgādes pakalpojumus kā pārtikas un izejvielu nodrošinājums, kā arī arvien biežāk – klimata regulācijas pakalpojumu, to vērtējot tirgus cenās pēc oglekļa kredītu pieejas principa. Secināts arī, ka arvien retāk tiek izmantota kontingenta vērtēšanas metode, visticamāk saistībā ar tās dārdzību un datu pieejamības ierobežotību. Savukārt plašāk ir sākts izmantot izvēles modelēšanas (*choice modelling*) metodi (īpaši tās paveidu – *discrete choice experiments* (DCE). DCE nodrošina iespēju novērtēt alternatīvu politikas veidu vai apsaimniekošanas scenāriju (pasākumu) ietekmi jeb izmaiņas (robežvērtību izmaiņas (*marginal values*)), ko tie atstāj uz ekosistēmas pakalpojumu kvalitāti vai kvantitāti specifiskā kontekstā. Metodes būtība – respondenti tiek konfrontēti ar dažādām izvēles situācijām ar mērķi panākt, ka tie izdara izvēli starp alternatīvām, izmantojot “vēlmi maksāt” (*willingness to pay*) atribūtu. Kā metodes trūkums tiek atzīmēts tas, ka tā nedod iespēju novērtēt kopējo ekosistēmas pakalpojumu plūsmas vērtību, tādējādi apgrūtinot standartizētu vērtību iegūšanu vai iegūto ekosistēmas pakalpojumu vērtību savstarpēju salīdzināmību (jo ir šis specifiskais konteksts).

Latvijā pētnieciskais darbs pie dažādu ekosistēmu pakalpojumu izpētes galvenokārt ticis virzīts šo pakalpojumu noteikšanas un kartēšanas virzienā (Armoškaitē et al., 2020, 2020; Feldmanis et al., 2021; Grazule et al., 2021; Holms et al., 2018, 2019; Konstantinova, Brūniņa, et al., 2017; Konstantinova, Brunina, et al., 2017; Lībiete et al., 2024; Liepa et al., 2023; Melece & Shena, 2018a; Pakalniēte et al., 2017; Paulina et al., 2019; Veidemane et al., 2017; Villoslada et al., 2018; Vinogradovs et al., 2023). Šajos pētījumos izmantota gan CICES, gan TEEB klasifikācija. Tomēr Latvijā vai par Latviju veikti arī atsevišķi ekosistēmas pakalpojumu ekonomiskās novērtēšanas pētījumi dažādām ekosistēmām. Baltijas jūras videi veikta kultūras ekosistēmu pakalpojuma vērtēšana, izmantojot sabiedrības aptauju, bet rezultāti nav izteikti monetārās vienībās (Ahtiainen et al., 2019), veikta arī jūras vides rekreācijas pakalpojuma novērtēšana Baltijas jūras valstīs, izmantojot ceļošanas izmaksu metodi (*Travel Cost Method*) (Czajkowski et al., 2015). Citā pētījumā par Baltijas jūras ekosistēmu pakalpojumu ekonomisko novērtēšanu apkopoti esošu pētījumu rezultāti, bet secināts, ka dati par Baltijas valstīm ir nepietiekami (Sagebiel et al., 2016). Piejūras teritorijām izstrādāts ekosistēmu pakalpojumu ekonomiskās novērtēšanas modelis (Arhipova et al., 2019). Mitrāju gadījumā veikta ekosistēmu pakalpojumu novērtēšana, izmantojot tirgus cenu metodi, aizvietoto labumu un novērsto izmaksu metodes (Konstantinova et al., 2019). Meža ekosistēmas pakalpojumi

vērtēti vairākos pētījumos (Beinarovica & Straupe, 2023; Saklaurs, 2015; Bārdule et al., 2020). Lauksaimniecības jomā ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanā Latvijā pētījumu ir maz un nav iegūti konkrēti novērtējumu rezultāti (Melece & Shena, 2018b). Diemžēl zinātniskajā literatūrā nav pieejamas Latvijas apstākļos noteiktas dažādu ekosistēmu pakalpojumu vērtības vai vērtības, kas raksturotu dažādu apsaimniekošanas scenāriju (pasākumu) ietekmi uz ekosistēmu pakalpojumu vērtībām.

Pasaulē veikto novērtējumu (izvēloties tos, kuri varētu būt atbilstošākie šī pētījuma mērķim) īss apkopojums dots 1. tabulā, bet tie uzskatāmi par piemēriem. Literatūrā ir pieejami dati par daudziem un dažādiem ekosistēmu pakalpojumu vērtības aprēķinu veidiem. Tie bieži ir ļoti specifiski un grūti savstarpēji salīdzināmi/tālāk izmantojami.

Lauksaimniecības ekosistēmas ir aktīvi apsaimniekotas sistēmas, kuru galvenais uzdevums (cilvēka noteiktais un virzītais) ir nodrošināt apgādes (*provision*) pakalpojumus – pārtiku, šķiedras, energoresursus, tomēr vienlaikus šīs ekosistēmas ir atkarīgas no tādiem atbalsta pakalpojumiem, kā augsnes auglība un apputeksnēšanās. Lauksaimniecības gadījumā runā arī par ne-pakalpojumiem (*dis-services*), kas samazina ražību vai palielina ražošanas izmaksas (konkurējošu augu sugu savairošanās, barības vielu noplūdes) (W. Zhang et al., 2007). Ekosistēmu pakalpojumus rada konkrētas ekosistēmas. Lauksaimniecības gadījumā tās var būt – intensīvi vai ekstensīvi apsaimniekota aramzeme vai zālājs, dažāda veida agromežsaimniecības sistēmas. Noteikta pasākuma (piemēram, klimata pārmaiņu mazināšanas) ieviešana var palielināt vai samazināt lauksaimniecības ekosistēmas sniegto pakalpojumu vērtību. Vērtība (negatīva) var tikt noteikta arī lauksaimniecības ekosistēmu ne-pakalpojumiem (*dis-services*), piemēram, SEG un cita veida emisiju radīšana, pesticīdu izmantošanas ietekme, smago metālu uzkrāšanas ietekme, resursu noplicināšana. Ne-pakalpojumu ietekmes novērtēšanai visbiežāk izmanto dzīves cikla analīzi (LCA), bet ekonomiskās vērtības noteikšanai *Environmental Priority Strategies* modeļus, balstoties uz *willingness to pay* (WTP) datiem (Hoogmartens et al., 2014; Steen, 1999). Ja aprēķināta ne-pakalpojumu vērtība, tad neto ekosistēmas pakalpojuma vērtība tiek aprēķināta kā starpība starp pakalpojuma vērtību un ne-pakalpojuma ietekmi (Zhen et al., 2022).

Ekosistēmas un bioloģiskās daudzveidības ekonomika (The Economics of Ecosystem and Biodiversity) (TEEB) (turpmāk tekstā - TEEB ESVD) šobrīd (2024. gadā) varētu tikt uzskatīta par visplašāko un harmonizētāko ekosistēmu pakalpojumu monetāro vērtību datu bāzi, kas tiek ieteikta izmantošanai gan zinātnē, gan politikas plānošanā (L. M. Brander et al., 2024). Datu bāzes atjauninājums 2024. gadā satur atsauces uz 3715 pētījumiem un izrietoši - vairāk kā 9400 monetārām vērtībām visiem ekosistēmas pakalpojumiem (kopskaitā 23), kurus nodrošina sauszemes un jūras biomi (kopskaitā 15). TEEB ESVD, balstoties uz TEEB (Kumar, 2010), CICES V5.1 (Haines-Young & Potschin-Young, 2018) un SEEA (Farrell et al., 2021) starptautiskajām ekosistēmas pakalpojumu klasifikācijas sistēmām, un attiecībā uz ekosistēmu klasifikāciju, izmantojot IUCN Global Ecosystem Typology 2.0 (Keith, David A. et al., 2020) un FAO Global Ecological Zoning framework - saistībā ar lauksaimniecību izdala biomu "Intensīva zemes apsaimniekošana (*Intensive Land Uses*)" un vairākas apakšgrupas - *Annual cropland, Sown pastures and fields, Perennial agroforestry, Perennial monoculture, Semi natural pastures and old fields, Rice fields*. Katrai no apakšgrupām ir iespējams izvēlēties vienu vai vairākus no daudzajiem (kopskaitā 23) ekosistēmas pakalpojumu veidiem.

Ekosistēmas pakalpojumu vērtība dažādos pētījumos izteikta dažādās valūtās, to ir nepieciešams standartizēt - TEEB ESVD standartizācija šobrīd (2024. gadā) veikta, izmantojot *International dollar* (Int\$) 2020. gada cenu līmeni. Int\$ reprezentē ASV dolāra pirkatspējas paritāti (izmantoti Pasaules bankas – World Development Indicators). Standartizētā laukuma mērvienība TEEB ESVD ir hektārs, standartizētā laika vienība – gads, tagadnes vērtības – diskontētas. Datu daudzums dažādiem reģioniem ekosistēmas pakalpojumu un izmantotajām vērtēšanas metodēm atšķiras, bet Eiropa ir viens no labāk aprakstītajiem reģioniem (32% vērtību), intensīvas zemes izmantošanas bioms – otrs

labāk pārstāvētais (16% vērtību). Visvairāk datu pieejams par šādiem ekosistēmas pakalpojumiem – rekreācija un tūrisms (19% vērtību), pārtikas ražošana (17% vērtību), izejmateriālu nodrošināšana (11% vērtību), eksistences vērtība (10%), klimata regulācija (6%), gaisa kvalitāte (6%) un ekstrēmu dabas parādību mazināšana (4%) – retāk pieejamas vērtības dzīves ciklu uzturēšanas pakalpojumam, bioloģiskajai kontrolei, ģenētisko resursu saglabāšanai, dekoratīvajai funkcijai un garīgajai pieredzei. Biežāk izmantotās ekosistēmas pakalpojumu ekonomiskās vērtēšanas metodes ir – tirgus cenas metode (28% gadījumu), kontingenta vērtēšanas metode (17%), izvēles modelēšanas metode (*choice modelling*) (16%), sociālo izmaksu metode (*damage cost avoided*) (8%), ceļošanas izmaksu metode (6%), ražošanas funkcijas novērtēšanas metode (*production function*) (6%), tīrā ienākuma metode (*net factor income*) (5%) un aizvietošanas izmaksu metode (5%).

TEEB ESVD ir iespējams izmantot arī vērtību pārveides rīku (*Value Transfer Tool*), kas pieejams tikai 2 biomiem, starp kuriem ir lauksaimniecība (otrs – *Tropical Forest*). Rīku var izmatot, lai novērtētu ekosistēmu pakalpojumu vērtības, kas atspoguļo lietotāja ievadītās lokalizācijas īpašības, bet var izmantot arī noklusētos raksturlielumus (no vērtības aprēķinā izmantoto pētījumu datiem). Iespējams šī rīka izmantošana varētu būt veids, kā iegūt Latvijas lauksaimniecības MACC iekļauto pasākumu ekosistēmas pakalpojumu vērtības. Tomēr, lai to izdarītu, ir jāveic virkne pieņēmumu un jārēķinās ar iespējamām neprecizitātēm, kuru apmērs nav tieši nosakāms.

TEEB ESVD Value Transfer Tool (pieejams - <https://www.esvd.net/>) pielietošanas gadījumā, izvēloties noklusētās vietu raksturojošās vērtības (bet var ievadīt vietēji piemērotākas), iegūstamas konkrētas ekosistēmas pakalpojumu vērtības – starptautiskajos dolāros uz hektāru gadā. Vērtības pieejamas virknei dažādu ekosistēmas pakalpojumu, katrai no bioma apakšgrupām – *Aesthetic Services, Biological control, Climate regulation, Erosion Control, Existence/bequest services, Food provisioning, Information for cognitive development, Inspiration for culture/art/design, Maintenance of life cycles, Maintenance of fertility, Moderation of extreme events, Opportunities for recreation and tourism, Pollination services, Raw materials, Regulation of water flows, Water provisioning*. Vienlaicīga vairāku ekosistēmas pakalpojumu izvēle vienam apakšbiomam nav iespējama, bet iespējams vērtības var manuāli summēt (protams, ja loģika nesaka, ka tās ir viena otru savstarpēji izslēdzošas). 1. tabulā apkopots piemērs par iegūstamajām vērtībām ekosistēmas pakalpojumiem biomā – lauksaimniecība (*Agriculture*).

1. tabula

TEEB ESVD iegūstamo EP vērtību piemērs biomam: *Agriculture*

Bioma apakšgrupas jeb <i>Agriculture Ecozones</i>	Ekosistēmu pakalpojumu piemēri			
	<i>Climate regulation</i> <i>Int\$ ha⁻¹yr⁻¹</i>	<i>Food provisioning</i> <i>Int\$ ha⁻¹yr⁻¹</i>	<i>Maintenance of soil fertility</i> <i>Int\$ ha⁻¹yr⁻¹</i>	<i>Erosion regulation</i> <i>Int\$ ha⁻¹yr⁻¹</i>
Irrigated Cropland	426	531	6714	5260
Extensive Cropland	242	301	3808	2983
Intensive Cropland	239	298	3770	2954
Hedgerows	97	121	1534	1202
Plantations	944	1176	14867	11648
Vinyards	335	417	5276	4133
Orchards	79	98	1247	977
Sown Pastures	124	154	1958	1534
Rice paddies	13	17	216	169
Perennial Agro-Forestry	65	81	1031	808

Avots: autoru veidots pēc TEEB ESVD Value Transfer Tool

Šo vērtību izmantošanas gadījumā starptautisko dolāru vērtības būtu jāpārveido EUR vērtībās. Tam varētu izmantot Pasaules bankas pirktspējas paritātes pārveides rīkus.

Ņemot vērā dažādās valstīs un pētījumos izmantotās ļoti dažādās pieejas ekosistēmu pakalpojumu novērtēšanai un datu salīdzināmības problemātiku, kā arī to, ka pētījumi parasti nepiedāvā ērti pārņemamas vērtības, iespējams ka šī pētījuma kontekstā (tostarp ņemot vērā laika un finansējuma ierobežojumus) Latvijas lauksaimniecības MACC iekļauto pasākumu ietekmes novērtēšanai varētu tikt izmantotas TEEB ESVD ekosistēmas pakalpojumu vērtības – nosakot konkrētu ietekmēto ekosistēmu un tās sniegto ekosistēmas pakalpojuma vērtību. Tomēr jāatzīst, ka šādi nebūtu iespējams novērtēt konkrētu pasākumu niansētu ietekmi un daudzu pasākumu gadījumā izmantojamā ekosistēmas pakalpojuma vērtība sakristu (jo vērtējums attiecas uz pašu ekosistēmu, piemēram, zālāju vai aramzemi). TEEB ESVD izstrādātāji brīdina, ka tieša vērtību izmantošana no datu bāzes ir iespējama, bet nav optimālākais veids - var radīt pārvērtēšanu vai nepietiekamu novērtēšanu, jo netiek ņemti vērā konkrētie apstākļi. Pareizāk būtu izmantot no datu bāzes tieši iegūstamās ekosistēmas pakalpojumu vērtības, tām piemērojot vērtības funkcijas, kas iegūtas primāro apstākļu novērtēšanas meta-analīzē (*application of value functions derived through meta-analyses of primary valuations, which enable the estimation of site-specific values*).

Pētījumu ES un pasaulē ir ļoti daudz, katrā no tiem lietota sava metodika, rezultāti bieži nav salīdzināmi vai nav tieši salīdzināmi (piemēri doti 2. tabulā). Ja netiek veikts atsevišķs pētījums par Latvijas lauksaimniecības ekosistēmu pakalpojumu novērtējumu, tad iespējams tomēr vislabāk būtu izmantot TEEB ESVD Value Transfer Tool lauksaimniecības ekosistēmai, lai iegūtu aptuvenas ar konkrēto pasākumu un ekosistēmu saistāmās ekosistēmu pakalpojumu vērtības (2.tabula).

Lauksaimniecības ekosistēmu pakalpojumu vērtību aprēķinu piemēri

Ekosistēma (valsts)	Ekosistēmu pakalpojumu veids	Aprēķina metode	Iegūtā vērtība	Literatūras avots																																									
Ganību zālājs (Ķīna)	Ražojošā funkcija (product supply), regulatīvās funkcijas (regulatory services), estētiskā vērtība (ornamental values) Ražojošā funkcija – lopbarība un lopkopība, kā arī tūrisms.	the ecosystem service value of grassland in Qinghai Province. Its calculation formula is as follows: $GESV = \sum_1^n L \times \sum_f^m VC \tag{3}$ where “GESV” is the ecosystem service value; “L” is the area of grassland type of land use (hm²); “n” is the total amount of land use type; “$\sum_f^m VC$” is the ecological service value coefficient of grassland type of land use (hm²); “f” is the coefficient of the fth service function value of grassland type of land use (hm²); and “m” is the total amount of ecosystem service types for a given land use. Cited in this paper are the updated global ecosystem service value coefficients by Costanza et al. (Table 2) [42]. Table 2. Coefficients of ecosystem service values for grasslands [42]. <table><tr><th>Type</th><th>Ecosystems Services</th><th>Grass (\$/hm²)</th></tr><tr><td rowspan="7">Regulating</td><td>Air regulation</td><td>2.00</td></tr><tr><td>Climate regulation</td><td>899.82</td></tr><tr><td>Disturbance regulation</td><td>2.00</td></tr><tr><td>Water regulation</td><td>2.00</td></tr><tr><td>Erosion control</td><td>235.43</td></tr><tr><td>Waste disposal</td><td>869.44</td></tr><tr><td>Pollination</td><td>49.61</td></tr><tr><td rowspan="5">Supporting</td><td>Biological control</td><td>73.54</td></tr><tr><td>Habitat</td><td>1105.21</td></tr><tr><td>Soil formation</td><td>1.45</td></tr><tr><td>Nutrient cycling</td><td>0.00</td></tr><tr><td>Water supply</td><td>54.58</td></tr><tr><td rowspan="3">Provisioning</td><td>Food sources</td><td>1085.09</td></tr><tr><td>Raw materials</td><td>49.18</td></tr><tr><td>Genetic resources</td><td>1105.21</td></tr><tr><td rowspan="2">Cultural</td><td>Recreation</td><td>23.67</td></tr><tr><td>Culture</td><td>152.03</td></tr></table> Principā ekosistēmas pakalpojuma (EP) vērtība tiek iegūta reizinot ekosistēmas platību ar pakalpojuma vērtības konstanti – iegūtu no iepriekšējiem pētījumiem (Costanza et al., 2014) – raksta pielikumā esošs Excel fails, kas apkopo ESVD vērtības (\$2007 ha-1 yr-1) uz 2011. gadu. Vērtības nav ņemtas tieši no minētās tabulas, bet gan veikti pārrēķini (rakstā nav skaidroti). Salīdzinoši vecu EP vērtību (2014) izmantošanu 2024. gada rakstā tā autori īsti nepamato, bet uzsver, ka datu trūkuma dēļ visi zālāji pielīdzināti dabiskiem zālājiem to produktivitātes un EP vērtību ziņā – tostarp arī aizsargājamas teritorijas.	Type	Ecosystems Services	Grass (\$/hm ²)	Regulating	Air regulation	2.00	Climate regulation	899.82	Disturbance regulation	2.00	Water regulation	2.00	Erosion control	235.43	Waste disposal	869.44	Pollination	49.61	Supporting	Biological control	73.54	Habitat	1105.21	Soil formation	1.45	Nutrient cycling	0.00	Water supply	54.58	Provisioning	Food sources	1085.09	Raw materials	49.18	Genetic resources	1105.21	Cultural	Recreation	23.67	Culture	152.03	EP vērtības rakstā nav konkrēti nolasāmas, bet izmantotas, lai modelētu klimata pārmaiņu ietekmi uz kopējo EP pieejamību un to vērtību valsts reģionu līmenī.	(J. Zhang & Chen, 2024)
Type	Ecosystems Services	Grass (\$/hm ²)																																											
Regulating	Air regulation	2.00																																											
	Climate regulation	899.82																																											
	Disturbance regulation	2.00																																											
	Water regulation	2.00																																											
	Erosion control	235.43																																											
	Waste disposal	869.44																																											
	Pollination	49.61																																											
Supporting	Biological control	73.54																																											
	Habitat	1105.21																																											
	Soil formation	1.45																																											
	Nutrient cycling	0.00																																											
	Water supply	54.58																																											
Provisioning	Food sources	1085.09																																											
	Raw materials	49.18																																											
	Genetic resources	1105.21																																											
Cultural	Recreation	23.67																																											
	Culture	152.03																																											

Ekosistēma (valsts)	Ekosistēmu pakalpojumu veids	Aprēķina metode	Iegūtā vērtība	Literatūras avots
		<i>Robert Costanza ir ekosistēmu pakalpojumu ekonomiskās novērtēšanas aizsācējs (h-index 92).</i>		
Lauksaimniecības sistēma/zeme kā tāda (Spānija)	1. Apūdeņošanas pakalpojums (irrigation) 2. Dabiskā kaitēkļu kontrole (natural pest control) 3. Apputes pakalpojums (Pollination)	Apūdeņošanas pakalpojuma novērtēšanai izmantota tirgus cenas metodes modifikācija – vērtēta sistēmas bez apūdeņošanas produktivitāte attiecībā pret produktivitāti, kas iegūstama pateicoties irigācijas iespējām. Apputes pakalpojums novērtēts, izmantojot tirgus cenu metodi - katrai l/s kultūrai noteikts apputes dependency ratio (no iepriekšējiem pētījumiem) un tas reizināts ar vidējo lauksaimniecības produkcijas vērtību attiecīgajai kultūrai attiecīgajā gadā (average agricultural gross production value). Līdzīgi aprēķināta arī dabiskās kaitēkļu kontroles pakalpojuma ekonomiskā vērtība – koeficients, kas raksturo ražas samazināšanos gadījumā, ja dabiskie regulatori (putni) nebūtu pieejami, reizināts ar vidējo lauksaimniecības produkcijas vērtību attiecīgajai kultūrai attiecīgajā gadā.	Rezultāti jeb EP vērtības rakstā izteiktas procentos – kāda būtu ietekme (procentuāli) uz ražas samazināšanos, ja attiecīgais pakalpojums nebūtu pieejams. Dotas arī vērtības EUR, bet ne uz ha (valsts (Spānijas) līmenī)	(Thomasz et al., 2024)
Intensive agriculture landscape (Brazil)	1. Visual amenity/appearance of the agricultural landscape – kultūras pakalpojums, reduction of soil loss, which improves soil conservation and 2. Water quality – atbalsta un regulācijas pakalpojums, carbon storage – regulācijas	Discrete choice experiment (DCE), nosakot marginal willingness to pay (WTP) vienai mājsaimniecībai gada laikā. Delta un statistiskās metodes – datu apstrādei un analīzei. Sabiedrībai piedāvāts noteikt nodoklim līdzīgu maksājumu, kuru tie būtu gatavi veikt (WTP) 10 gadu periodā, lai saglabātu/uzlabotu attiecīgo EP. Doti EP detalizēti rādītāji par sagaidāmo vides uzlabojumu, ja politika atbalstītu tā (EP) stiprināšanu.	Vidēji - Marginal willingness to pay (WTP) – 18-93 EUR no mājsaimniecības gadā par ar lauksaimniecību saistītu EP saglabāšanu – biodaudzveidība, augsnes	(Parron et al., 2022)

Ekosistēma (valsts)	Ekosistēmu pakalpojumu veids	Aprēķina metode	Iegūtā vērtība	Literatūras avots
	pakalpojums, presence and diversity of animals and plants, which 3. refers to the conservation of biodiversity – atbalsta pakalpojums		aizsardzība, oglekļa uzkrāšana, estētiskā vērtība. Detalizētāk 1 mājsaimniecības WTP gadā – biodaudzveidība (R\$541), erozijas samazināšana (R\$297) un C uzkrāšana (R\$193)	
Greenhouse vegetable production in conventional (CON), organic (ORG) un community supported agriculture (CSA)	1. Apgādes pakalpojumi 2. Regulējošie pakalpojumi (klimata regulācija, gaisa attīrīšana, augsnes formēšana, ūdens piesaiste, bioloģiskā kontrole. 3. Atbalsta pakalpojumi (barības vielu aprīte un piesaiste); 4. Kultūras pakalpojumi (ekotūrisms)	1. Apgādes pakalpojumi – vērtība aprēķināta, nosakot ienākumus no l/s produkcijas realizācijas USD ha⁻¹ yr⁻¹, izmantojot lauksaimniecības apsekojamu datus. 2. Klimata pārmaiņu regulācija – oglekļa piesaistes augsnē un veģetācijā aprēķini – aprēķina C bilanci saimniecību līmenī (ievadi un izvadi no sistēmām), izmantojot zinātniskus pieņēmumus par oglekļa daudzumu un C tirgus cenu. 3. Gaisa attīrīšana – no piesārņotājiem (clean-up air pollutants like HF, SO₂, and NO_x and emit oxygen). Nosaka ekosistēmu spēju izdalīt skābekli (1.2 kg O₂ uz kg augu sausās masas) un O₂ tirgus cenu - (piemēram, 0.054 USD kg⁻¹, (2011 gadā). 4. Augsnes formēšana – nosaka cik daudz augsnes gada laikā var izveidot 1 tonna slietu (pētījuma dati). Nosaka, ka - <i>therefore, the value of soil formation (USD ha⁻¹ yr⁻¹) is proportional to the mass of earthworms and the price of this is 23.6 USD tonnes⁻¹.</i> 5. Ūdens regulēšanas/piesaistes pakalpojums - izmantoti water content in the topsoil (0-20cm) dati un ūdens cena – 0.55 USD t⁻¹ (2016); 6. Bioloģiskā augu aizsardzība – noteikts pesticīdu iegādes izmaksu samazinājums un salīdzināts ar ikgadēji vidējo pesticīdu izlietojumu un tā	Noteikta katras ekosistēmas (CON, ORG un CSA) kopēja EP vērtība (bez apgādes (<i>provisional</i>) pakalpojumiem, jo tie neattiecas uz general public) – CON – 25.4 thousand USD ha⁻¹ yr⁻¹, ORG – 2.69 thousand USD ha⁻¹ yr⁻¹, CSA – 8.35	(Zhen et al., 2021)

Ekosistēma (valsts)	Ekosistēmu pakalpojumu veids	Aprēķina metode	Iegūtā vērtība	Literatūras avots
		vērtību USD (ņemts vērā vērtības palielinājuma koeficients bio/organic pesticīdu gadījumā). 7. Atbalsta pakalpojumi (barības vielu aprīte un piesaiste (retention)) leached with the irrigation water or rain. The ES7 is evaluated by the economic value of nutrient content in the top soil (Liu et al., 2017) as fomula (3). $ES7 = \left[\frac{C_{AlkalineN} \times Price_N + C_{AvailableP} \times Price_P + C_{AvailableK} \times Price_K}{10^3} \right] \times Q_{soil} \quad (3)$ where ES7 is the economic value of nutrient cycling and retention, USD ha⁻¹ yr⁻¹; C_{AlkalineN}, C_{AvailableK} and C_{AvailableP} are the concentrations of soil alkaline N, available P, and available K, mg/kg. Price_N, Price_P, and Price_K are the market prices of pure nutrients of N, P₂O₅ and K₂O in urea (N 45%), calcium superphosphate (P₂O₅ 16%) and potassium oxide (K₂O 52%), respectively. Thus, they were 0.67, 0.75 and 0.87 USD/kg for N, P₂O₅ and K₂O, respectively in this case study (https://re.1688.com, accessed on Oct 10, 2019). 10³ is a conversion coefficient. Q_{soil} is the quantity of soil, kg ha⁻¹. It is expressed as $\frac{A \times h \times \rho}{1000}$, kg, in which A is a hectare of farm land, 1 × 10⁸ cm²; h is the height of soil (20 cm); ρ is the soil bulk density, g cm⁻³; and 10³ is a conversion coefficient. 8. Kultūras pakalpojums – dati par ienākumiem no ekotūrisma valstī - ha⁻¹ yr⁻¹ Aprēķināta arī ne-pakalpojumu vērtība (<i>disservices</i>), izmantojot iepriekš īpaši izstrādātu modeli (Environmental Priorities Strategies, EPS), iegūstot datus no dzīves cikla analīzes inventarizācijas datiem. Neto ekosistēmu pakalpojumu vērtība aprēķināta summējot pozitīvās (ekosistēmu pakalpojumi) un negatīvās (<i>disservices</i>) externalities vērtības.	thousand USD ha ⁻¹ yr ⁻¹	

Avots: autoru veidots pēc TEEB ESVD Value Transfer Tool

1.3. Ekosistēmu pakalpojumu vērtības Latvijas lauksaimniecības MACC iekļautajiem pasākumiem

1.3.1 Ekosistēmu vērtības noteikšanas metodika

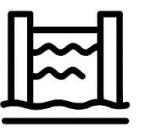
Ekosistēmu pakalpojumu monetārās vērtības noteikšanai, tika izvēlēta tirgus cenu metode, jeb ekosistēmu pakalpojumu salīdzināšana un pielīdzināšana tirgū esošajām resursu cenām.

Tirgus cenu metode sniedz tiešu vērtību, balstoties uz tirgus cenām, toties metodes ierobežojums ir tas, ka ne visi ekosistēmu pakalpojumi tiek tirgoti tirgū.

Toties ekosistēmas pakalpojumu vērtēšanai tika identificēti indikātori, kurus ievietojot aprēķina formulās, rada iespēju pielāgot ekosistēmu pakalpojumus tirgus cenu metodei (skat. 3. tabulu). Ir svarīgi apskatīt jebkuru no ekosistēmas pakalpojumiem un piedot tam tīgu cenu metodei raksturīgus, izmēramus lielumus, piemēram: ražība (t/ha), lauksaimniecībā izmantotās zemes platība (ha), konkrētu objektu uzturēšanas vai atjaunošanas cena (€).

3. tabula

Ekosistēmu pakalpojumu iespējamie indikatori un to aprēķini

Ekosistēmas pakalpojums	Indikators	Aprēķins	Apz.	Grafiskais apzīmējums
Klimata regulācija	Oglekļa piesaiste (tCO_2/ha), biomasas pieaugums, augsnes organiskās vielas saturs.	$C \times P = V$, kur C = piesaiste t/ha , P = cena $€/t$, V = vērtība $€/ha$	T1	
Erozijas regulācija	Augsnes segums (%), nogāžu slīpums (%) nogulumu daudzums ($t/ha/gadā$).	$E_z \times P_z = V$, kur E_z = novērsts ražas zudums t/ha , P_z = ražas cena $€/t$, V = vērtība $€/ha$	T2	
Augsnes auglības uzturēšana	Augsnes organisko vielu saturs (%), pH, barības vielu līmenis, ražas daudzums ($t/ha/gadā$)	$Y \times P_y = V$, kur Y = ražas daudzums t/ha , P_y = ražas cena $€/t$, V = vērtība $€/ha$	T3	
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums (t/ha) lauksaimniecības platība (ha), tirgus cena (€).	$Y \times P_y = V$, kur Y = ražas daudzums t/ha , P_y = ražas cena $€/t$, V = vērtība $€/ha$	T4	
Ekstrēmu laikapstākļu ietekmes mazināšana	Noteikta cena infrastruktūras objektu uzturēšanai, atjaunošanai vai ierīkošanai.	Novērsto plūdu radīto zaudējumu izmaksas ($€/ha$), infrastruktūras remontu cena (€)	T5	
Ūdens plūsmu regulācija	Noteikta cena infrastruktūras objektu uzturēšanai, atjaunošanai vai ierīkošanai.	Ūdens uzkrājuma apjoms (m^3/ha), tirgus cena par ūdens apjomu (€)	T6	

Ekosistēmas pakalpojums	Indikators	Aprēķins	Apz.	Grafiskais apzīmējums
Izejvielu nodrošināšana	Koksnes raža (m^3/ha), ūdens ieguve (m^3), minerālu ieguves apjoms, resursu raža (m^3/ha).	$Q \times P_q = V$, kur Q = koksnes raža m^3/ha , P_q = cena $€/m^3$, V = vērtība $€/ha$	T7	
Apputeksnēšanas pakalpojumi	Apputeksnētās kultūras (% no kopējās ražas), ražas daudzums (t/ha), tirgus cena ($€$).	$Y \times P_b \times P_y = V$, kur Y = ražas daudzums t/ha , P_b = apputeksnētās ražas daļa (%), P_y = tirgus cena $€/t$, V = vērtība $€/ha$	T8	
Estētiskie pakalpojumi	Apmeklētāju skaits (pers./gadā), vidējā pakalpojuma vai biļetes cena ($€$), ieņēmumi no tūrisma.	$A_v \times P_t = V$, kur A_v = apmeklētāju skaits, P_t = tirgus cena $€/pers.$, V = vērtība $€/ha$	T9	

Avots: autoru viedots, 2025

Toties, lai padziļinātāk spētu noteikt, no kā varētu rasties un izveidot ekosistēmu pakalpojumu tirgus cenu pamatojošus aprēķinus tika veikta zinātnisko publikāciju un pētījumu rezultātu paziņojumu apkopošana. Šajā procesā tika atnalizēti un meklēti tiešie ar ekosistēmu pakalpojumiem saistīto pasākumu pētījumos, un to pierādāmība. Lai izveidotu vieglāk apskatāmu iespējamo aprēķinu katram no ekosistēmu pakalpojumu ietekmējošajiem pasākumiem, tie tiek apzīmēti ar burtu E un kārtas skaitli (skat. 4. tabulu).

4. tabula

Ekosistēmu pakalpojumu ietekmējošo pasākumu zinātnisko rakstu un publikāciju rādītāju apkopojums

Pasākums	Zinātniskajā pētījumā minētais rādītājs	Atsauce
Minimāla augsnes apstrāde (E1)		
Augsnes erozija	Minerālvielu sastāvs augsnē, lielāks slieku daudzums, noteces samazinājums	(Madarász et al., 2021)
Augsnes auglības uzturēšana	Augsnes ogranisko daļiņu daudzums, vielu daudzums augsnes virskārtās	(Engell et al., 2022)
Pārtikas nodrošināšana	Patērētais degvielas daudzums, laiks, ražas daudzums un cena	(Auzins et al., 2023)
Precīza minerālmēslojuma lietošana (E2)		
Klimata regulācija	N_2O emisiju daudzums, mēslojuma daudzums	(Karlsson Potter et al., 2022)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums un ražas cena	(Carroll et al., 2025)
Mēslošanas plānošana (E3)		
Klimata regulācija	Mēslojuma daudzums un cena	(Menegat et al., 2022)

Pasākums	Zinātniskajā pētījumā minētais rādītājs	Atsauce
Augsnes auglības uzturēšana	N un P mēslojuma daudzums un cena	(Liu et al., 2020)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums un cena	(Menegat et al., 2022)
Nitrifikācijas inhibitori (E4)		
Klimata regulācija	NO ₂ izskalošanās, ražas daudzums	(Muller et al., 2023)
Pārtikas nodrošināšana	Slāpekļa deva, raža, emisiju daudzums	(Dietz et al., 2024)
Ilggadējie zālāji organiskajās augsnēs (E5)		
Klimata regulācija	Augsnes oglekļa kājumi	(Ernst & Siri-Prieto, 2009)
Augsnes erozija	Izskalošana	(Ojija, 2024)
Augsnes auglības uzturēšana	Organisko vielu daudzums, augsnē struktūra, ūdens infiltrācija	(Wepking et al., 2022)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums, augsnē vielu krājums, ūdens infiltrācija	(Dijkstra et al., 2009)
Slāpekļa piesaiste (taurīnzieži) (E6)		
Klimata regulācija	Augsnes SOC krājumi	(Huang et al., 2025)
Augsnes auglības uzturēšana	Ražas daudzums	(Huang et al., 2025)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums	(Huang et al., 2025)
Zaļmēslojuma augu audzēšana (E7)		
Klimata regulācija	Ražas daudzums, slāpekļa gāzu emisijas	(Wang et al., 2025)
Augsnes auglības uzturēšana	Zaļmēslojuma daudzums, ražas daudzums	(Yang et al., 2025)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums, cena	(Wang et al., 2020)
Meliorācijas sistēmu uzturēšana (E8)		
Klimata regulācija	Sistēmu atjaunošana, ūdenslīmeņa uzturēšana	(Kęsicka et al., 2023)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums, ražas cena, CO ₂ , N ₂ O emisiju daudzums	(Kęsicka et al., 2022)
Ekstrēmu laikapstākļu ietekmes samazināšana	Notece, izplūde	(Ten Huf et al., 2023)
Ūdens plūsmu regulācija		(Mosier et al., 2021)
Šķidrmēsļu tieša iestrāde (injektors) (E9)		
Klimata regulācija	NH ₃ emisiju daudzums	(Teague et al., 2011)

Pasākums	Zinātniskajā pētījumā minētais rādītājs	Atsauce
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums, cena	(Jordon et al., 2022)
Intensīva (rotācijveida) ganīšana (E10)		
Klimata regulācija		(Jokela, 2019)
Augsnes auglības uzturēšana		(Sherman et al., 2022)
Pārtikas nodrošināšana		(Vullaganti et al., 2025)
Tieša šķidro kūtsmēsļu iestrāde augsnē (1. variants - ar cauruļvadu izkļiedēšanas sistēmu) (E11)		
Klimata regulācija	Augsnes sablīvējums, gaisa un ūdens režīms, N ₂ O daudzums	
Pārtikas nodrošināšana	Izmaksu daudzums, ražas daudzums	
Bezpakaišu mājputnu kūtsmēsļu samazināts iestrādes laiks (līdz 4 h) (E12)		
Klimata regulācija	Amonjaka emisiju (NH ₃) daudzums	(Vullaganti et al., 2025)
Pārtikas nodrošināšana	Amonjaka emisiju (NH ₃) daudzums	(Vullaganti et al., 2025)
Precīza minerālmēslojuma lietošana (E13)		
Augsnes auglības nodrošināšana	Augsnes organisko vielu saturs	(Maaz et al., 2021)
Klimata regulācija	N ₂ O emisiju daudzums, minerālmēsļu deva un cena	(Mao et al., 2024)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums un cena	(Smith et al., 2000)
Tieša šķidro kūtsmēsļu iestrāde augsnē (2. variants - ar tiešas iestrādes izkļiedētāju) (E14)		
Klimata regulācija	NH ₃ amonjaka emisiju daudzums	(Mosaic Crop Nutrition, 2025)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums un cena	(Chivenge et al., 2021)
Pakaišu kūtsmēsļu samazināts iestrādes laiks (12 h) (E15)		
Klimata regulācija	Kūtsmēsļu cena un daudzums, emisiju daudzums	(Clean Air Farming, 2025)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums un cena	(Clean Air Farming, 2025)
Mēslošanas plānošana un praktiska ieviešana (E16)		
Klimata regulācija	Ražas daudzums un cena, N ₂ O emisiju daudzums	(Keeney et al., 2024)
Augsnes auglības uzturēšana	Barības vielu daudzums, ražas daudzums	(Keeney et al., 2024)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums un cena	(Keeney et al., 2024)

Pasākums	Zinātniskajā pētījumā minētais rādītājs	Atsauce
Šķidro kūtsmēsļu samazināts iestrādes laiks (4 h) (E17)		
Klimata regulācija	NH ₃ emisiju daudzums, N ₂ O emisiju daudzums	(Jones et al., 2022)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums, cena	(Jones et al., 2022)
Slāpekļa piesaiste, iekļaujot tauriņziežus rotācijā (E18)		
Klimata regulācija	Oglekļa daudzums, N ₂ O daudzums	(Karlsson et al., 2023)
Augsnes auglības uzturēšana	Augsnes slāpekļa saturs, augsnes organisko vielu daudzums	(Karlsson et al., 2023)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums un cena	(Karlsson et al., 2023)
Paludikultūru (niedres) audzēšana organiskajās augsnēs (E19)		
Klimata regulācija	Emisiju daudzums, oglekļa daudzums	(Tanneberger et al., 2021)
Augsnes auglības uzturēšana	Barības vielu daudzums augsnē	(Abel et al., 2021)
Ūdens plūsmju regulācija	Ūdens regulācijas process, barības vielu daudzums augsnē, noteces daudzums	(Wichtmann et al., 2022)
Izejvielu nodrošināšana	Fosilātu materiālu aizvietojs	(Tanneberger et al., 2021)
Ilggadīgo stādījumu (krūmmellenes) ierīkošana organiskajās aramzemēs (E20)		
Klimata regulācija		(Abel et al., 2021)
Augsnes auglības uzturēšana		(Abel et al., 2021)
Pārtikas nodrošināšana		(Wichtmann et al., 2022)
Agro-mežsaimniecība grāvmalās un laukmalās (E21)		
Klimata regulācija	SOC lielums	(Kay et al., 2019)
Augsnes auglības uzturēšana	Augsnes struktūra, barības vielu daudzums, augsnes kvalitāte	(Udawatta et al., 2020)
Ūdens plūsmu regulācija	Virsmu plūdu zaudējumi	(Kay et al., 2019)
Izejvielu nodrošināšana	Raža un ražas cena	(Udawatta et al., 2020)
Kārķu plantāciju ierīkošana lauksaimniecībā neizmantotās platībās enerģijas ieguvei (E22)		
Klimata regulācija	Augsnes organiskā oglekļa daudzums	(Karp et al., 2017)
Augsnes auglības uzturēšana	Augsnes organiskā oglekļa daudzums	(Karp et al., 2017)
Izejvielu nodrošināšana	Izejvielu nodrošināšana enerģijas ieguvei, cena, raža	(Styles et al., 2020)
Apkalpošanas pakalpojumi		(Karp et al., 2017)
Ganību botāniskā sastāva dažādošana (E23)		
Augsnes auglības uzturēšana	Augsnes fizikālās un ķīmiskās īpašības	(Suter et al., 2021)

Pasākums	Zinātniskajā pētījumā minētais rādītājs	Atsauce
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums	(Graham et al., 2021)
Estētiskie pakalpojumi		(Kleijn et al., 2019)
Izturīgu un mainīgiem apstākļiem pielāgoties spējīgu kultūraugu šķirņu selekcija un ieviešana (E24)		
Klimata regulācija	Appludinājuma laiks, ūdens patēriņš, ražas daudzums	(Ceccarelli et al., 2019)
Augsnes auglības uzturēšana	Augsnes oglekļa daudzums	(Ortiz et al., 2020)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums	(Ceccarelli et al., 2019)
Kūtsmēsļu un citu organisko blakusproduktu izmantošana komposta gatavošanai (E25)		
Klimata regulācija	SEG emisiju daudzums	(Kupper et al., 2020)
Augsnes auglības uzturēšana	Augsnes organisko vielu daudzums, ūdens noturība	(Santos et al., 2022)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums	(Santos et al., 2022)
Bioloģiskā seguma izmantošana dārzkopībā (mulčēšana) (E26)		
Klimata regulācija	Augsnes organiskā oglekļa daudzums	(Li et al., 2021)
Augsnes auglības uzturēšana	Augsnes barības vielu daudzums	(Chen et al., 2020)
Pārtikas nodrošināšana	Ražas daudzums	(Li et al., 2021)
Sintētisko mēslošanas līdzekļu aizvietošana ar dabiskas izcelsmes un mikrobioloģiskiem augu mēslošanas līdzekļiem (DI-MbML) (E27)		
Klimata regulācija		
Augsnes auglības uzturēšana		
Pārtikas nodrošināšana		

Avots: autora veidots, 2025.

Apkopojot visus ekosistēmu pakalpojumu ietekmējošo pasākumu ietekmi uz dažāda vieda ekosistēmu pakalpojumiem, balstoties uz zinātniskajiem pētījumiem un to publikācijām ir iespējams novērot ka, liela daļa pasākumu saistībā ar klimata regulāciju uztur augsnes organiskā oglekļa daudzumu un samazina SEG emisijas (skat. 5. tabulu). Toties apskatot lielāko daļu pasākumus kas saistas ar pārtikas nodrošināšanu pētījumos atspoguļo dažāda rakstura ražas palielināšanos, vai ražas lieluma nemainību, pat ja tiek mainīts minerālmēsļu daudzums.

Ekosistēmu pakalpojumi un to ietekmējošie (atbastrošie) pasākumi

Ekosistēmas pakalpojums	Grafiskais apzīmējums	Ekosistēmu pakalpojumu ietekmējošais pasākumi
Klimata regulācija		Minimāla augsnes apstrāde, Precīza minerālmēslojuma lietošana, Mēslošanas plānošana, Nitrifikācijas inhibitori, Ilggadīgie zālāji organiskajās augsnēs, Slāpekļa piesaiste (tauriņzieži), Zaļmēslojuma augu audzēšana, Meliorācijas sistēmu uzturēšana, Šķidrmēsļu tieša iestrāde (injektors), Intensīva (rotācijveida) ganīšana, Tieša šķidro kūtsmēsļu iestrāde augsnē (1. variants - ar cauruļvadu izkliešanas sistēmu), Bezpakaišu mājputnu kūtsmēsļu samazināts iestrādes laiks (līdz 4 h), Precīza minerālmēslojuma lietošana Tieša šķidro kūtsmēsļu iestrāde augsnē (2. variants - ar tiešas iestrādes izkliešanas sistēmu), Pakaišu kūtsmēsļu samazināts iestrādes laiks (12 h), Mēslošanas plānošana un praktiska ieviešana, Šķidro kūtsmēsļu samazināts iestrādes laiks (4 h), Slāpekļa piesaiste, iekļaujot tauriņziežus rotācijā, Paludikultūru (niedres) audzēšana organiskajās augsnēs, Ilggadīgo stādījumu (krūmmellenes) ierīkošana organiskajās aramzemēs Agro-mežsaimniecībā grāvmalās un laukmalās, Kārķu plantāciju ierīkošana lauksaimniecībā neizmantojamos platībās enerģijas ieguvei, Izturīgu un mainīgiem apstākļiem pielāgoties spējīgu kultūraugu šķirņu selekcija un ieviešana, Kūtsmēsļu un citu organisko blakusproduktu izmantošana komposta gatavošanai, Bioloģiskā seguma izmantošana dārzkopībā (mulčēšana). Sintētisko mēslošanas līdzekļu aizvietošana ar dabiskas izcelsmes un mikrobioloģiskiem augu mēslošanas līdzekļiem (DI-MbML)
Erozijas regulācija		Minimāla augsnes apstrāde, Ilggadīgie zālāji organiskajās augsnēs
Augsnes auglības uzturēšana		Minimāla augsnes apstrāde, Precīza minerālmēslojuma lietošana, Mēslošanas plānošana, Ilggadīgie zālāji organiskajās augsnēs, Slāpekļa piesaiste (tauriņzieži), Zaļmēslojuma augu audzēšana, Intensīva (rotācijveida) ganīšana, Precīza minerālmēslojuma lietošana, Mēslošanas plānošana un praktiska ieviešana, Slāpekļa piesaiste, iekļaujot tauriņziežus rotācijā, Paludikultūru (niedres) audzēšana organiskajās augsnēs, Ilggadīgo stādījumu (krūmmellenes) ierīkošana organiskajās aramzemēs, Agro-mežsaimniecībā grāvmalās un laukmalās, Kārķu plantāciju ierīkošana lauksaimniecībā neizmantojamos platībās enerģijas ieguvei, Ganību botāniskā sastāva dažādošana, Izturīgu un mainīgiem apstākļiem pielāgoties spējīgu kultūraugu šķirņu selekcija un ieviešana, Kūtsmēsļu un citu organisko blakusproduktu izmantošana komposta gatavošanai, Bioloģiskā seguma izmantošana dārzkopībā (mulčēšana), Sintētisko mēslošanas līdzekļu aizvietošana ar dabiskas izcelsmes un mikrobioloģiskiem augu mēslošanas līdzekļiem (DI-MbML)

Ekosistēmas pakalpojums	Grafiskais apzīmējums	Ekosistēmu pakalpojumu ietekmējošais pasākumi
Pārtikas nodrošināšana		Minimāla augsnes apstrāde, Precīza minerālmēslojuma lietošana, Mēslošanas plānošana, Nitrifikācijas inhibitori, Ilggadīgie zālāji organiskajās augsnēs, Slāpekļa piesaiste (tauriņzieži), Zaļmēslojuma augu audzēšana, Meliorācijas sistēmu uzturēšana, Šķidrmēsļu tieša iestrāde (injektors), Intensīva (rotācijveida) ganišana, Tieša šķidro kūtsmēsļu iestrāde augsnē (1. variants - ar cauruļvadu izkliešanas sistēmu), Bezpakaišu māļputnu kūtsmēsļu samazināts iestrādes laiks (līdz 4 h), Precīza minerālmēslojuma lietošana, Tieša šķidro kūtsmēsļu iestrāde augsnē (2. variants - ar tiešas iestrādes izkliešanas), Pakaišu kūtsmēsļu samazināts iestrādes laiks (12 h), Mēslošanas plānošana un praktiska ieviešana, Šķidro kūtsmēsļu samazināts iestrādes laiks (4 h), Slāpekļa piesaiste, iekļaujot tauriņziežus rotācijā, Ilggadīgo stādījumu (krūmmellenes) ierīkošana organiskajās aramzemēs, Ganību botāniskā sastāva dažādošana, Izturīgu un mainīgiem apstākļiem pielāgoties spējīgu kultūraugu šķirņu selekcija un ieviešana, Kūtsmēsļu un citu organisko blakusproduktu izmantošana komposta gatavošanai, Bioloģiskā seguma izmantošana dārzkopībā (mulčēšana), Sintētisko mēslošanas līdzekļu aizvietošana ar dabiskas izcelsmes un mikrobioloģiskiem augu mēslošanas līdzekļiem (DI-MbML)
Ekstrēmu laikapstākļu ietekmes mazināšana		Meliorācijas sistēmu uzturēšana
Ūdens plūsmju regulācija		Meliorācijas sistēmu uzturēšana, Paludikultūru (niedres) audzēšana organiskajās augsnēs, Agro-mežsaimniecība grāvmalās un laukmalās
Izejvielu nodrošināšana		Paludikultūru (niedres) audzēšana organiskajās augsnēs, Agro-mežsaimniecība grāvmalās un laukmalās, Kārķu plantāciju ierīkošana lauksaimniecībā neizmantotās platībās enerģijas ieguvei
Apputes pakalpojumi		Kārķu plantāciju ierīkošana lauksaimniecībā neizmantotās platībās enerģijas ieguvei
Estētiskie pakalpojumi		Ganību botāniskā sastāva dažādošana

Avots: autoru veidots, 2025

1.3.2. Ekosistēmu pakalpojumu tirgus cenu metodes aprēķins

Lai noteiktu ekosistēmu pakalpojumu montāro vērtību un ekonomisko ieguvumu no SEG un amonjaka emisiju samazināšanas, un CO₂ piesaistes pasākumiem, tiek pielietota tirgus cenu metode. Tirgus cenu metode balstās uz ekosistēmas nodrošināto labumu iespējams izteikt monetārā, jeb naudas izteiksmē, salīdzinot tos ar līdzvērtīgiem

resursiem vai pakalpojumiem, kuri tiek tirgoti tirgū. Tirgus cenu metode var sniegt tiešu vērtības novērtējumu, izmantojot tirgus faktisko informāciju, tādējādi nodrošinot praktisku un skaidro ekonomisko interpretāciju ekosistēmu funkcijām.

Iepriekš noteiktie ekosistēmu pakalpojumu indikatori, piemēram, oglekļa piesaiste, augsnes auglība, ūdens plūsmas regulācija, ražas apjoms u.c., kalpo kā pamats to monetārās vērtības aprēķinam, izmantojot tirgus cenu metodi. Šajā nodaļā tiek izstrādāti praktiski aprēķinu modeļi, kas pielāgoti dažādiem ekosistēmu pakalpojumiem un ilgtspējīgas saimniekošanas pasākumiem (E1–E24).

Aprēķinos tiek izvērtēti gan tiešie ekonomiskie ieguvumi — ražas palielinājums, resursu ietaupījums, gan netiešie vides efekti, piemēram, emisiju samazinājums un augsnes kvalitātes uzlabošanās.

Tā kā nav iespējams samazināt pilnībā visas siltumnīcu gāzu emisijas (SEG) vietās kur tās rodas, ir iespēja līdzvarot radītās SEG emisijas ar oglekļa piesaisti. Oglekā piesaiste rada CO₂ uztveršanu un drošu CO₂ glabāšanu, lai notvertais CO₂ daudzums nevarētu ietekmēt globālās temperatūras paaugstināšanos. Toties, lai piesaistītu oglekli ir iespējams pielietot vairākas metodes, kā: mežu platību un augsnes atjaunošana, uzlabota lauksaimniecības zemes apsaimniekošana, dažāda rakstura mehāniskas iekārtas, kuras fiziski uzglabā CO₂, utt. Toties lai noteiktu klimata regulācijas monetāro iespēju tiek izmantota arī oglekļa cenas, kuras nosaka dažādas darbības kā: apmežošana, izciršanas novēršana, lauksaimniecības metodes, biokokogle (skat. 1. formulu).

T1. Klimata regulācija (1.)

$$V = C \times P$$

kur

C - oglekļa piesaiste (tCO₂/ha),

P - oglekļa (CO₂) cena €/t,

V – vērtība €/ha.

Savukārt apskatot ekosistēmas pakalpojumu T2 “Erozijas regulācija” noteikt pakalpojuma monetārā salīdzinājuma rezultātu, jeb tirgus salīdzināšanas metodi ir jau mazliet grūtāk. Tādēļ kā dažādas preventīvas un atjaunojošas metodes var izmatot, piemēram, nogāžu stiprināšana ar veģetāciju, zālāju atjaunošana, noteces uzlabošana un dažādas metodes augsnes seguma saglabāšanai. Toties, lai tieši izvērtētu ieguvumus no erozijas mazināšanas pasākumiem ir iespējams izmantot jau zināmus rādītājus (skat. 2. formulu).

T2. Erozijas regulācija (2.)

$$V = E_z \times P_z$$

kur

E_z – novērstais ražas zudums (t/ha),

P_z – ražas cena €/t,

V – vērtība €/ha.

Tā kā augsnes auglība ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas nosaka lauksaimniecības ražību un ilgtspējību, ir ļoti svarīgi uzturēt un uzlabot augsnes auglību ilgtermiņā. Augsnes auglības uzturēšana var notikt no dažādiem aspektiem, kā: organisko vielu atgriešana augsnē, zaļmēslojuma un komposta izmantošana, kultūraugu maiņa un rotācija, augsnes sablīvēšana mazināšana un augsnes erozijas kontrole.

Toties kā vienkāršu veidu, lai noteiktu augsnes auglības uzturēšanas monetāro vērtību, it īpaši pēc dažādu darbību veikšanas ir izaudzētās produkcijas daudzuma un cenas vērtības izteiksme (skat. 3. formulu). Šis rādītājs norādā, kā augsnes auglības un kvalitātes uzturēšana tieši ietekmē ražas apjomu un tās ekonomisko atdevi.

T3. Augsnes auglības uzturēšana (3.)

$$V = Y \times P_Y$$

kur

Y – ražas daudzums (t/ha),

P_Y – ražas cena €/t,

V – vērtība €/ha.

Viens no būtiskākajiem un svarīgākajiem ekosistēmu pakalpojumiem, kuru mēs kā sabiedrības kopums izmantojam ir Pārtikas nodrošināšana (T4). Toties lai nodrošinātu pārtikas nodrošināšanas ilgtspēju var izmantot dažādas metodes un inovācijas, kā: efektīva mēslojuma, ūdens un enerģijas izmantošana, precīzā lauksaimniecība, augseka, utml. Toties pārtikas nodrošināšanas devumu ir iespējams noteikt arī vienkāršotā veidā piemērojot to ražas vērtības aprēķinu (skat. 4. formulu).

T4. Pārtikas nodrošināšana (4.)

$$V = Y \times P_Y$$

kur

Y – ražas daudzums (t/ha),

P_Y – tirgus cena €/t,

V – vērtība €/ha.

Kā arī viens no būtiskiem ekosistēmu pakalpojumiem **T5. Ekstrēmu laikapstākļu ietekmes mazināšana**. Toties šim pakalpojumam nav iespēja noteikt vērtību pēc ražas izmaiņām, vai kāda cita “dabiska” faktora. Šī ekosistēmas pakalpojuma izmaksas ir iespējams salīdzināt tirgus cenu modelī pielietojot dažādas infrastruktūras uzturēšanas un atjaunošanas izmaksas. Šim ekosistēmas pakalpojumam nevar pielietot noteiktu monetārās vērtības noteikšanas formulu, bet var noteikt nepieciešamo monetāro vērtību, rezultātu salīdzinot ar: novērsto plūdu radīto zaudējumu izmaksas (€/ha), laikapstākļu rezultātā bojātās infrastruktūras remonta cena (€).

Līdzīgi ir ekosistēmas pakalpojuma **T6. Ūdens plūsmu regulācija** gadījumā, kur nevar pielietot noteiktu monetārās vērtības noteikšanas formulu, bet gan ūdens plūsmu

regulācijas izmaksas ar tirgus cenu metodi. Tādējādi arī šim ekosistēmu pakalpojumam ir iespēja pielīdzināt salīdzinājumam un aprēķinam ar ūdens uzkrājuma apjomu un tirgus cenu par ūdens apjomu.

Vēl viens no ļoti nozīmīgiem ekosistēmu pakalpojumiem, kurus sabiedrībai ir kritiski izmantot ir Izejvielu nodrošināšana (T7). Šis pakalpojums ietver visu ko mēs kā cillvēki izmantojam savai ikdienai, sākot no koka līdz ārstniecības augiem. Šis ekosistēmas pakalpojums ir tieši saistīts ar ilgtspējīgu zemes un teritoriju apsaimniekošanu, nodrošinot izejvielu vairākkārtēju ieguvu. Šis rādītājs rada iespēju novērtēt dabas resursu devumu, lai saglabātu pakalpojuma ekonomisko potenciālu, gan vides kvalitāti nākotnē (skat. 5. formulu).

T7. Izejvielu nodrošināšana (5.)

$$V = Q \times Pq$$

kur

Q – izejvielu daudzums (m³/ha),

Pq – tirgus cena €/m³,

V – vērtība €/ha.

Ekosistēmas aputeksnēšanas pakalpojumi (T8) ir viena no svarīgākajām ekosistēmu nodrošinātajām funkcijām, kura tiešā veidā ietekmē pārtikas pieejamību, ekosistēmu bioloģisko daudzveidību un ekosistēmu kopējo stabilitāti. Izveidotā formula ļauj novērtēt cik lielu daļu no kopējās ražas vērtības veido apputeksnētāju sniegtais ieguldījums, kas var kalpot kā pamats dažādiem procesiem bioloģiskās daudzveidības saglabāšanai (skat. 6. formulu).

T8. Apputeksnēšanas pakalpojumi (6.)

$$V = Y \times Pb \times Py$$

kur

Y – ražas daudzums (t/ha),

Pb – apputeksnētās ražas daļa (%),

V – vērtība €/ha,

Py- tirgus cena €/t.

Savukārt ekosistēmas nodrošina arī estētiskus pakalpojumus, kuri veicina cilvēku labklājību, dzīves kvalitāti un garīgo veselību. Tādējādi dabas veidojumi kā, pļavas, meži, upes, ezeri un dažādas ainaviski patīkamas teritorijas sneidz iespēju sabiedrībai atpūties un gūt emocionālu gandarījumu. Lai gan nav iespējams noteikt precīzu skaista meža vai skaistas pļavas vai upes ielejas monetāro vērtību, ir iespējams pielīdzināt šos veidojumus vērtībai ko persona būtu maksāt, lai to baudītu (skat. 7. formulu). Tādējādi rezultāti arī palīdz pamatot dažāda veida ieguldījumu veidus un nepieciešamību dabas veidojumu uzturēšanā un atjaunošanā.

$$V = Av \times Pt$$

kur

Av – apmeklētāju skaits (pers./gadā),

Pt – tirgus cena €/pers.,

V – vērtība €/ha.

Formulu praktiskā pielietojuma piemērs

Lai precīzāk saprastu ekosistēmu pakalpojumu monetāro vērtību, ir iespējams apvienot iepriekšējā nodaļā izveidotās ekosistēmu pakalpojumu aprēķina formulas ar dažādu nozaru reāliem izmaksu datiem. Ekosistēmu pakalpojumam T1 (1. formula), jeb “Klimata regulācija” monetārās vērtības veidojošo cenu ir iespējams iegūt oglekļa kvotu biržā, kā arī iespējamo oglekļa piesaistes daudzumu uz teritorijā piesaistīto procesu, piemēram minimāla augsnes apstrāde iespējams atrast dažāda veida zinātniskajos rakstos, vai veicot augsnes organiskā oglekļa analīzes.

Savukārt, lai aprēķinātu ekosistēmas pakalpojuma T2 (2. formula) “Erozijas regulācija” monetāro vērtību ir iespējams salīdzināt augsnes daļu, kurā ir veikts kāda veida process augsnes struktūras uzlabošanai, piemēram, augsnes mulcēšana ar pamataugsnī, kurā nekādi uzlabošanas procesi nav veikti, un apvienojot to ar raksturīgās ražas cenu, piem., no graudu cenu biržas. Lai aprēķinātu ekosistēmas pakalpojumu T3 (3. formula) “Augsnes auglības uzturēšana”, ir iespējams balstīties uz iepriekšējā ekosistēmas pakalpojuma monetārās cenas noteikšanas procesu (T2). Tātad, lai aprēķinātu T3 ar izveidoto 4. formulu, atkārtoti pielietojot salīdzinājumu starp divām, savādāk apstrādātām augsnēm, vai mainot augsnes apsaimniekošanas un uzlabošanas procesus monetāro vērtību ir iespējams noteikt apvienojot ražas tirgus cenu vai biržas cenu ar ražas daudzumu. Tādējādi var noteikt ekosistēmu uzlabojošo pakalpojumu monetāro vērtību. Kā būtiski piemēri var būt ražas palielināšanās vai samazināšanās, pēc augsnes uzlabošanas procesa.

Toties lai noteiktu monetāro vērtību un novērtētu ekosistēmu atbalstošos pasākumus ekosistēmu pakalpojumam (T4) “Pārtikas nodrošināšana” formula ir pavisam vienkārša, noteiktās ražas daudzums tiek pareizināts ar ražas tirgus cenu vai biržas cenu. Šis vērtības rezultāts arī palīdz saskatīt šī rādītāja būtību, secinot ka, jo lielāks vērtības rezultāts, jo augstāks pārtikas nodrošinājuma līmenis konkrētajā teritorijā. Kā arī rezultāts parāda vai tiek saglabāta augsnes auglība, bioloģiskā daudzveidība un ūdens resursi.

Savukārt lai noteiktu monetāro vērtību ekosistēmu pakalpojumam (T5) “Ekstrēmu laikapstākļu ietekmes mazināšana” nav iespējams pielietot matemātisku formulu. Lai noteiktu šī ekosistēmas pakalpojuma vai tā atbalstošo pasākumu monetāro vērtību, ir nepieciešams šos objektu salīdzināt ar dažādām faktiskām/reālām tirgus cenām, kā piemēram, ekstremālu laikapstākļu radītie zaudējumi naudas izteiksmē un bojātās

infrastruktūras remonta vai uzturēšanas izmaksas. Kā arī apskatot ekosistēmu pakalpojumu (T6) "Ūdens plūsmu regulācija" nav iespējams izveidot konkrētu aprēķina formulu, jo ūdens plūsmju regulācija ir atkarīga no lokāliem hidroloģiskiem apstākļiem un to izmantošanas mērķa. Rādītāji ko ir iespējams izmantot monetārās vērtības noteikšanai ir ūdens uzkrājuma apjoms un ūdens tirgus cena.

Apskatot eksositēmas pakalpojumu (T7) "Izejvielu nodrošināšana" ir iespējams noteikt pakalpojuma un atbalsta pasākumu monetāro vērtību. Lai noteiktu šīs pozīcijas monetāro, jeb tirgus vērtību ir iespējams pielietot iegūto vai potenciālo resursu apjomu un to sareizinot ar attiecīgā resursa tirgus vai biržas cenu. Toties arī šis rezultāts var parādīt cik lielu ekonomisku pienesumu dod konkrētā teritorija saistībā ar izejvielu ieguvu, kā arī parāda ilgtspējīgas saimniekošanas principu, jeb cik daudz ienākumus attiecīgais resurss rada tagad un iespējas kā to uzturēt nākotnē.

Turpinot ar ekosistēmas pakalpojuma (T8) "Apputeksnēšanas pakalpojumi" un tā atbalstošo pasākumu monetārās vērtības noteikšanu, ir iespējams pielietot eksperimentālās metodes, kā salīdzinot nasegtu augu ražu ar atkātu augu ražu. Toties ir iespējams balstīties arī uz sekundārajiem datiem, kā piemēram, dažādiem literatūras avotiem, kuros jau paredz apputeksnēšanas ražas daļu katrai no augu kultūrām. Pie gala monetārā, jeb tirgus cenu salīdzinājuma var nonākt to pareizinot ar kopējās ražas daudzumu (piem., ābolu raža, ogu raža) ar apputeksnētās ražas procentu/daļu, un tirgus vai biržas cenu.

Savukārt, lai noteiktu ekosistēmas pakalpojuma (T9) "Estētiskie pakalpojumi" monetāro vērtību un tā atbalsta pasākumu monetāro vērtību, aprēķinam var izmantot cilvēku/apmeklētāju skaitu kādā laika periodā, piem., gadā, un attiecīgas biļetes vai provizoriskās cenas, jeb kādu summu persona būtu gatava tērēt, lai apmeklētu dabas veidojumus. Tādējādi, šī ekosistēmas monetārā vērtība norāda, cik lielu vērtību noteiktā laika posmā nodrošina teritorija, kas savukārt var ietvert personas psiholoģisko labsajūtu un atpūtu, tūrisma un vietējās ekonomikas devumu, kā arī kultūras un izglītojošo vērtību.

Ekosistēmu pakalpojumu iespējamais monetārās vērtības aprēķins balstoties uz tirgus cenām

Grafiskais apzīmējums	Formulas apzīmējums	Rādītāji	Cenas avots	Tirgus cena	Rezultāts (€)
	T1 (1.)	C - oglekļa piesaiste (tC/ha/yr), P - oglekļa (CO ₂) cena €/t, V – vērtība €/ha	Oglekļa kvotu birža	$C = 1.69 \text{ t C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1} = 6.20 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, $P = 510.3 \text{ € ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$	$V = 510.30 \text{ €/ha/yr}$
	T2 (2.)	Ez – novērtais ražas zudums (t/ha), Pz – ražas cena €/t, V – vērtība €/ha	Graudu cenas biržā	(Pēc augsnes aizsardības iegūts ražas daudzums, piem., 5t), kviešu cena par t (194.25€)	$V = 971.25$
	T3 (3.)	Y – ražas daudzums (t/ha), Py – ražas cena €/t, V – vērtība €/ha	Ražas cenas biržā, tirgus cena	(Pēc augsnes auglības uzturēšanas pasākumu īstenošanas, piem., +7t) kviešu cena par t (194.25€)	$V = 1359.75$
	T4 (4.)	Y – ražas daudzums (t/ha), Py – tirgus cena €/t, V – vērtība €/ha	Tirgus cena	Reālais novāktais ražas daudzums (saimniecības dati), piem., 25t, tirgus cena., piemēram kartupeļiem (100€/t)	$V = 2500.00$
	T5 (-)	Novērsto plūdu radīto zaudējumu izmaksas, laikapstākļu rezultātā	Tirgus cena	Piem., kolektoru sakārtošana, jaunu uzbērumu izveide	$V = X$

Grafiskais apzīmējums	Formulas apzīmējums	Rādītāji	Cenas avots	Tirgus cena	Rezultāts (€)
		bojātās infrastruktūras remonta cena			
	T6 (-)	Ūdens uzkrājuma apjoms un tirgus cenu par ūdens apjomu	Tirgus cena	Mitrāja vai augsnes ūdens uzkrājuma daudzums, piem., 500 m ³ un ūdenapgādes tarifs 2.57€	V=1285.00
	T7 (5.)	Q – izejvielu daudzums (m ³ /ha), Pq – tirgus cena €/m ³ , V – vērtība €/ha	Statistikas dati, biržas cena vai tirgus cena	Piem., skujkoku zāģbaļķi 85€/m ³ , daudzuma piemērs 150m ³ /ha	V=12750.00
	T8 (6.)	Y – ražas daudzums (t/ha), Pb – apputeksnētās ražas daļa (%), V – vērtība €/ha, Py- tirgus cena €/t,	Tirgus cena	Piem., ābolu ražas daudzums 30t/ha, tirgus cena 800€/ha, apputeksnētās ražas daļa 30%	V= 7200€/ha
	T9 (7.)	Av – apmeklētāju skaits (pers./gadā), Pt – tirgus cena €/pers. V – vērtība €.	Tirgus cena	Pokaiņu meža apmeklētāju skaits 2015. gadā = 12000, tirgus cena 4.00€/pers	V=48000.00

Avots: autoru veidots, 2025

Galvenie secinājumi:

1. Ekosistēmu pakalpojumu sasaistes novērtēšanai ar katru no izvēlētajiem klimata pārmaiņu pasākumiem būtu veltāms atsevišķs pētījums. Šobrīd identificētā sasaiste uzskatāma par sākotnēju un orientējošu, tā identificēta, izmantojot zinātniskajā literatūrā pieejamo informāciju par ārvalstu pētījumu rezultātiem. Attiecībā uz ekosistēmu pakalpojumu vērtības izmantošanu MACC analīzē - pētījumi liecina, ka negatīvu izmaksu gadījumā (kā tas ir ekosistēmu pakalpojumu gadījumā, ja vien nav runa par ne-pakalpojumiem (*disservices*)) MACC izmantošanā vēlams ievērot piesardzību (Ekins et al., 2011; Levis et al., 2014; Ponz-Tienda et al., 2017; Taylor, 2012; Ward, 2014), jo:
 - var tikt pārvērtēts negatīvu izmaksu pasākumu klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāls, neveltot pietiekamu uzmanību pasākumiem, kuri izmaksu ziņā ir mazāk efektīvi;
 - negatīvu izmaksu pasākumi tiek adekvāti novērtēti kā izmaksu efektīvākie jeb ienākumus nesošie, bet to savstarpējais ranžējums var nebūt korekts metodes matemātiskā algoritma īpatnību dēļ.
2. Šobrīd nav pieejama vispārārtzīta pieeja, kā šo MACC metodes trūkumu novērst, līdz ar to var pieņemt, ka “negatīvu izmaksu pasākumi” ranžējumā uztverami kā vienlīdzīgi. Kā rezultātā MACC analīzes rezultāti ar ietvertiem ekosistēmu pakalpojumiem nav tieši interpretējami pasākuma ranžējuma veidā, bet gan lietojami, kā norāde uz nemateriālo vērtību esamību un nozīmi (aprēķinu rezultāts būtiski mainās), vērsot lēmumu pieņemēju uzmanību uz nepieciešamību apsvērt šāda veida vērtību ietveršanu politikas lēmumu pieņemšanas procesos, kā arī apsvērt atbalstu tālāku pētījumu veikšanai.
3. Lielu daļu ekosistēmas pakalpojumu un to ietekmējošo, jeb atbalstošo pasākumu vērtības noteikšanā piedalās dažādas tirgus un biržu cenas, kas savukārt norāda uz to, ka attiecīgo ekosistēmu pakalpojumu monetārais salīdzinājums, pielietojot tirgus cenu salīdzināšanas metodi, balstās uz ar aprēķinātās vērtības nemainīgām izmaiņām. Tas nozīmē, ka ekosistēmu monetārā novērtēšana, izmantojot tirgus cenu salīdzināšanas metodi balstās uz ekonomiskajiem un tirgus svārstību faktoriem, kā arī liela daļa rādītāju var mainīties balstoties uz sezonalitāti vai klimatiskajām izmaiņām, dažādām politikas izmaiņām un pieprasījuma un piedāvājuma izmaiņām vietējā un globālā līmenī.

2. Latvijas sekmes SEG un amonjaka emisijas samazinošo pasākumu praktiskā ieviešanā

Kopumā VPP "Evident" un sekojošos ZM finansētos projektos ir izanalizēti vairāk kā 40 pasākumi, kas samazinātu lauksaimniecības radītās SEG un amonjaka emisijas un veicinātu oglekļa piesaisti augsnē. Daudzos gadījumos pasākumi, kas samazina SEG emisijas, vienlaikus arī samazina amonjaka emisijas, kas ir būtiski no sabiedrības ieguvuma viedokļa, jo sabiedrības finansējums tiek izlietots efektīvāk un nodrošina vairāku mērķu sasniegšanu. Citos gadījumos SEG emisijas tiek samazinātas, bet tas rada pieaugumu amonjaka emisijām, kas protams ir izšķiršanās jautājums politikas veidotājiem. 7. tabulā apkopti teorētiski analizētie pasākumi un to izmantošana Latvijas politikas plānos.

7. tabula

SEG un amonjaka pasākumu iekļaušana lauksaimniecības politikas plānos

Emisijas samazinošs pasākums	Iekļauts KLP SP 2024-2027	Iekļauts NEKP 2021- 2030	Iekļauts Gaisa plānā 2020-2030
SEG emisijas samazinošie pasākumi	12	8	5
t.sk. SEG emisiju mazināšana no lauksaimniecības augsnēm	6	4	3
Minimāla augsnes apstrāde (tiešā sēja)	✓	-	-
Mēslošanas plānošana	✓	✓	✓
Precīza minerālmēslojuma lietošana	✓	✓	✓
Nitrifikācijas inhibitori	-	-	-
Ilggadīgie zālāji organiskajās augsnēs	-	-	-
Slāpekļa piesaiste (tauriņzieži)	✓	✓	✓
Zaļmēslojuma augu audzēšana	✓	-	-
Meliorācijas sistēmu uzturēšana	✓	✓	-
t.sk. SEG emisiju mazināšana no lauksaimniecības dzīvnieku zarnu fermentācijas procesiem	4	3	1
Barības devu plānošana	✓	✓	-
Barības kvalitātes uzlabošana	✓	✓	-
Pagarināta ganīšana (160)	✓	-	-
Barības bagātināšana ar taukvielām	-	-	-
Intensīva (rotācijveida) ganīšana	-	-	-
Bioloģiskās piena lopkopības veicināšana	✓	✓	✓
t.sk. SEG emisiju mazināšana no kūtsmēsļu apsaimniekošanas	2	1	1
Šķidro kūtsmēsļu separēšana	-	-	-
Šķidrmēsļu tieša iestrāde (injektors)	✓	-	-
Biogāzes ražošana	✓	✓	✓

Emisijas samazinošs pasākums	Iekļauts KLP SP 2024-2027	Iekļauts NEKP 2021- 2030	Iekļauts Gaisa plānā 2020-2030
Amonjaka emisijas samazinošie pasākumi	9	7	14
t.sk. Amonjaka emisiju mazināšana no lauksaimniecības augsnēm	3	3	3
Precīza minerālmēslojuma lietošana	✓	✓	✓
Slāpekļa piesaiste, iekļaujot tauriņziežus rotācijā	✓	✓	✓
Mēslošanas plānošana un praktiska ieviešana	✓	✓	✓
Amonjaka emisiju mazināšana no lauksaimniecības dzīvnieku zarnu fermentācijas procesiem	1	1	1
Bioloģiskās piena lopkopības veicināšana	✓	✓	✓
t.sk. Amonjaka emisiju mazināšana no kūtsmēslu apsaimniekošanas	5	3	10
Tieša šķidro kūtsmēslu iestrāde augsnē (1. variants - ar cauruļvadu izkļiedēšanas sistēmu) un (2. variants - ar tiešas iestrādes izkļiedētāju)	✓	✓	✓
Tieša šķidro kūtsmēslu iestrāde augsnē (3.+ 4. var.)	✓	✓	✓
Bezpakaišu mājputnu kūtsmēslu samazināts iestrādes laiks (līdz 4 h)	-	-	-
Šķidro kūtsmēslu samazināts iestrādes laiks (4 h)	-	-	✓
Pakaišu kūtsmēslu samazināts iestrādes laiks (12 h)	-	-	✓
Šķidro kūtsmēslu krātuvju noseģšana (betons)	-	-	✓
Šķidro kūtsmēslu krātuvju noseģšana (plēve)	-	-	✓
Šķidro kūtsmēslu krātuvju noseģšana (keramzīts)	-	-	✓
Šķidro kūtsmēslu krātuvju noseģšana (teltsveida)	✓	-	✓
Jaunu cilindrisko krātuvju izbūve	✓	-	✓
Biogāzes ražošanas veicināšana (mājputni)	✓	✓	✓

Apzīmējumi: (✓) - iekļauts, () - neiekļauts

Avots: autoru apkopojums

Lai novērtētu pasākumu sniegumu SEG un amonjaka emisiju mazināšanā, jāatzīmē tā teorētiskais potenciāls, kas raksturo lauksaimniecības sektora spēju samazināt emisijas. Tas ir darīts iepriekšējos MACC pētījumos, kuros pieejami gan apraksti, gan pieņēmumi, izmaksas u.c. informācija. Šajā pētījumā potenciāls pārrēķināts uz 6 gadu periodu.

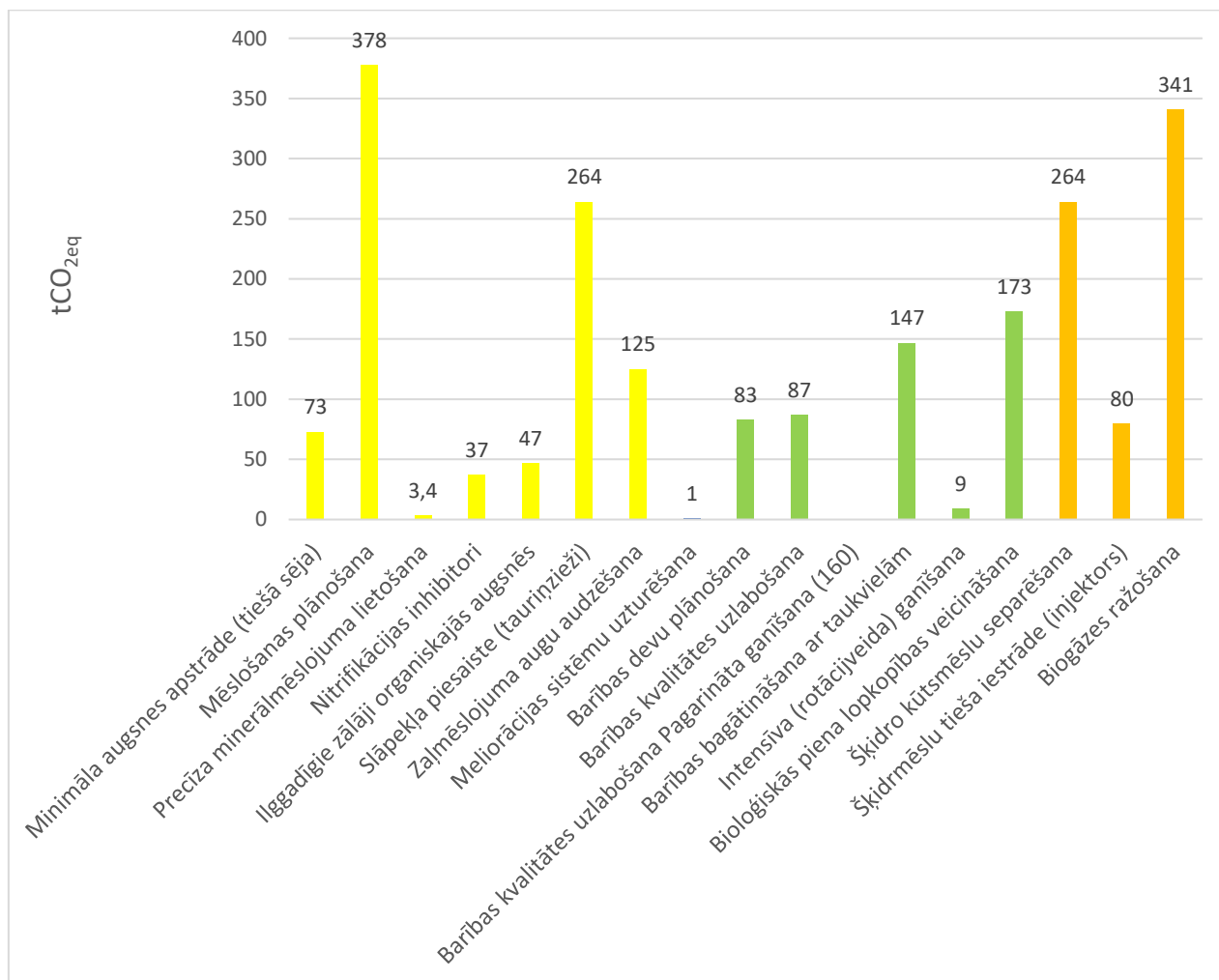
2.1. SEG emisijas samazinošo pasākumu teorētiskais potenciāls

SEG emisiju samazināšanai iepriekšējos projektos tika izanalizēti 17 pasākumi, kas tieši un nozīmīgi samazina SEG emisijas:

- 6 pasākumi saistīti ar lauksaimniecības dzīvnieku zarnu fermentācijas emisijām (pasākumi: "Barības devu plānošana", "Barības kvalitātes uzlabošana", "Pagarinātā ganišana", "Barības bagātināšana ar taukvielām", "Bioloģiskās piena lopkopības veicināšana", "Intensīvā rotācijveida ganišana");

- 5 pasākumi saistīti ar kūtsmēslu apsaimniekošanas uzlabošanu ("Mēslošanas plānošana", "Precīzā kūtsmēslu lietošana", "Šķidro kūtsmēslu separēšana", "Šķidrmēslu tieša iestrāde (inžektors)", "Biogāzes ražošana");
- 7 pasākumi, kas samazina SEG emisijas no lauksaimniecības augsnēm ("Minimālā augsnes apstrāde", "Precīzā minerālmēslu lietošana", "Mēslošanas plānošana", "Nitrifikācijas inhibitoru izmantošana", "Ilggadīgie zālāji organiskajās augsnēs", "Slāpekļa piesaistes augi (tauriņzieži)", "Zaļmēslojuma augu audzēšana", "Meliorācijas sistēmu uzturēšana").

Kopējais teorētiskais pasākumu potenciāls 6 gadu laikā ir 2112.4 kt CO_{2eq} (2. attēls).



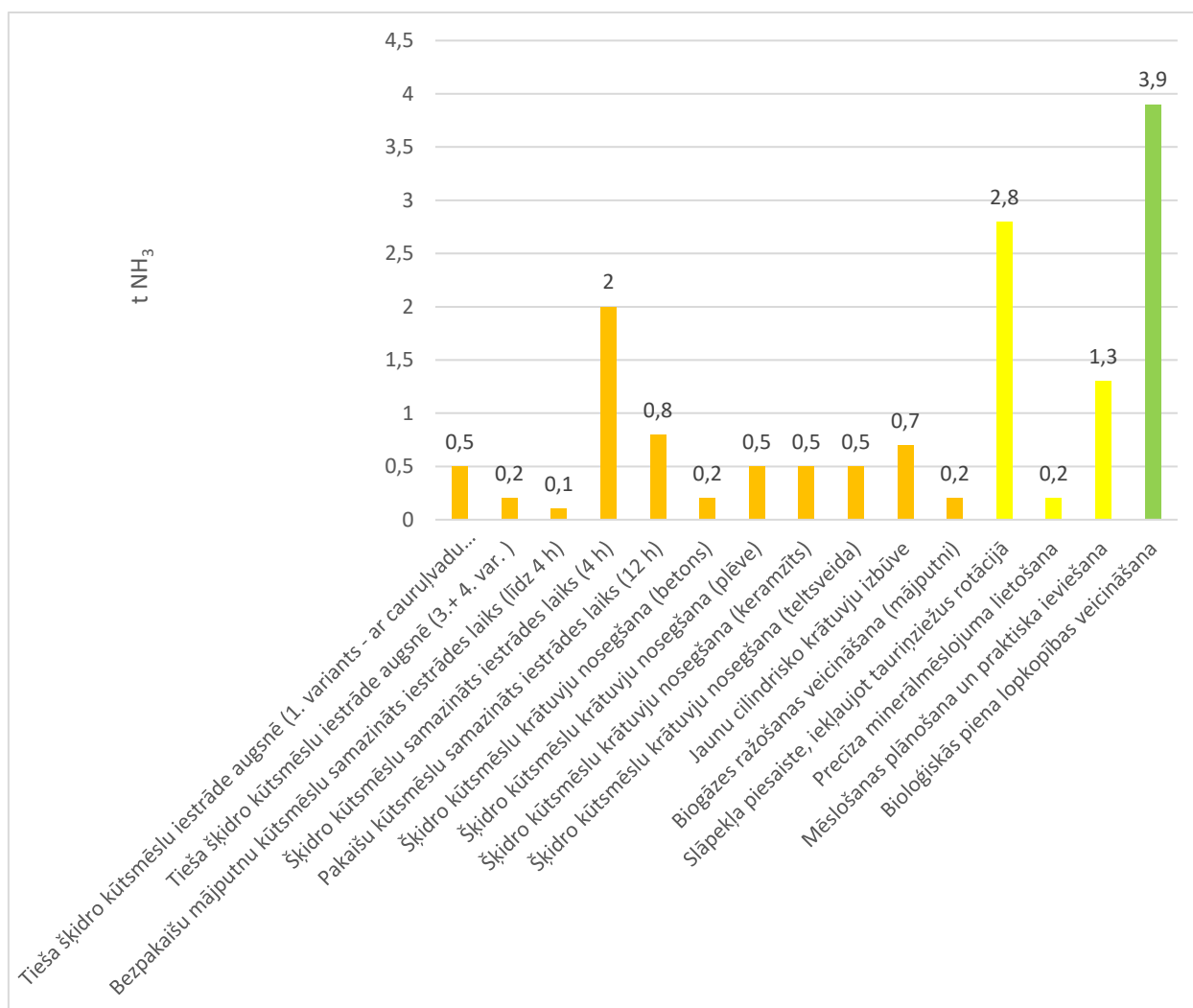
Avots: autoru aprēķini

2. attēls. SEG emisijas samazinošo pasākumu 6 gadu teorētiskais potenciāls

Vislielākais teorētiskais potenciāls ir pasākumiem, kas veltīti SEG emisiju samazināšanai no organiskajām augsnēm 928,4 kt CO_{2eq}. Ar kūtsmēslu apsaimniekošanas uzlabošanu iespējams samazināt SEG emisijas par 685 kt CO_{2eq} un uzlabojot lauksaimniecības dzīvnieku fermentācijas procesus par 499 kt CO_{2eq}. SEG samazinošie pasākumi aptver 2 547 tūkst. ha, 502 tūkst. liellopu vienību, 86 tūkst. cūku un 1600 tūkst. mājpūtņu.

2.2. Amonjaka emisijas samazinošo pasākumu teorētiskais potenciāls

Iepriekšējos MACC projektos tika analizēti 15 amonjaka emisijas samazinošie pasākumi, no kuriem lielākā daļa ir saistīti ar uzlabojumiem kūtsmēsļu apsaimniekošanā, kas arī ir būtiskākais amonjaka emisiju avots lauksaimniecībā. Kopējais teorētiskais pasākumu potenciāls 6 gadu laikā ir 14,4 t NH₃ (3. attēls).



Avots: autoru aprēķini

3. attēls. Amonjaka emisijas samazinošo pasākumu 6 gadu teorētiskais potenciāls

2.3. Latvijas Kopējās lauksaimniecības politikas stratēģiskajā plānā 2023.-2027. gadam iekļautie pasākumi

KLP Stratēģiskajā plānā iekļauti 12 pasākumi no iepriekš minētajiem SEG emisijas samazinošiem pasākumiem - 6 pasākumi ir iekļauti Ekoshēmās un 6 pasākumi ir Internevcas pasākumi Lauku attīstībai (3 ENCLIM un 3 INVEST). KLP SP SEG emisijas samazinošie pasākumi atver 1 000 tūkst ha un 177 tūkst liellopu vienības. Jāatzīmē, ka pasākumi KLP SP ir pārveidoti un lai arī saglabā savu būtību un sagaidāmo SEG samazinošo efektu, tie ir nosaukti savādāk, ir papildināti ar papildu nosacījumiem, kas būtiski pasākumu ieviešanas kontrolei, kā arī citu politisku mērķu sasniegšanai.

Pasākums “Mēslošanas plānošana” KLP SP nav iekļauts kā patstāvīgs pasākums, bet gan kā obligāts nosacījums “Precīzā minerālmēslojuma lietošanai” un “Precīzai kūtsmēsli lietošanai”.

Pasākums “Augsnes apstrāde (tiešā sēja)” iekļautā aktivitāte gandrīz 6 reizes pārsniedz teorētiski noteikto pasākumu teorētisko potenciālu, ko var skaidrot ar straujo tehnoloģiju ieviešanu nozarē. Vienlaikus no SEG emisiju samazināšanas viedokļa pasākums dod relatīvi nelielu ieguldījumu, jo pasākuma laikā saglabātā slāpekļa daudzums ir neliels.

Citos pasākumos KLP SP pasākumi ir vairākas reizes mazāki nekā teorētiski noteiktais potenciāls. Pasākums “Zaļmēslojuma augu audzēšana” KLP SP iekļautais aktivitātes lielums ir vairāk kā 10 reižu mazāks kā noteiktais teorētiskais potenciāls, pie kam SEG emisiju samazināšanas potenciāls ir relatīvi augsts. Tas norāda, ka pasākumu un to intensitātes izvēlē acīmredzot ir bijuši citi papildu faktori, kā lauksaimnieku ieinteresētība, nozares attīstības tendences (modernizācija, digitalizācija), darba tirgus specifika u.c.

Līdzīgi arī pasākums “Slāpekļa piesaistes augi” KLP SP noteiktais mērķa platība ir 3 mazāka nekā teorētiskais potenciāls. Par šī pasākumu politisku nenovērtēšanu liecina arī zemnieku interese par šo pasākumu, kas ir lielāka nekā KLP SP paredzētā mērķa platība.

KLP SP nav definēti sasniedzamie mērķi aktivitāšu lielumos, kas saistīti ar atbalstu Investīcijām lauku saimniecībās. Atbalsts raksturots ar pieejamo finansējumu un iespējamo atbalstīto projektu skaitu, bet tas nav pietiekami, lai noteiktu SEG emisiju samazinošo efektu.

KLP SP iekļautais pasākums ar mērķi veicināt bioloģiskās piena lopkopības attīstību ir ambiciozs, jo ZM aktivitāšu lielumu prognozēs paredzēts būtisks izslaukuma pieaugums, kas veicina SEG emisijas. Vienlaikus šo pasākumu zemnieki realizē mazāk nekā noteikt KLP SP un tendence ir atbalstītajām platībām samazināties. Šim pasākuma ir arī būtiska amonjaka emisijas samazinoša loma, tas veido lielāko daļu no teorētiskā amonjaka samazinājuma.

Kopumā KLP SP plānā ir iekļauti 9 amonjaka emisijas samazinoši pasākumi. Ņemot vērā neviennozīmīgo politisko nostāju pret jaunu biogāzes staciju veidošanu, vislielāko amonjaka emisiju samazinājumu varētu paredzēt diviem pasākumiem: “Jaunu cilindrisku krātuvju izbūve” un “Bioloģiskās piena lopkopības veicināšana”.

2.4. Nacionālajā enerģētikas un klimata plānā 2021.- 2030. iekļautie pasākumi

KLP SP ir nozīmīgākais lauksaimniecības politikas atbalsta instruments, tāpēc NEKP iekļautie pasākumi atbilst KLP SP pasākumiem. Vienlaikus ne visi KLP SP pasākumi iekļauti NEKP.

Kopumā NEKP ir iekļauti 10 pasākumi no kuriem 9 ir ekonomiski pasākumi un 1 ir normatīvs – “Noteikt stingrākas prasības un uzraudzību kūtsmēsli uzglabāšanas iekārtām”.

Vislielākais sagaidāmais SEG emisiju samazinošais efekts ir pasākumam “Veicināt bioloģisko piena lopkopību (zemas emisijas piena lopkopība)”, plānotais SEG emisiju samazināšanas efekts novērtēts 126,0 kt CO_{2eq} gadā. Vienlaikus šim pasākuma paredzētais atbalsts ir viens no mazākajiem 13.5 milj. EUR. Iespējams tas ir viens no iemesliem, kāpēc šis pasākums nav ieguvis popularitāti zemnieku vidū un atpaliek no KLP SP plānotā mērķa 2023. gadam par 43%.

Lopkopības radīto SEG emisiju samazināšanai ir paredzēti vēl divi pasākumi “Veicināt barības devu plānošanu” un “Veicināt barības kvalitātes uzlabošanu” ar vienoti aprēķinātu SEG samazinājuma efektu (170 kt CO_{2eq}) un pieejamo atbalsta finansējumu 33.8 milj. EUR. Kopumā abi šie pasākumi veido 74% no NEKP lauksaimniecības sektora SEG emisiju samazināšanas potenciāla (meliorācijas sistēmu rekonstrukcija un attīstība aramzemēs nav ietverta aprēķinā, jo NEKP nav uzrādīts SEG emisiju samazinājuma efekts), vienlaikus pasākumu īstenošanai paredzētais atbalsts veido tikai trešdaļu (33%) no kopā pieejamā pasākumu finansējuma.

“Atbalsts mēslošanas plānošanai” ir komplekss pasākums, kas ietver sevī divus apakšpasākumus “Veicināt un atbalstīt precīzā neorganiskā slāpekļa mēslošanas līdzekļu lietošanu” un “Veicināt un atbalstīt tiešu un precīzu organiskā mēslojuma iestrādi augsnē”. Abu minēto pasākumu SEG emisiju samazinošais efekts ir 47.7 kt CO_{2eq} gadā un pieejamais atbalsta finansējums 25.2 milj. EUR.

Tāpat nozīmīgs SEG emisiju samazinājums paredzēts ieviešot pasākumu “Veicināt pākšaugu iekļaušanu augsekā slāpekļa piesaistei”, paredzēts, ka atbalstot zemniekus 34.3 milj. EUR apmērā, SEG emisijas tiks samazinātas par 5401 kt CO_{2eq} gadā.

Vēl NEKP lauksaimniecības sektora pasākumos iekļauts pasākums “Meliorācijas sistēmu rekonstrukcija un attīstība aramzemēs”, kurā paredzēts investēt 36 milj. EUR, bet SEG emisiju samazinājums nav uzrādīts.

Pretēja situācija ir ar pasākumu “Veicināt biogāzes un biometāna ražošanu un biometāna izmantošanu”, kam nav norādīts konkrēts finansējuma apjoms, jo tas ir pieejams plašāka intervences “Atbalsts ieguldījumiem AER izmantošanai vai energoefektivitātes palielināšanai” ietvaros un grūti prognozēt zemnieku interesi konkrētiem AER veidiem. Vienlaikus NEKP ir norādīts, ka veicinot biogāzes un biometāna izmantošanu pašpatēriņam tiks samazinātas emisijas par 14 kt CO_{2eq} gadā.

Viens pasākums “Precīzā kūtsmēsli lietošana” MACC projektos tika analizēts prioritizējot amonjaka emisiju samazināšanas iespējas, bet tas ir ietverts NEKP kā SEG emisijas samazinošs pasākums, kas bez šaubām dod nelielu SEG emisiju samazinājumu un tāpēc ir iekļaujams NEKP pasākumos.

Būtiski atzīmēt, ka NEKP ziņošana paredz SEG samazinošos pasākumus dalīt eksistējošos un papildu pasākumos. Tā kā tie visi NEKP pasākumā minētie pasākumi ir iekļauti jau aktuālajā KLP SP periodā, tie tiek uzskatīti par eksistējošiem pasākumiem. Jaunos papildu pasākumus atbildīgā par lauksaimniecības sektoru Zemkopības ministrija nepiedāvā. Šāda nostāja droši vien nebūs iespējama ilgtermiņā, jo Eiropas Komisijas nostāja, ka dalībvalstīm jābūt gataviem piedāvāt papildu pasākumus pat situācijā, ka SEG emisiju uzstādītie mērķi ir sasniedzami.

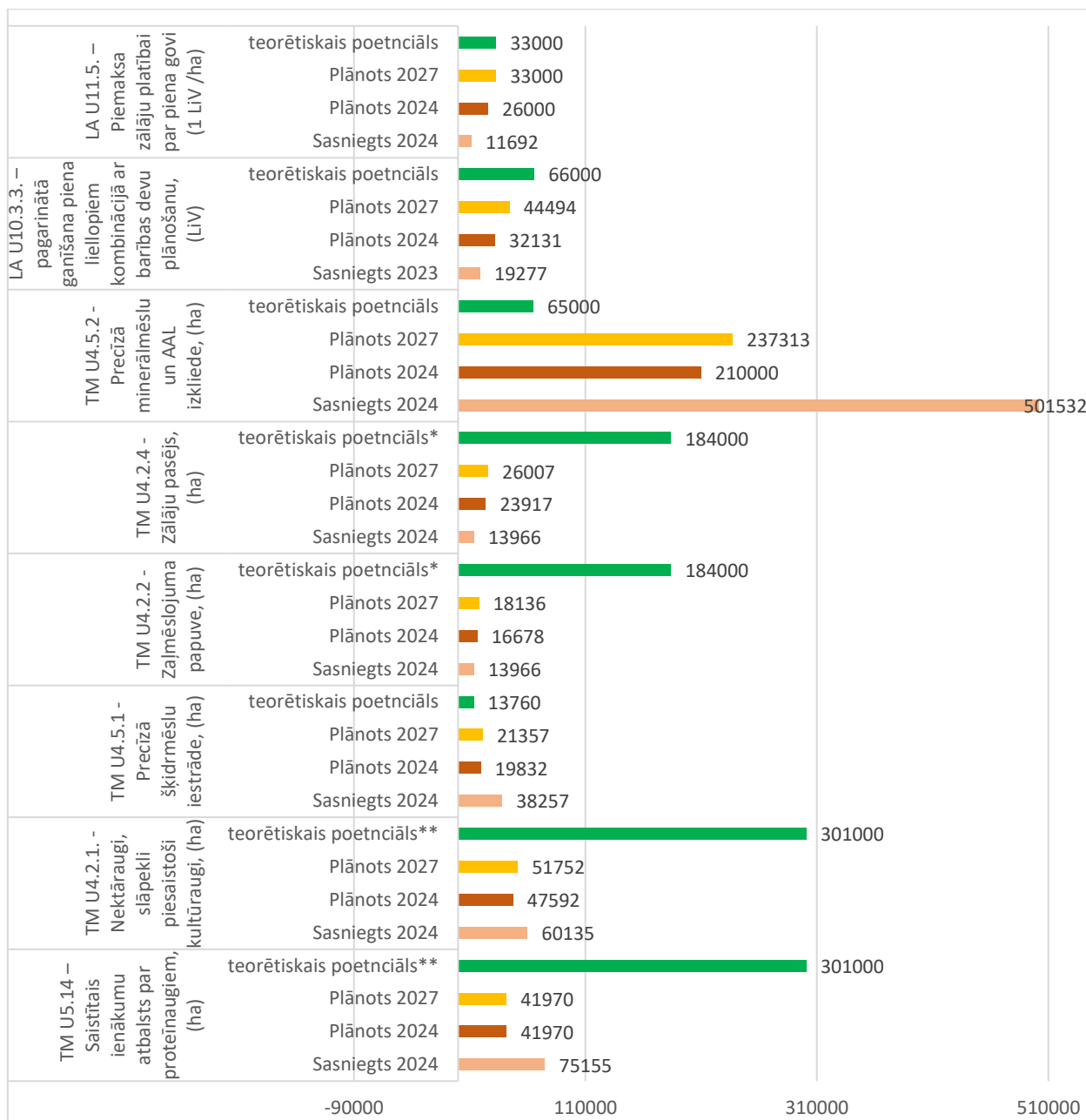
2.5. Gaisa piesārņojuma samazināšanas rīcības plāns 2020.-2030. gadam iekļautie pasākumi

Gaisa plāns ir nosacīti senāk sagatavotais no analizētajiem politikas dokumentiem un iespējams tāpēc raksturojas liels optimisms iekļautajos pasākumos. MACC projektu rezultāti visbūtiskāk ietekmēja tieši Gaisa plānā iekļautos pasākumus, jo būtībā teorētiski analizētie MACC pasākumi diezgan tieši ir integrēti Gaisa plānā. Tāpēc var apgalvot, ka faktiski teorētiskais potenciāls sakrīt ar Gaisa plāna potenciālu amonjaka samazināšanai. No teorētiski analizētajiem pasākumiem Gaisā plānā nav iekļauts tikai viens pasākums “Bez pakaišu māju putnu kūtsmēsli samazināts iestrādes laiks (4 stundas)”, kura 6 gadu amonjaka samazināšanas potenciāls bija 0.1 t NH₃.

Vairāki pasākumi būtībā sakrīt ar SEG emisiju samazinošiem pasākumiem, kā “Bioloģiskās piena lopkopības veicināšana”, Slāpekļa piesaiste tauriņziežu rotācijā”, Mēslošanas plānošana un praktiska ieviešana”. Šie pasākumi ir atbalstīti KLP SP, kas ļauj cerēt, ka teorētiskais potenciāls vismaz daļēji (atbilstoši KLP SP mērķa lielumiem) tiks sasniegti. Tāpat cerība uz vismaz daļēju amonjaka samazinājumu ir pasākumiem, kas atbalstīti LA4.1.1. “Atbalsts ieguldījumiem lauku saimniecībās” intervencē. Šie pasākumi ir “Biogāzes ražošanas veicināšana”, “Jaunu cilindrisku krātuvju izbūve” un

No Gaisa plānā minētajiem pasākumiem KLP nav iekļauti pasākumi ar normētu kūtsmēsļu iestrādes laiku “Šķidro kūtsmēsļu iestrādes laiks (4 stundas)” un “Pakaišu kūtsmēsļu samazinātais iestrādes laiks (12 stundas)”. Ņemot vērā kā KLP SP iekļauto pasākumu ar amonjaka samazinošo potenciālu mērķa aktivitātes lielumi ir līdzīgi vai pat lielāki (Tiešā kūtsmēsļu iestrāde), tad varētu prognozēt, ka Gaisa plāna mērķi varētu tikt sasniegti, pie nosacījuma, kā investīciju atbalsta pasākumi nodrošinās teorētiskajam līdzīgu aktivitātes datu līmeni.

Pasākumu sagaidāmais SEG un amonjaka emisiju samazinājums ir iespējams pie nosacījuma, ka zemnieki jaunos pasākumus ievieš savā saimniecībā un tā kļūs par praksi. Tāpēc izšķiroši ir ne vien teorētiski aprakstītos pasākumus iekļaut politikas plānos, bet sekot līdzi un pie nepieciešamības korigēt pasākumu ieviešanu praksē. Kā iepriekš tika norādīts, daļai pasākumu, visbiežāk investīciju intervences pasākumiem, nav definēti sasniedzamie mērķi, kas būtu attiecināmi uz aktivitāšu lielumiem (visbiežāk: dzīvnieku skaits, izmantotā platība). Šiem pasākumiem jādoma, kā izgūt un apkopot informāciju no zemnieku iesniegto atbalsta pasākumu pieteikumiem un turpmākās pavadošās informācijas. Daļai pasākumu informāciju apkopo LAD. 4. attēlā apkopota informācija par SEG emisijas samazinošiem pasākumiem, par kuriem LAD apkopo informāciju.



*teorētiskā potenciāla noteikšanā ir viens pasākums “Zālmēslojuma augu audzēšana”

** teorētiskā potenciāla noteikšanā ir viens pasākums “Slāpekļa piesaiste (tauriņzieži)”

Avots: autoru veidots izmantojot LAD informāciju (2024)

4. attēls. SEG un amonjaka emisiju samazinošo pasākumu aktivitātes lielumu teorētiskais potenciāls, politikas mērķi un sasniegtais

No 4. attēlā apkopotās informācijas redzams teorētiskais potenciāls no MACC projektiem (zaļš), KLP SP plānotais 2027. gadā (dzeltens), kā arī plānotais KLP 2024. gadā (sarkans) un arī provizorisks rezultāts no 2024. (brūns) gada pieteikumiem. Jāpiezīmē, ka pasākumam “Pagarinātā ganīšana piena liellopiem kombinācijā ar barības devu plānošanu (LA U10.3.3.) provizorisks rezultātu vēl nebija, tāpēc izmantoti 2023. gada faktiskie rezultāti.

Lielākajai daļai analizēto pasākumu teorētiskais potenciāls ir lielāks vai sakrīt ar politiskajiem mērķiem. Vienlaikus ir divi izņēmumi.

Viens no tiem ir pasākums “Precīzā šķidrmēslu iestrāde”. Šim pasākumam ir relatīvi augsts amonjaka emisijas samazinošs efekts. Pamatojoties uz salīdzinoši augstām pasākuma ieviešanas

izmaksām, teorētiski noteiktais potenciāls ir 64% no KLP SP 2027. gada mērķa. Vienlaikus zemnieku interese par šo paskumu ir vēl lielāka, jau šogad šī politiskais mērķis tiks pārsniegts par 16%.

Otrs izņēmums ir pasākums “Precīzā minerālmēslu lietošana un AAL izkliede”, kuram sasniegtais (provizoriski) 2024. gadā vairāk kā divas reizes pārsniedz KLP SP mērķa lielumus un gandrīz 8 reizes pārsniedz teorētisko potenciālu, kas bija noteikts relatīvi neliels, jo pasākumam ir minimāla ietekme uz SEG emisiju samazinājumu un ieviešanā ir dārgs.

Jāsecina, ka zemniekiem patīk pasākumi, kas saistīti ar investīcijām tehnikā, vienlaikus jādomā vai šīs investīcijas ir pamatotas un kā tās kopumā ietekmē zemnieku saimniecību ražotās produkcijas pašizmaksu.

Būtiski augstāks teorētiskais potenciāls ir “Slāpekļa piesaistes (tauriņziežu audzēšana)” pasākumam, kas KLP SP ir atbalstīts divos pasākumos “Nektāraugi, slāpekli piesaistoši kultūraugi” (TM U4.2.1) un “Saistītais ienākumu atbalsts par proteīnaugiem” (TM U5.14). Agregēta abu KLP SP pasākumu vērtība ir nepilna trešā daļa (31%) no teorētiskā potenciāla. Vienlaikus interese zemniekiem par šāda veida uzlabojumiem saimniekošanas praksē ir, jo jau šogad politiski plānotais tiks pārsniegts par 79% un attīstoties proteīna ražošanai var paredzēt, ka turpinās pieaugt. Šim pasākuma ir relatīvi augsts SEG emisijas samazinošs efekts, tāpēc politikas veidotājiem jāpārdomā iespējas atbalstīt slāpekli piesaistošu augu audzēšanu.

Līdzīga situācija ir ar pasākumu “Zaļmēslojuma augu audzēšana”, kas KLP SP ir specifiskāk sadalīts divos atbalstāmos pasākumos “Zaļmēslojuma papuve” (TM U4.2.2) un “Zālāju pasējs” (TM U4.2.4). Arī šajā gadījumā teorētiskais potenciāls ir būtiski augstāks un KLP SP mērķi veido tikai nepilnu ceturto daļu (24%) no teorētiskā potenciāla. Jāpiezīmē, ka arī zemnieku interese par šiem pasākumiem ir mērena. “Zālāju pasējs” gadījumā šogad provizoriski tiks sasniegta nedaudz vairāk kā puse (53%) no 2027. gada mērķa, tad “Zaļmēslojuma papuve” mērķa platības būs 77% apmērā no mērķa.

Divi atlikušie piena lopkopību atbalstoši pasākumi nevar lepoties ar lielu zemnieku interesi. Tas ir satraucoši tieši pasākuma “Bioloģiskās piena lopkopības veicināšana” (KLP SP “Piemaksa zālāju platībai par piena govi” (LA U11.5)), jo šim pasākuma ir būtiska loma SEG un īpaši amonjaka emisiju samazināšanas mērķu sasniegšanai. Šim pasākumam politikas mērķi sakrīt ar teorētisko potenciālu, bet zemnieku interese par šo pasākumu ir zema, šogad prognozēts sasniegt tikai 35% no šī mērķa, kas rada bažas par SEG un amonjaka emisiju samazināšanas mērķu sasniegšanu. Protams, to varētu skaidrot ar kopējām tendencēm piena ražošanas nozarē.

Pasākuma, kam gan bija paredzēts samērā augsts teorētiskais SEG samazinājuma potenciāls, bet pateicoties KLP SP nosacījumiem faktiski nedod ieguldījumu tajā ir pasākums “Pagarinātā ganīšana piena liellopiem kombinācijā ar barības plānošanu”. KLP SP paredz atbalstu par ganīšanu 160 dienu garumā, kas ir tāds pats ganāmo dienu skaits kāds izmantos pašreiz aprēķinos Nacionālajam inventarizācijas ziņojumam. Arī zemnieku interese par šo pasākumu šogad ir zema jeb 43% no 2027 gada mērķa lieluma.

2.7. Lauksaimniecības SEG samazināšanas scenāriji

Latvijas lauksaimniecības attīstību nosaka gan tirgus attīstības faktori, pieejamā infrastruktūra un tās attīstība, kas ir ekonomiski faktori. Vienlaikus Latvijas Republika ir apņēmusies samazināt antropogēno ietekmi, kas nozīmē arī ražošanas ierobežojumus un arī iespējas saņemt atbalstu lauksaimnieciskās ražošanas pārveidei vai praksēm, kas mazina lauksaimniecības ietekmi uz klimatu. Šim nolūkam ir parakstīti virkne dokumentu, kas iezīmē specifiskus pasākumus, kas mazina SEG emisijas. Var izvirzīt četrus lauksaimniecības SEG emisiju mazināšanas scenārijus, kas izriet no būtiskākajiem šo procesu ietekmējošiem dokumentiem:

1. Lauksaimniecība bez SEG mazinošiem pasākumiem, kas paredz, ka lauksaimniecībā kopējās tendences turpinās tā kā ir un SEG emisiju samazināšanai specifisku pasākumu nav;
2. Teorētiskā potenciāla scenārijs, kas paredz, ka tiek ieviesti visi iepriekš aprakstītie SEG mazināšanas pasākumi un atbilstoši noteiktam aktivitātes līmenim;
3. WEM/WAM ANO ziņotais scenārijs, kas ir valsts oficiāli ziņotās SEG emisiju samazināšanas prognozes ANO, saistībā ar Parīzes nolīgumu apņemšanos;
4. KLP SP 2020.-2027. scenārijs, kas paredz Latvijas KLP Stratēģiskā plāna 2020.-2027. gadam ietvertu SEG mazinošo pasākumu realizāciju

Lauksaimniecība bez SEG emisijas mazinošiem pasākumiem (bāzes scenārijs). Latvijas lauksaimniecību raksturojošie rādītāji, joprojām liecina par ražošanas intensifikāciju, ražīgums turpina palielināties, bet ražojošo vienību (z/s skaits, lauksaimniecības dzīvnieku skaits u.c.) samazinās un, ka arī ekstensifikāciju, jo kopējais LIZ apjoms desmit gadu laikā (2015.-2024.) palielinājies par 5%, galvenokārt uz aramzemi platību pieauguma (11%), vienlaikus pļavas un ganības ir samazinājušas (-8%). Pēdējais fakts skaidrojams ar lauksaimniecības dzīvnieku (izņemot mājputnus: pieaugums par 32%) skaita samazinājumu. Desmit gadu laikā liellopu skaits samazinājies par 16%, tai skaitā govju skaits (-14%), un visbiežāk mazajās lopkopības saimniecībās. Ja lopkopības saimniecību skaits desmit gadu laikā samazinājās par 53%, tad vislielākais iespaids bija saimniecībām ar govju skaitu līdz 30, kas samazinājās par 61%, tai pat laikā saimniecību skaits ar govju skaitu virs 100 govīm samazinājums ir tikai 7%. Samazinājums faktiski neietekmēja saražoto, svaigpiena ražošana kritās tikai par 2%, jo dzīvnieku govju vidējā produktivitāte pieauga par 40%, bet gaļas ražošana pieauga par 6%.

Pārmaiņas lauksaimniecības nozarē ietekmēja arī SEG emisijas. Kopējās lauksaimniecības emisijas desmit gadu (2012.-2022.) laikā pieauga par 15%, vienlaikus pēdējos ziņošanas gadus (2020.-2022.) tikai par 0.2%. Vienlaikus radīto SEG emisiju apjomu var ietekmēt specifiski apstākļi, piemēram 2018. gada sausums un lietavas, kā arī sekojošās COVID-19 pandēmijas sekas, kad emisijas samazinājās minēto apstākļu seku dēļ. Vienlaikus, tie neietekmē kopējo SEG emisiju apjomu ilgtermiņā, kas plānojams vairs būtiski nepieaugs un svārstīsies ar 2022. gada rezultātu 2 253 kt CO_{2ekv}. SEG emisiju struktūru nosaka divi galvenie avoti 47% ir emisijas no lauksaimniecības augsnēm un 42% - emisijas no zarnu fermentācijas, pie kam lielāko daļu 58% rada govju un 37% pārējie liellopi. Šis ir pamatojums lopkopības SEG emisijas mazinošo pasākumu fokusam uz govju un liellopu saimniecībām.

Šajā scenārijā SEG emisiju prognozes faktiski nemainās. Saskaņā ar ZM prognozēm turpmākos gadus nedaudz par 1.5% pieaug slāpekļa minerālmēslo lietošana, samazinās liellopu skaits, īpaši slaucamu govju (-5%), tāpēc turpina nedaudz samazināties pļavas un ganības, kā arī citi faktori, kas būtiski nemaina SEG emisiju vektoru.

Teorētiskā potenciāla scenārijs. Scenārijā tika iekļauti 17 SEG emisijas mazinoši pasākumi, iepriekš jau tika izanalizēti un tie tiek realizēti atbilstoši teorētiskajam potenciālam. Jāpiezīmē, ka tikai 12 pasākumi iekļauti KLP SP, pie kam atšķirās ieviešanas intensitāte (4. attēls). Teorētiskais potenciāls ir noteikts relatīvi zems, cenšoties pietuvināt reāliem apstākļiem, ņemot vērā

saimniecību lielumu, saimniekošanas veida īpatnības, specializāciju u.c. faktorus, kas tika izmantoti lauku saimniecību sadalīšanai klasteros iepriekšējos projektos. Vienlaikus attiecībā uz dažiem pasākumiem, teorētiskais potenciāls varētu būt augstāks, jo netika pienācīgi novērtēta zemnieku vēlme un spēja investēt jaunās tehnoloģijās, kas noteikti vēl jāprecizē un jāņem vērā nākošajos pētījumos. Vienlaicīgi jāatzīmē, ka pasākuma “Precīzā minerālmēslu un AAL izkliede” rezultātu aktualizēšana kopējo teorētisko potenciālu palielinātu par 4%, vienlaikus mērķa platības pieauga par vairāk kā 7 reizes. Citos teorētiskā potenciāla scenārijā minētos pasākumos pasākuma ieviešanas aktivitātes līmenis ir vai nu zemāks, vai pasākums vispār nav ieviests. Kopumā ieviešot teorētiskā potenciāla scenāriju SEG emisijas tiktu samazinātas par 11%, kas nodrošina pārlicecinošu starptautisko saistību izpildi. Vienlaikus norādot, ka neņemot vērā ekonomisko un sociālo dimensiju, klimata ietekmes mazināšanas potenciāls lauksaimniecībā ir, kas gan jāvērtē kā teorētiski, meklējot ilgtspējīgu līdzsvaru starp visām trim ilgtspējas dimensijām.

WEM/ WAM ANO ziņotais scenārijs. Latvijai ir jādod savs ieguldījums SEG emisiju mazināšanā saskaņā ar ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām (ANO, 09.05.1992), ko ratificējusi LR Saeima apņemas veikt pasākumus, lai novērstu vai neitralizētu klimata pārmaiņu cēloņus un mazinātu to cēloņus. LR Saeima Parīzes nolīgumu parakstīja 22.04.2016, ar ko apņemas samazināt SEG emisijas, lai noturētu klimata pārmaiņas zem 2° grādu robežas salīdzinot ar pirms industriālo līmeni, kā arī pielikt pūles, lai ierobežotu klimata temperatūras celšanos zem 1.5° salīdzinot ar pirms industriālo periodu. Vienlaicīgi konvencijas puses, ieskaitot Latviju, ziņo par SEG emisijām saskaņā ar Klimata pārmaiņu starpvaldības padomes (IPCC – *Intergovernmental Panel on CLimate Change*) vadlīnijām, un arī sagatavo Divu gadu caurskatāmības ziņojumu (BTR), kurā uzskaitīti pasākumi Parīzes nolīguma mērķu sasniegšanai. BTR ziņojums faktiski ataino LR valdības politikas klimata pārmaiņu mazināšanai un palīdzībai attīstības valstīm. Ziņošanas formāts paredz divus scenārijus ar esošajiem pasākumiem (WEM) un ar papildu pasākumiem (WAM), kas iezīmē turpmāk iezīmētus pasākumus klimata pārmaiņu mazināšanai. Lauksaimniecība ir nodalīta kā atsevišķs sektors, vienlaikus uzskaites specifikas dēļ, tas ataino tikai daļu lauksaimniecībā radīto emisiju, jo tikai daļēji ietver organisko augšņu un neietver ar enerģijas izmantošanu saistītās emisijas, kuras uzskaita ZIZIM un Enerģētikas sektoros. Latvijas BTR (2024) ietver regulējošus pasākumus (ierobežojumus un prasības) kā arī ekonomiskus politikas pasākumus, kas būtībā balstās KLP SP 2020.-2027. atbalsta pasākumos, kā arī tai būtu jāsakrīt ar NEKP 2021.-2030. ZM konceptuāla nostāja, ka jauni pasākumi ir iespējami tikai apstiprinātā finansējuma ietvaros, kas pamatā ir KLP SP 2020.-2027., tāpēc jaunu pasākumu nav. Tādējādi lauksaimniecības sektoram WAM scenārija faktiski nav un tā mērķa vērtības sakrīt ar WEM scenāriju. Šajā pētījumā ietvertais WEM/WAM scenārijā ietverti gan regulējošie, gan ekonomiskie SEG emisijas mazinošie pasākumi, kas ir kvantificējami, novērojami, pierādāmi un aprēķināmi.

8. tabula

WEM/WAM scenārijā ietvertie SEG mazinošie pasākumi

Pasākums	Iekļauts aprēķinos
Veicināt bioloģisko piena lopkopību (zemas emisijas piena lopkopība)	V
Atbalsts mēslošanas plānošanai un precīzai mēslošanas līdzekļu lietošanai	V
Veicināt pākšaugu iekļaušanu augsekā slāpekļa fiksācijai	V
Pākšaugu ieviešana tradicionālajās augsekās	V
Prasības kūtsmēslu uzglabāšanai un izkliedēšanai	V
Meliorācijas sistēmu uzturēšana un modernizācija lauksaimniecības zemēs	V

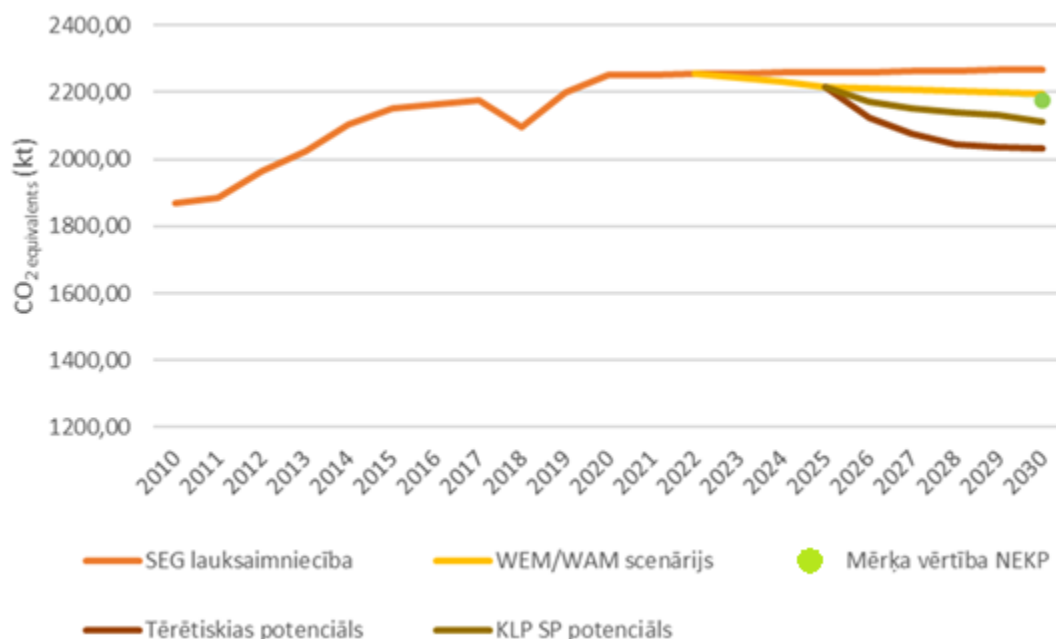
Veicināt biogāzes un biometāna ražošanu un biometāna izmantošanu	V
Palielināt bioloģiskās lauksaimniecības zemes platību attiecībā pret kopējo lauksaimniecības zemi	V
Veicināt zālāju saglabāšanu	X
Saudzējošas lauksaimniecības prakse	X
Paaugstinātas labturības prasības un emisijas samazinoša lopkopība	V
Nitrātu jutīgo teritoriju apsaimniekošana	V
Prasības augsnes un ūdens aizsardzībai no nitrātu radītā lauksaimniecības piesārņojuma	V
Kultūras mēslošanas plāni jutīgās zonās	V
Ekstensificēta augseka	V
Atbalsts precīzas lopkopības pieejas attīstībai liellopu audzēšanas saimniecībās, lai izstrādātu barošanas plānus un veicinātu augstas kvalitātes barības izmantošanu sagremojamības uzlabošanai	V
Veicināt un atbalstīt organisko mēslošanas līdzekļu tiešu iestrādi augsnē	X

Avots: autoru apkopojums, 2025

Pasākumu saraksts ir plašāks nekā NEKP plānā minēts, jo ietver gan normatīvā regulējuma prasības, kas ir obligātas. Vienlaikus šīs prasības noklusēti ir ietvertas bāzes scenārijā, jo tās normatīvā regulējuma prasības ir spēkā un ietekmē SEG emitēšanu jau tagad. Citi minētie pasākumi ir iepriekš ZM ziņotie pasākumi, kas vel ir aktuāli, jeb dod ieguldījumu SEG samazināšanā. Būtisks faktors pasākumu izmantošanai aprēķinos ir reprezentatīvas un pārbaudāmas informācijas trūkums par piemēroto pasākumu intensitāti (aktivitātes dati), pie kam gan pirms pasākuma, gan pēc, kas ļauj aprēķināt sagaidāmo SEG emisiju samazinājuma efektu.

KLP SP 2020.-2027. scenārijs. Šajā scenārijā iekļauti pasākumi kas atbalstīti KLP SP 2020.-2027. gadam un kuriem ir iespējams novērtēt sagaidāmo efektu. Scenārijā iekļauti pasākumi "Pagarinātā ganīšana piena liellopiem kombinācijā ar barības plānošanu" (LA 10.3.3), "Zālāju pasēja" (TM 4.2.4), "Veicināt slāpekli piesaistošu (tauriņziežu) kultūraugu audzēšanu" (TM 4.2.1); "Precīzā kūtsmēslu iestrāde" (LA 4.1.2), "Piemaksa zālāju platībai par piena govi" (LA 11.5), Precīzā minerālmēslu iestrāde" (TM 4.5.2), "Saistītais ienākumu atbalsts par proteīnaugiem" (TM 5.14), "Zaļmēslojuma papuve" (TM 4.2.2) . Jāpiezīmē, ka KLP SP 2020.-2027. ietverti vairāk pasākumi, kas būtu saistāmi ar iespējamu SEG emisiju samazinājumu, vienlaicīgi vai nu nav skaidrs sagaidāmais efekts, vai arī nav mērķa vērtību, piemēram, investīciju atbalsta pasākumiem. Teorētiski, iespējams ietvert arī minētos pasākumus, tomēr ir nepieciešama papildus informācija par iespējamo intervences "Atbalsts ieguldījumiem SEG un amonjaka emisijas samazinošiem pasākumiem un klimata pārmaiņu mazināšanai un pielāgošanās pasākumu īstenošanai lauku saimniecībās" sadalījumu iespējamām finansējamām tehnoloģijām. Piemēram izmantojot virkni pieņēmumu "Bezapgāves tehnoloģiju izmantošana" plānošanas periodā varētu samazināt SEG emisijas par 196 t CO_{2ekv}, kas gan relatīvi nav ļoti būtisks samazinājums. Kopējais SEG emisiju samazinājums varētu 604 kt CO_{2ekv}, pie nosacījuma, ka tiek realizēti minētie pasākumi plānotajā apjomā.

Visu aprakstīto scenāriju apkopojums ir 5. attēlā.



Avots: autoru aprēķini, 2025

5. attēls. Lauksaimniecības SEG samazināšanas scenāriji

WEM/ WAM ANO ziņotais scenārijs faktiski balstās NEKP 2021.-2030. minētajos pasākumos, tomēr atlasīto pasākumu dēļ (BTR nav iekļauts pasākums, kas paredz biometāna izmantošanu, minētais ietaupījums 14 kt CO_{2ekv} gadā, vienlaikus iekļauti citi, x. tabula), kā arī iespējams atšķiras SEG ietaupījuma metodika rezultāti atšķiras un saskaņā ar WEM/WAM ANO ziņoto scenāriju NEKP 2021.-2030. mērķa vērtība netiek sasniegta. NEKP paredz, ka 2030. gadā Latvijas lauksaimniecība radīs 2176,33 kt CO_{2ekv}, tomēr BTR WEM scenārijā prognozēts 2194,13 kt CO_{2ekv}, jeb par 17.80 kt CO_{2ekv} vairāk. Starpība gan nav liela un ir iespējams uzstādīto mērķa rādītāju sasniegt. Vienlaikus pie nosacījuma, kā KLP SP 2020.-2027. pasākumi tiešām tiek realizēti paredzētajā apjomā. No otras puses, samazinājumu varētu nodrošināt arī ne tieši pasākumi vai izmaiņas lauksaimniecības rādītājos, kā piemēram straujāks piena govju skaita samazinājums. Teorētiskais potenciāls nodrošina iespējas pārskatīt iespējamās KLP SP 2020.-2027. intervences, piedāvājot jaunus atbalsta pasākumus vai palielinot mērķa rādītājus populārākiem un vienlaikus SEG emisijas samazinājuma efektīvākiem pasākumiem. Vienlaikus jau esošais nepilnīgi uzskaitītais KLP SP 2020.-2027. SEG emisiju samazinājuma potenciāls nodrošinātu NEKP mērķa rādītāja sasniegšanu, pie nosacījuma, ka pasākuma efektu un aktivitātes rādītājus būtu iespējams ticami konstatēt un tie būtu pieejami starptautiskiem auditoriem. Tātad ir jābūt skaidrs stāvoklis pirms pasākuma, pasākuma ieviešanas efekts un aktivitātes lielumi.

Galvenie secinājumi

1. Apzinātie SEG emisijas samazinošie pasākumi nodrošina starptautisko saistību klimata pārmaiņu mazināšanā izpildi. Vēl vairāk teorētiskais SEG emisiju samazinājuma potenciāls ir lielāks nekā ietverts politikas dokumentos. Vienlaikus ieviešot pasākumus jāņem vērā iespējamā ietekme uz saimniecības ienākumiem, kopējo ekonomisko efektu valstī, darbaspēka ietekmi u.c. faktorus, kas netieši var radīt negatīvus blakusefektus. Jāatzīmē, ka SEG emisijas samazinošie pasākumi bieži ir ar daudzējādu ietekmi uz Zaļā kursa mērķiem un pārsvarā pozitīvu, kas nozīmē, ka to stratēģiskā nozīme ilgtspējīgā attīstībā ir nozīmīga.
2. No politisko mērķu sasniegšanas viedokļa, būtiski ir pilnveidot datu un informācijas apriti, kas nodrošina ticamu, pārbaudāmu un IPCC ekspertiem pieejamu informāciju par SEG samazinošo

pasākumu izpildi. Šādas informācijas trūkums rada diskusijas par publiskā finansējuma efektivitāti un mērķtiecīgumu. Vienlaikus informācijas aprites uzlabošana nodrošina jau esošo pasākumu iekļaušanu BTR ziņojumos, kas apliecina valsts mērķtiecīgu virzību uz Klimata mērķu sasniegšanu, nepalielinot jau iedalīto finansējumu.

3. Kā jau minēts, esošie pasākumi teorētiski nodrošina Klimata mērķu sasniegšanu, tomēr zemnieku interese par dažām KLP intervencēm ir maza, kas var apdraudēt mērķu sasniegšanu, kas nozīmē, ka nepieciešams pārskatīt atbalsta saņemšanas lielumu un nosacījumus. Būtiski ir noskaidrot zemnieku vājās intereses iemeslus, kā arī to pasākumu mijiedarbību. Iespējams izvēlēties arī jaunus pasākumus no teorētiska scenārijā iekļauto pasākumu klāsta, kā arī efektīvus, bet dārgus pasākumus, kā piemēram metāna inhibitoru lietošanu, kas faktiski jāizskata kā alternatīva soda naudu maksāšanai par Klimata mērķu neizpildi, jo nerada stratēģiskus un ražošanas ieguvumus.

3. Oglekļa neitralitātes un dekarbonizācijas koncepti politiskajā dienas kārtībā Latvijā un Eiropas Savienības līmenī

Analizējot pasaules iedzīvotāju skaita izmaiņu statistiskos datus un iepazīstoties ar Apvienoto Nāciju organizācijas prognožu rezultātiem par iedzīvotāju skaita izmaiņām nākotnē (United Nations, 2024), var droši apgalvot, ka pieprasījums pēc resursiem un emisiju veidošanās šo resursu izmantošanas saglabāsies kā ilgtermiņa globālā aktualitāte. Pasaules iedzīvotāju skaits pēc prognožu rezultātiem maksimumu sasniegs šī gadsimta beigās, sasniedzot prognozēto 10,3 miljardu cilvēku kopskaitu (United Nations, 2024).

Papildu faktors resursu izmantošanas pieaugumam ir novērotā globālās ekonomikas izaugsmes konverģence, mazāk attīstītajiem reģioniem saglabājot straujāku ekonomikas attīstības tempu salīdzinājumā ar attīstītajiem pasaules reģioniem (Emiko, Will, 2020). Globālās ekonomikas izaugsme diemžēl veido būtiskus ārējos efektus. Šī pētījuma kontekstā ir jāizceļ divi svarīgākie:

1. turpina attīstīties globālie industrializācijas procesi;
2. pieaug pieprasījums pēc pārtikas (Turk J. 2016).

Šo ekonomikas izaugsmes ārējo efektu rezultātā turpina palielināties neatjaunojamo resursu avotu pārmērīgai izmantošana, kā rezultātā pieaug siltumnīcefekta gāzu emisijas dabas vidē (*greenhouse gases include carbon dioxide, methane, and nitrous oxide*), izraisot globālās temperatūras paaugstināšanos, veicinot virkni dabas vides degradācijas un sociālo problēmu (Warner et al., 2010). Siltumnīcefekta gāzu koncentrācijas atmosfērā globālie monitoringa dati (izteikti oglekļa dioksīda (CO₂) koncentrācijā) uzrāda CO₂ koncentrācijas atmosfērā ievērojamu palielinājumu no 285 ppm (*parts per million*) 1850. gadā līdz 425.79 ppm 2024. gadā (CO₂ Daily, 2024). CO₂ koncentrācija atmosfērā pēdējo 10 gadu laikā ir pieaugusi par 6,6%.

Tiek prognozēts, ka saskaņā ar pašreizējām ekonomikas izaugsmes tendencēm, resursu ieguve un izmantošana no 2015. līdz 2050. gadam palielināsies par 119 % no 84 līdz 184 miljardiem tonnu gadā, savukārt siltumnīcefekta gāzu emisijas palielināsies par 41 % (Hatfield-Dodds et al., 2017).

Globālās ekonomikas izaugsmei ir būtiska ietekme uz patērētāju paradumiem pārtikas izvēlē. Statistikas dati apliecina un prognožu rezultāti norāda uz būtisku gaļas patēriņa pieaugumu ekonomiskās attīstības reģionos. Vidējais pieprasījums pēc liellopu, aitas, kazas, cūkas un mājputnu gaļas, kā arī piena un olām visā pasaulē no 2020. līdz 2050. gadam palielināsies par 14% uz vienu iedzīvotāju un kopumā par 38%, ja patērētāju ienākumu un iedzīvotāju skaita pieauguma tendences saglabās esošo dinamiku (Komarek et al., 2021).

Esošais globālās ekonomikas izaugsmes modelis ir nonācis pretrunās, jo nespēs pastāvēt ilgtermiņā tā radīto ārējo efektu dēļ. Būtībā ekonomikas izaugsme apdraud ilgtspēju. To apstiprina analizētie klimata izmaiņas raksturojošie statistikas dati (CO₂ Daily, 2024) un veiktās resursu izmantošanas ilgtermiņa prognozes (Hatfield-Dodds et al., 2017).

Siltumnīcefekta gāzu izraisītā globālās temperatūras paaugstināšanās jau ir nodarījusi ievērojamu kaitējumu cilvēka dzīves videi: dažu sugu izmiršanu, bioloģiskās daudzveidības zudumu, sausumu, pārtikas nepieejamību, meža ugunsgrēkus, okeānu paskābināšanos, Ziemeļpola un Dienvidpola ledāju (NSPG) kušanu un jūras līmeņa celšanos (Maximillian et al., 2019; Mora et al., 2018).

3.1. Oglekļa neitralitātes un dekarbonizācijas definīcija

Lai mazinātu ekonomiskās izaugsmes negatīvo efektu ietekmi uz klimata izmaiņām, pasaules valstis ir vienojušās kopējai politiskajai rīcībai. 2015. gada 12. decembrī 197 Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām (UNFCCC) dalībvalstis Parīzes klimata pārmaiņu konferencē (PCCC) vienbalsīgi vienojās pieņemt Parīzes nolīgumu, kurā izklāstīti plāni globālai rīcībai,

lai risinātu klimata pārmaiņu problēmu pēc 2020. gada. Saskaņā ar Parīzes nolīgumu katra valsts vienojās ierobežot globālās temperatūras pieaugumu līdz mazāk nekā 2 °C un strādāt pie tā, lai globālās temperatūras pieaugumu ierobežotu līdz mazāk nekā 1,5 °C (UNFCCC, 2015). Līdz 2021. gada februārim 124 valstis visā pasaulē bija paziņojušas par nodomu kļūt oglekļneitrālām un līdz 2050. vai 2060. gadam sasniegt oglekļa nulles neto emisiju līmeni (Chen et al., 2022).

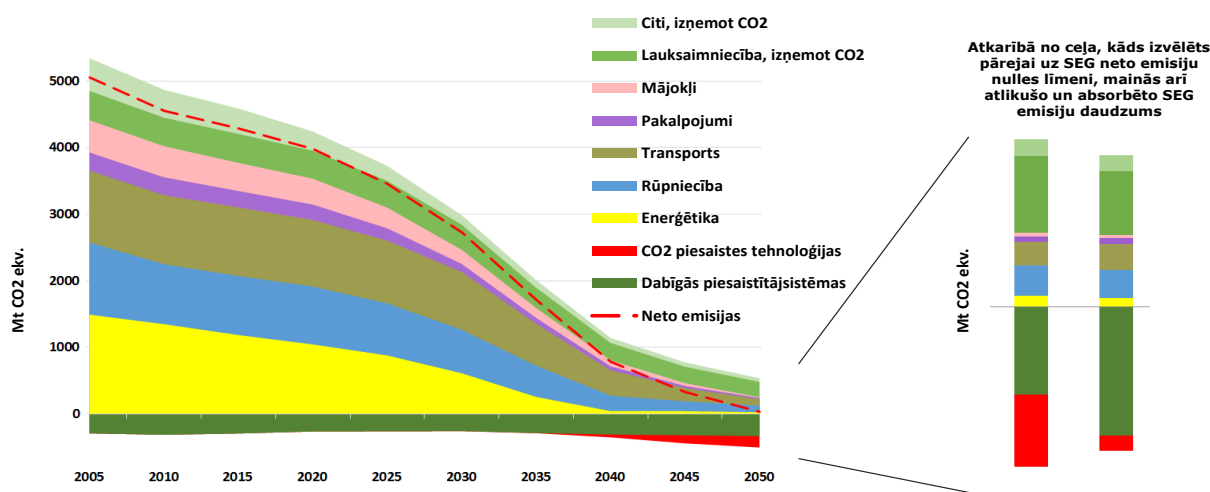
Klimata izmaiņu mazināšanas politikas dokumentos tiek lietoti termini *Carbon Neutrality* un *Net-Zero Carbon emissions*. Izmantotie formulējumi raksturo klimata izmaiņu mazināšanas darbības, kas tiek ietvertas politikas veidošanas dokumentos un tās realizācijas pasākumos. Pareiza šo terminu izpratne ir pamats valstu saskaņotas rīcības nodrošināšanai klimata izmaiņu mazināšanā.

Carbon Neutrality attiecas uz punktu, kurā atmosfērā emitētās CO₂ emisijas, kas saistītas ar noteiktu vienību, tiek līdzsvarotas ar piesaisti noteiktā laika posmā tādejādi panāktu CO₂ līdzsvaru atmosfērā. *Carbon Neutrality* ir termins, ko izmanto, lai aprakstītu sistēmu kurā piedalās: no vienas puses visi emisiju veidotāji un no otras puses šo emisiju piesaistītāji. Emitētāju un emisiju piesaistītāju sadarbības rezultātā veidojas CO₂ emisiju līdzsvars un tādejādi netiek ietekmētas klimata pārmaiņas (Wei et al., 2022).

Savukārt terminam *Net-Zero Carbon emissions* ir atšķirīgs skaidrojums, jo emisiju samazināšana atmosfērā ir visu CO₂ emitētāju atbildība. Tas nozīmē, ka ik vienam resursu izmantotājam ir jāveido *Net-Zero Carbon emissions* resursu izmantošanas sistēma, kas paredz visu saimnieciskās darbības radīto emisiju atmosfērā uzkrāšanu vai piesaistišanu (Usman et al., 2022; Wei et al., 2022).

3.2. Oglekļa neitralitātes un dekarbonizācijas politiskā dienas kārtība Eiropas Savienības līmenī

Šo abu teorētisko terminu lietojums politikas plānošanas dokumentos ir izmantots lai skaidrotu kopējo ES mērķi līdz 2050. gadam panākt klimat neitralitāti — ekonomiku ar siltumnīcefekta gāzu *Net-Zero Carbon emissions*. Šis mērķis ir Eiropas zaļā kursa pamatā un, pateicoties Eiropas Klimata aktam, ir juridiski saistošs mērķis visām ES dalībvalstīm (Clean Planet for all, 2018). ES valstu kopējais klimata neitralas ekonomikas mērķis ilustrēts 6. attēlā.



Avots: Clean Planet for all, 2018

6. attēls. Ne-ETS SEG emisiju samazinājums virzībai uz Parīzes nolīguma 1,5°C scenāriju

Tīru planētu -visiem (*Clean Planet for all*) ir stratēģisks ES politiskais ilgtermiņa redzējums par pārticīgu, modernu, konkurētspējīgu un klimatam neitrālu ekonomiku. Stratēģijas mērķis ir veidot klimata izmaiņām pielāgotu ekonomisko aktivitāšu un procesu pārveidi, lai nodrošinātu sociāli taisnīgu pārkārtošanos. Jāatzīst, kas šāda ekonomisko aktivitāšu un procesu pārveide būs sarežģīta.

Tomēr, šī transformācija ir jānodrošina, lai nākotnē nesaskartos ar bezdarbības radītajām sekām ekonomiskajai, sociālajai un dabas videi. Stratēģija ir politisks dokuments, kurā ir ieskicēts redzējums un virziens, kā ieinteresētajām personām: pētniekiem; uzņēmējiem un iedzīvotājiem attīstīt jaunas un inovatīvas nozares, uzņēmumus un ar tiem saistītās darba vietas. Rūpīgi iedziļinoties stratēģijā paustajam redzējumam par klimata neitralitātes sasniegšanas ceļu, skaidri iezīmējas norādes uz nepieciešamību veidot integrētu pieeju vēlamā rezultāta sasniegšanai. Klimata neitralitātes mērķu sasniegšana ir atkarīga no veiktajām izmaiņām un ieviestajiem pasākumiem visu tautsaimniecības sektoru ekonomiskās aktivitātes procesos. Klimata neitralitātes sasniegšanas mērķi ir nodefinēti Eiropas klimata aktā (Regula (ES) 2021/1119). Regulas 20 pantā noteikts *"...līdz 2050. gadam Savienībā antropogēno emisiju apjoms no emisiju avotiem visas ekonomikas mērogā ir līdzsvarots ar siltumnīcefekta gāzu emisijas piesaistes apjomu piesaistītājos, un pēc tam attiecīgi jāpanāk negatīva emisijas balance."* Savukārt Regulas 22 pantā teiktais: *"...taisnīgas, veselīgas un videi draudzīgas pārtikas sistēmas vārdā", tā popularizēs jaunu zaļās uzņēmējdarbības modeli, kas ļaus zemes apsaimniekotājiem saņemt atlīdzību par siltumnīcefekta gāzu emisijas samazināšanu un par oglekļa piesaisti"* norāda uz principiāli jaunu izpratni par lauksaimniecības lomu klimata neitralitātes sasniegšanā. Lauksaimniecības sektoram tiek ierādīta būtiska loma oglekļa piesaistē, vienlaikus veicot galveno uzdevumu – ražot pārtiku.

Eiropas klimata akta galvenās paredzētās pārmaiņas, kurām lauksaimniecības sektoram būs jāpielāgojas ir:

- veidot saimniekošanas modeli, kurš nodrošina SEG piesaisti augos un augsnē;
- samazināt SEG emisiju veidošanās intensitāti uz saražotās produkcijas vienību;
- nodrošināt saimniekošanas procesā radīto un piesaistīto SEG emisiju līdzsvaru.

Eiropas klimata akta Regulas mērķu sasniegšanai ir apstiprināts secīgu pasākumu plāns. Ir skaidri definēti izstrādes procesā esoši normatīvie akti (Regulas) un norādīts to spēkā stāšanās brīdis. Lauksaimniecības sektora nākotnes izaicinājumi galvenokārt attiecas uz Kopīgo Centienu Regulas; Zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības regulas un Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības regulas uzlikto saistību izpildi. Šo regulu stāšanās spēkā uzliks par pienākumu sasniegt konkrētus emisiju piesaistes un samazināšanas kvantitatīvos rādītājus, kurus uzskaita saimniecību līmenī šim nolūkam izveidotā digitālā platformā. Datu verificēšanu veiks izmantojot satelīta (<https://www.copernicus.eu/en>) datus.

ES līmeņa diskusijās par efektīvas klimata mērķu sasniegšanas politikas izveidi un tās realizēšanai izlietoto finansējumu, izkristalizējas viedoklis, ka lauksaimniecībā ir konstatējami būtiski riski klimata mērķu sasniegšanai (McDonald et al., 2025). Lai mazinātu risku, ka lauksaimniecība ražojot produkciju un izmantojot zemes resursus nenodrošina pietiekamu ieguldījumu klimata mērķu sasniegšanā, ir identificēti trīs galvenie politikas attīstības virzieni: ieviest reālajā praksē **Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības regulu** (CRCF); izstrādāt **Obligātos klimata standartus** (MCS) un iekļaut lauksaimniecību **ES emisiju tirdzniecības sistēmā** (AgETS).

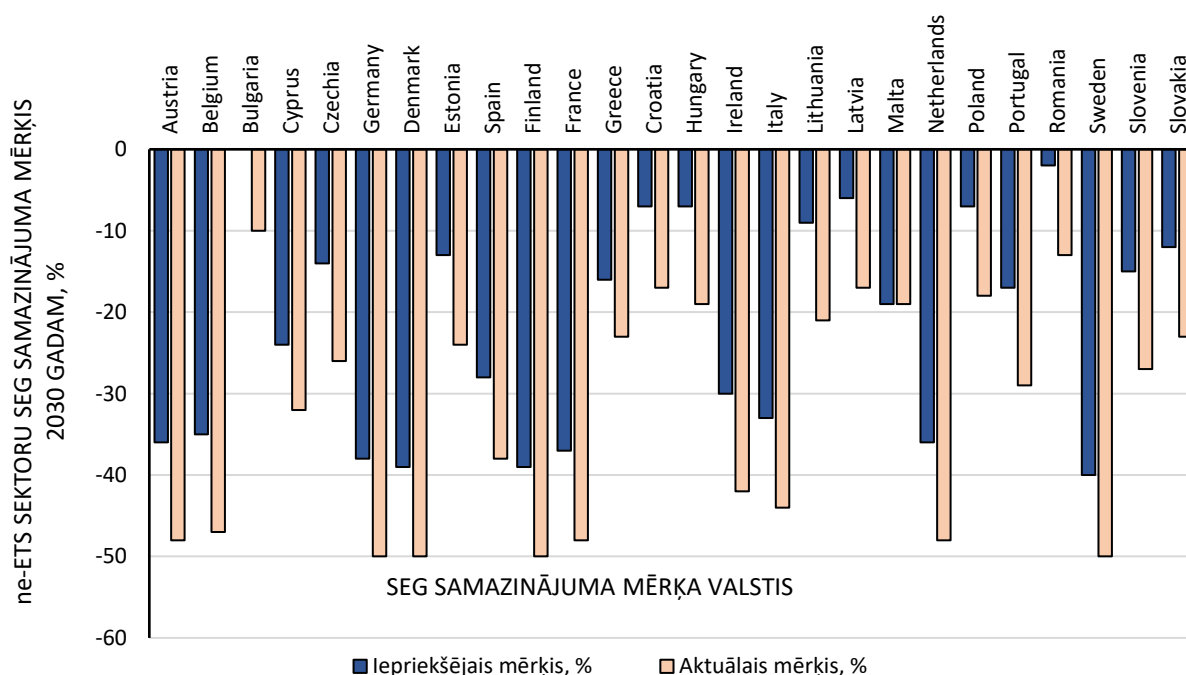
3.3. Kopīgo Centienu Regulas saturs un izpilde ES un Latvijā

Vēsturiski pirmais SEG emisiju samazināšanas mērķis lauksaimniecības sektoram ES dalībvalstīs tika noteikts ar Kopīgo Centienu Regulu (ES) 2018/842 (*Effort-Sharing Regulation (ESR)*). Kopīgo centienu regula (ESR) kopā ar LULUCF regulu un ES Emisiju tirdzniecības sistēmu (ETS) ir viens no trim galvenajiem ES klimata politikas pīlāriem. ESR regulē siltumnīcefekta gāzu samazinājuma mērķi sektoros, uz kuriem pašlaik neattiecas ES ETS. Šie sektori, saukti par Ne-ETS sektoriem ir: privātais transports, ēkas, lauksaimniecība, ETS neietvertais enerģijas ražošanas sektors un atkritumu apsaimniekošana, kas kopā rada gandrīz 60 % no kopējām ES SEG emisijām. Regula ir saistoša visām ES dalībvalstīm, kā arī Islandei un Norvēģijai.

Sākotnējā ESR, ko pieņēma 2018. gadā, paredzēja, ka kopējās emisijas visos ES dalībvalstu aptvertajos ne-ETS sektoros 2030. gadā samazināsies par 30 % salīdzinājumā ar 2005. gada līmeni. 2021. gadā ierosinātā pārskatīšana ir daļa no ES zaļās pārkārtošanās plāna, jeb tiesību aktu paketes "Gatavi mērķrādītājam 55 %", kuras mērķis ir līdz 2030. gadam samazināt ES mēroga neto SEG emisijas par 55 % salīdzinājumā ar 1990. gada līmeni un līdz 2030. gadam samazināt SEG emisijas sektoros, uz kuriem attiecas ESR, līdz 40 % salīdzinājumā ar 2005. gada līmeni (salīdzinājumā ar pašreizējo mērķi samazināt emisijas par 29 %).

Regulā dalībvalstīm ir noteikti saistoši emisiju samazināšanas mērķi, kas dažādās valstīs atšķiras galvenokārt atkarībā no valsts IKP uz vienu iedzīvotāju (aptverot no 10 % līdz 50 %). Jaunā priekšlikuma mērķis ir noteikt vērienīgākus nacionālos mērķa rādītājus 2023.–2030. gadam. Kopā ar LULUCF regulu un ETS ESR nodrošina elastību neto emisiju samazināšanā starp trim politikas virzieniem, lai efektīvāk sasniegtu klimata pārmaiņu mazināšanas mērķus.

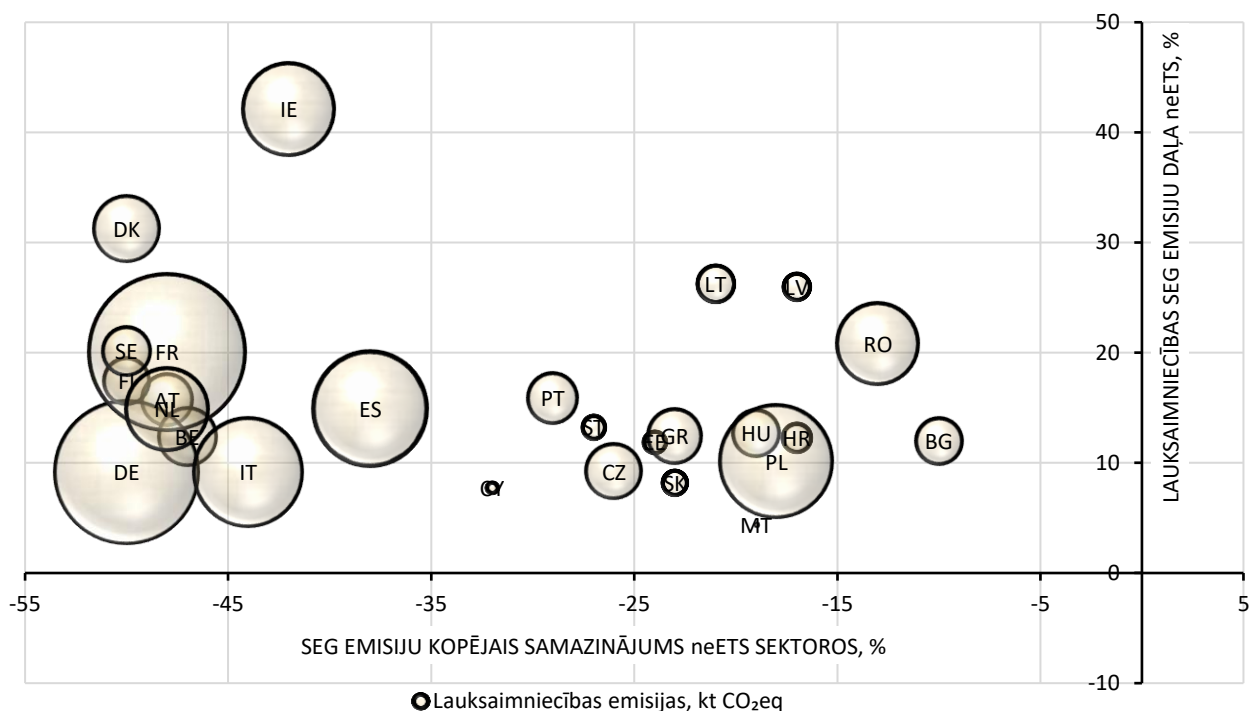
Lai gan ESR galvenokārt neattiecas uz oglekļa piesaisti, tā ļauj valstīm izmantot LULUCF nozarē sasniegto oglekļa piesaisti, lai sasniegtu savus ESR mērķus. ES mēroga maksimālais oglekļa piesaistes apjoms, ko var izmantot, lai sasniegtu 55 % emisiju samazināšanas mērķi, ir ierobežots līdz 225 miljoniem tonnu CO₂eq līdz 2030. gadam. Vēsturiskie un saistošie Ne-ETS sektoru SEG samazinājuma mērķi emisijām no privātā transporta, būvēm un ēkām, lauksaimniecības, ETS neietvertajiem enerģijas ražošanas sektoriem un atkritumu apsaimniekošanas ir apkopoti 7. attēlā.



Avots: autoru veidots, izmantojot Regulu (EU) 2018/842

7. attēls. Ne-ETS sektoru SEG emisiju samazinājuma mērķis 2030. gadam

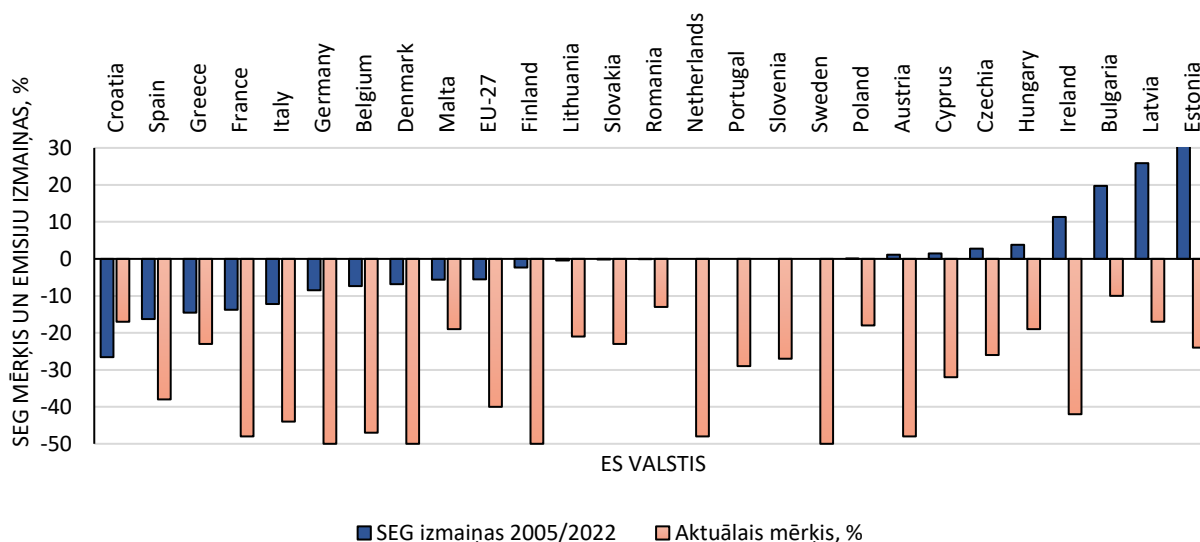
Atbilstoši ESR regulas veidošanas principam - ievērot valsts IKP uz vienu iedzīvotāju, lielākais SEG samazinājuma mērķis (-50% pret 2005. gada līmeni) ir noteikts Vācijai, Dānijai, Somijai un Zviedrijai. Latvijai ir noteikts trešais zemākais samazinājuma mērķis (-17% pret 2005. gada līmeni) un zemāks tas ir tikai Rumānijai (-13% pret 2005. gada līmeni) un Bulgārijai (-10% pret 2005. gada līmeni). 8. attēlā apkopoti dati par Ne-ETS sektoru emisiju samazinājuma mērķi 2030. gadam, emisijām no lauksaimniecības sektora, kt CO₂eq 2022. gadā un tās daļa no kopējām Ne-ETS emisijās, % 2022. gadā.



Avots: autoru veidots, izmantojot Regulu (EU) 2018/842 un EEA greenhouse gases — data viewer

8. attēls. Ne-ETS emisiju samazinājuma mērķis 2030. gadam, emisijas no lauksaimniecības sektora, kt CO₂eq 2022. gadā un tās daļa kopējās Ne-ETS emisijās, % 2022. gadā

Datu grupēšanas iegūtie rezultāti sadala ES valstis nosacīti trīs grupās/klasteros. Pirmajā grupā iekļaujas valstis ar lielāko SEG samazinājuma mērķi (robežās no -50% līdz -38%) un salīdzinoši zemu (īpatsvars no 9% līdz 20%) lauksaimniecības sektora radīto SEG emisiju īpatsvaru kopējās Ne-ETS sektoru emisijās. Vācijas, Francijas, Spānijas un Itālijas lauksaimniecības sektori 2022. gadā veido kvantitatīvi lielāko SEG emisiju apjomu un tas ir robežās no 30764 kt CO₂eq Itālijā līdz 63645 kt CO₂eq Francijā. Otrajā grupā iekļaujas ES valstis ar zemu SEG samazinājuma mērķi (robežās no -22% līdz -10%) un salīdzinoši zemu (īpatsvars no 9% līdz 20%) lauksaimniecības sektora radīto SEG emisiju īpatsvaru kopējās Ne-ETS sektoru emisijās. Šajā grupā kvantitatīvi lielākais emisiju apjoms no lauksaimniecības sektorā 2022. gadā veidojās Polijā, 33 297 kt CO₂eq un Rumānijā 17988 kt CO₂eq, savukārt mazākais Igaunijā 1593 kt CO₂eq. Trešajā grupā iekļaujas valstis ar lielāko SEG samazinājuma mērķi (robežās no -50% līdz -42%) un salīdzinoši augstu (īpatsvars no 26% līdz 42%) lauksaimniecības sektora radīto SEG emisiju īpatsvaru kopējās Ne-ETS sektoru emisijās. Šajā grupā kvantitatīvi lielākais emisiju apjoms no lauksaimniecības sektorā 2022. gadā veidojās Īrijā, 22437 kt CO₂eq un savukārt mazākais Latvijā 2254 kt CO₂eq. ES valstu virzību uz Kopīgo Centienu Regulas (ESR) mērķu izpildi novērtējām veicot ES valstu lauksaimniecības sektora SEG emisiju kvantitatīvo rādītāju lineārās regresijas analīzi laika periodā no 2005. gada līdz 2022. gadam. Iegūtie rezultāti apkopoti 9. attēlā un tie atspoguļo SEG emisiju izmaiņu dinamiku lauksaimniecības sektorā, salīdzinājumā ar izvirzīto ESR samazinājuma mērķi.



Avots: autoru veidots, izmantojot Regulu (EU) 2018/842 un EEA greenhouse gases — data viewer

9. attēls. Ne-ETS emisiju samazinājuma mērķis 2030. gadam, un SEG emisiju izmaiņu dinamiku lauksaimniecības sektorā, % 2005. - 2022. gadā

SEG emisiju kvantitatīvo rādītāju lineārās regresijas analīze laika posmā no 2005. gada līdz 2022. gadam uzrāda būtiski atšķirīgus ES valstu sasniegtos rezultātus SEG emisijas Kopīgo Centienu Regulas mērķu sasniegšanā. Riska grupu mērķa sasniegšanai veido Igaunija, Latvija, Bulgārija un Īrija. Savukārt veiksmīga virzība uz SEG samazinājuma mērķi ir novērojama Spānijā, Grieķijā, Francijā, Itālijā, Vācijā, Beļģijā un Dānijā. Lielākajā daļā valstu SEG emisiju kvantitatīvie rādītāji laika posmā no 2005. gada līdz 2022. gadam uzrāda nelielas svārstības atbilstoši 2005. gada SEG kvantitatīvajam rādītājam, kt CO₂eq.

Balstoties iepriekšējā desmitgadē veiktajā Eiropas Komisijas analizē par SEG emisiju samazināšanas scenārijiem (Ref2016) (European Commission 2016) un iepazīstoties ar jaunāku pētījumu rezultātiem par lauksaimniecības sektora iespējām samazināt SEG emisijas (Usman et al. 2022) ir secināms, ka vidēja termiņa perspektīvā ar pašreizējo politikas ietvaru (Nsabiyeze et al. 2024) lauksaimniecības emisijas samazināsies mēreni. SEG samazinājuma mērķa sasniegšanas stimulēšanai ir paredzēti būtiski stimuli veidojot principiāli jaunu normatīvo aktu ietvaru. Izmaiņu process skar Zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) regulu, bet no jauna tiek izstrādāta Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības regula.

3.4. Zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) regulas reforma

Šobrīd spēkā esošā Eiropas parlamenta un padomes 2018. gada 30. maija regula 2018/841 par zemes izmantošanu, zemes izmantošanas maiņu un mežsaimniecību tika reformēta ar mērķi šajā sektorā radītās un piesaistītās SEG emisijas iekļaut klimata un enerģētikas politikas satvarā laikposmam līdz 2030. gadam.

Raugoties aktuālajā laika grafikā, 2024. gada pirmajā pusgadā Eiropas komisijā tika ziņots par lauksaimniecības SEG emisiju, kas nav CO₂, iekļaušanu ZIZIMM regulas darbības jomā. Tika ziņots arī par zemes izmantošanas sektora mērķa rādītāju noteikšanu laikposmam pēc 2030. gada. Paredzams ka grozījumi regulā tiks apstiprināti 2025. gadā.

Atbilstoši IPCC vadlīnijām veidojot SEG inventarizācijas ziņojumu ZIZIMM sektors iedalās sešās zemes lietojuma kategorijās – meža zeme, aramzeme, zālājs, mitrāji, apbūve un citas zeme. ZIZIMM sektorā uzskaita radītās SEG emisijas un to piesaisti CO₂ formā no iepriekš uzskaitītajām kategorijām. Plānotie regulas grozījumi, kurus apstiprinās 2025. gadā, tiek veidoti ar mērķi apvienot ZIZIMM sektoru ar ne-

ETS lauksaimniecības sektoru, veidojot vienotu sistēmu SEG emisiju Kopīgo Centienu Regulas (ESR) samazināšanas mērķa sasniegšanai.

9. tabula

**ZIZIMM sektora radītās un piesaistītās SEG emisijas zemes lietojuma kategorijās ES Mt CO₂eq
2022. gadā**

Zemes lietojuma kategorija	Radītās (+) un piesaistītās (-) SEG emisijas , Mt CO ₂ eq	
	ES	Latvijā
Meža zeme	-285,8	-1,192
Aramzeme	+22,6	+1,787
Zālājs	+25	+1,710
Mitrājs	+21,3	+1,964
Apbūve	+27	+1,287
Citas zeme	+1,2	x
Primārās pārstrādes koksnes produkti	-47,4	-2,296
Bilance:	-236,1	+3,26
ZIZIMM Regulas mērķis 2030	-310	-0,6

Avots: European Environment Agency; NIR 2024

Apkopotie dati no ES valstu iesniegtajiem inventarizācijas ziņojumiem (European Environment Agency, 2024) par ZIZIMM sektora SEG emisiju darbībām (radītas/piesaistītas) uzrāda 236,1 Mt CO₂eq piesaisti 2022. gadā, kas atbilst 7 % no ES gada SEG emisijām. 9. tabulā apkopotas ZIZIMM sektora radītās un piesaistītās SEG emisijas zemes lietojuma kategorijās ES un Latvijā 2022 gadā.

Analizējot datus rodas pamatotas bažas par ZIZIMM sektora regulas mērķu izpildi. Zemkopības ministrijai, Lauku atbalsta dienestam, Latvijas Lauku konsultāciju centram, Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātei, ar nozari saistītajām nevalstiskajām organizācijām un pārējiem sektorā iesaistītajiem jāliek malā strīdi un viedokļu paušana un jāvienojas kā sasniegt mērķi. Iepriekšējās darbības “sasniegtie” rezultāti ir redzami apkopotajos datos.

Pēc jaunākajiem grozījumiem regula ir saskaņota ar juridiski saistošo mērķa rādītāju līdz 2030. gadam SEG emisijas samazināt par 55 % salīdzinājumā ar 1990. gada līmeni un stiprināt nozares lomu klimata neitralitātes (*Carbon Neutrality*) rīcībā.

Veiktajos Regulas grozījumos ir noteikts vispārējais ES līmeņa mērķis neto piesaistīt 310 Mt CO₂eq ZIZIMM nozarē līdz 2030. gadam. Katra ES dalībvalstis ir atbildīga par tai noteikto individuālo oglekļa piesaistes mērķu sasniegšanu, lai izpildītu jauno kopējo ES mērķi. Regulas grozījumos ir saglabāts "bezdebita noteikums", ka līdz 2025. gadam SEG emisijām (debitiem) no ZIZIMM sektora nevajadzētu pārsniegt piesaisti (kredītus). Ja radītās SEG emisijas pārsniedz piesaisti, dalībvalstij ir pienākums palielināt piesaistes apjomu: (1) ieviest SEG emisiju piesaistes pasākumus, piemēram organisko augšņu apmežošanu un mežu atjaunošanu; (2) izmantojot elastības mehānismus (piemēram, tirdzniecības emisiju kredītus).

Sākot ar 2026. gadu piesaistei būtu jāsāk pārsniegt emisijas. Katrai dalībvalstij tiks noteikts saistošs nacionālais mērķa rādītājs 2030. gadam un apņemšanās sasniegt SEG neto emisiju un piesaistes summu visam laikposmam no 2026. līdz 2029. gadam, kura apjoms tiks saskaņots un ierakstīts regulā līdz 2025. gadam.

Lai nodrošinātu mērķa rezultātu sasniegšanu, līdz 2025. gadam pārskatītajā ZIZIMM regulā ir iekļautas stingrākas ziņošanas un uzlabotas pārskatīšanas prasības. Dalībvalstīm jāveido publiski pieejama zemes oglekļa krājas monitoringa sistēma. Pēc VAAD pieejamās informācijas 2023. gadā oglekļa krājas monitorings ir veikts 52331 ha platībā. Ir izveidota datu bāze “Augsnes oglekļa monitorings” *Piebilde: datubāzes nosaukumā visticamāk kļūda!* Dati par kopējo situāciju valstī tiek apkopoti neregulāri

(<https://data.gov.lv/dati/lv/dataset/augnses-oglekla-monitorings>), kas var radīt nopietnus riskus regulā definēto mērķu sasniegšanā un saistību izpildē.

Regulas grozījumos ir saglabāta iespēja veikt SEG emisiju piesaistes darījumus starp dalībvalstīm un izmantot ikgadējo emisiju sadales apjomu pārpalikumu saskaņā ar Kopīgo centienu regulu, lai sasniegtu ZIZIMM mērķa rādītājus.

Laika posmā no 2026. līdz 2029. gadam dalībvalstis var tikt sodītas ar papildu 8% SEG piesaistes palielinājumu no to nacionālā mērķa rādītāja 2030. gadam, ja ziņojumi liecina par nepietiekamu progresu virzībā uz nacionālā SEG piesaistes mērķa izpildi.

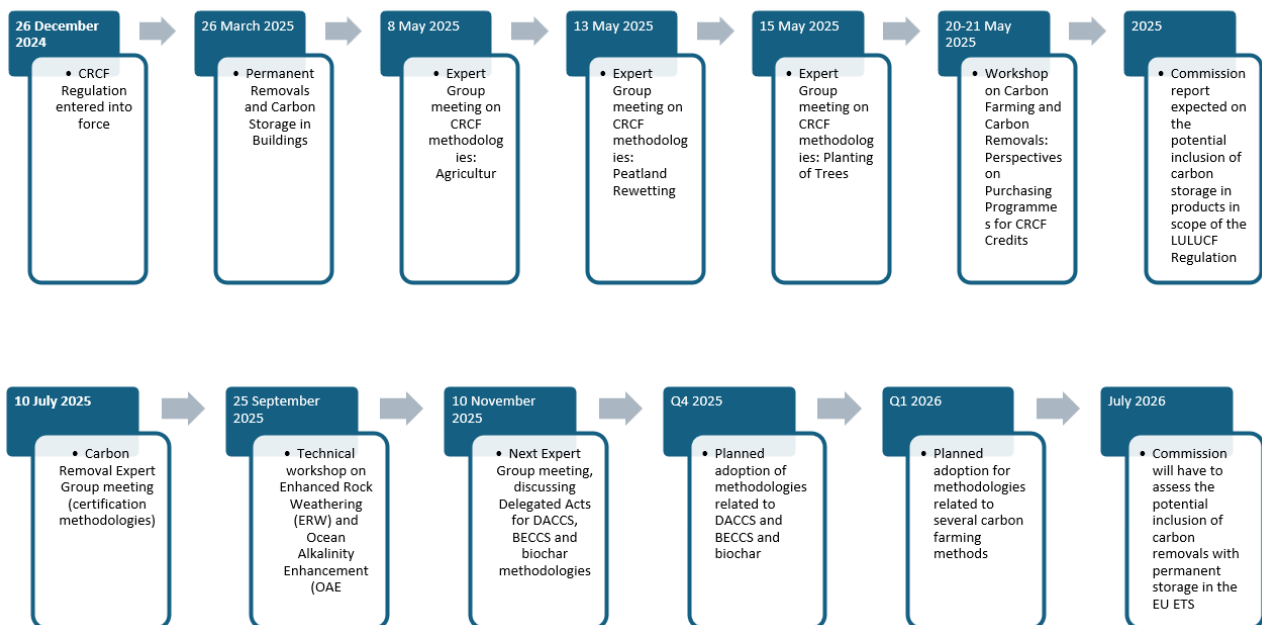
ZIZIMM sektoram ir būtiska nozīme, lai sasniegtu Eiropas Savienības mērķi līdz 2050. gadam panākt nulles neto emisijas. Analizējot pieejamos datus un dalībvalstu iesniegtās prognozes, šis mērķis ar lielu varbūtību visticamāk netiks sasniegts. Prognozes, kas ietver plānotos papildu pasākumus, paredz piesaistes samazinājumu salīdzinājumā ar 2016.–2018. gada vidējo rādītāju. ZIZIMM regulas reforma tiek veidota, lai nodrošinātu ES kopējā un katras dalībvalsts nacionālo mērķa rādītāja sasniegšanu. Regulas mērķis ir pakāpeniski palielināt piesaisti un samazināt emisijas šajā nozarē.

ZIZIMM regulas mērķus realizē praksē ieviešot Latvijas Kopējās lauksaimniecības politikas stratēģisko plānu 2023.-2027.gadam. Kopumā tie ir oglekļa emisiju samazinoši un piesaisti veicinoši pasākumi attīstot: bioloģisko lauksaimniecību, agroekoloģisko praksi, precīzo lauksaimniecību, agromežsaimniecību un oglekļsaistīgu lauksaimniecību. Šo pasākumu ieviešanai praksē no KLP I pīlāra fonda ELGF ir paredzēts finansējums: (1) Ilgtspēju sekmējošais ienākumu pamatatbalsts (ISIP) – 504,4 milj.EUR; (2) Ekoshēmas – 438,14 milj.EUR. Lielas cerības klimata neitralitātes mērķu sasniegšanā tiek saistītas ar Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības regulas ieviešanu.

3.5. Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības regula

Eiropas Komisija 2024. gada 19. februārī panāca provizorisku politisku vienošanos par Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības regulu (CRCF), kas ir brīvprātīgs tiesiskais regulējums pastāvīgas oglekļa piesaistes, oglekļa lauksaimniecības un produktu oglekļa uzglabāšanas sertifikācijai. Topošā normatīvā akta ietvars ir izstrādāts, lai veicinātu un paātrinātu pastāvīgu oglekļa piesaisti, stimulētu pāreju uz oglekļa lauksaimniecību un ieviestu oglekļa uzglabāšanas/noglabāšanas sistēmu. Ieviešot šo regulu tiks izskausta “zaļmaldināšana” un veikta saskaņota oglekļa (atdalīšanas, noglabāšanas, uzglabāšanas) tirgus nosacījumu nodrošināšana.

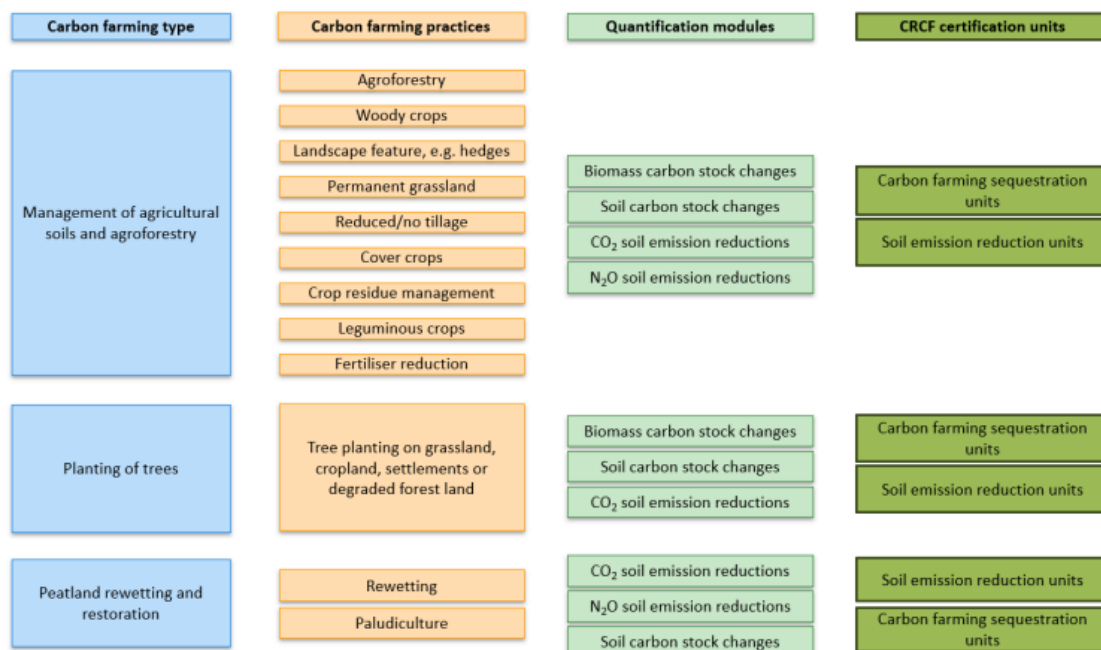
CRCF Regulas piemērošanas laika grafikā svarīgi ir divi atskaites punkti: 2025. gada jūlijs, kad ekspertu grupa vienojās par "oglekļa lauksaimniecības" veidu un pasākumu klasifikāciju, un 2026. gada jūlijs, kad lauksaimniecības sektors tiek pilotprojekta veidā virzīts uz emisiju tirdzniecības sistēmu (10. attēls).



Avots: Oglekļa piesaiste un oglekļa lauksaimniecība, 2025

10. attēls. CRCF Regulas piemērošanas laika grafiks oglekļa lauksaimniecības tipu un pasākumu klasifikācijas izstrādei

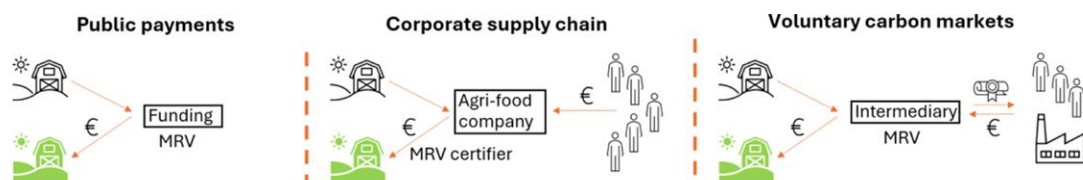
Eksperti ir definējuši 3 pamata oglekļa lauksaimniecības tipus atkarībā no zemes izmantošanas (apsaimniekošanas) veida. Atbilstoši tiem ir klasificēti praktiski SEG emisiju samazinoši vai oglekli uzkrājoši pasākumi. Izmantojot atbilstoši verificētu aprēķinu metodoloģiju katram saimniecībā ieviestajam pasākumam tiek kvantificēts neradītais/uzkrātais ogleklis. 1 tonna uzkrātā/neradītā oglekļa atbilst 1 nosacītajam CO₂ kredītam. Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības regulas ieviešanas darbības apkopotas 11. attēlā.



Avots: Oglekļa piesaiste un oglekļa lauksaimniecība, 2025

11. attēls. Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības regulas ieviešanas process

CRCF regulas ieviešanas procesā ir paredzēts veidot trīs verificēto CO₂ kredītu atprečošanas shēmas. 12. attēls vizualizē CO₂ kredītu atprečošanas shēmas, kurās tiek izmantots publiskais finansējums, korporatīvo uzņēmumu finansējums un brīprātīgais oglekļa kredītu tirgus pēc biržas principa.

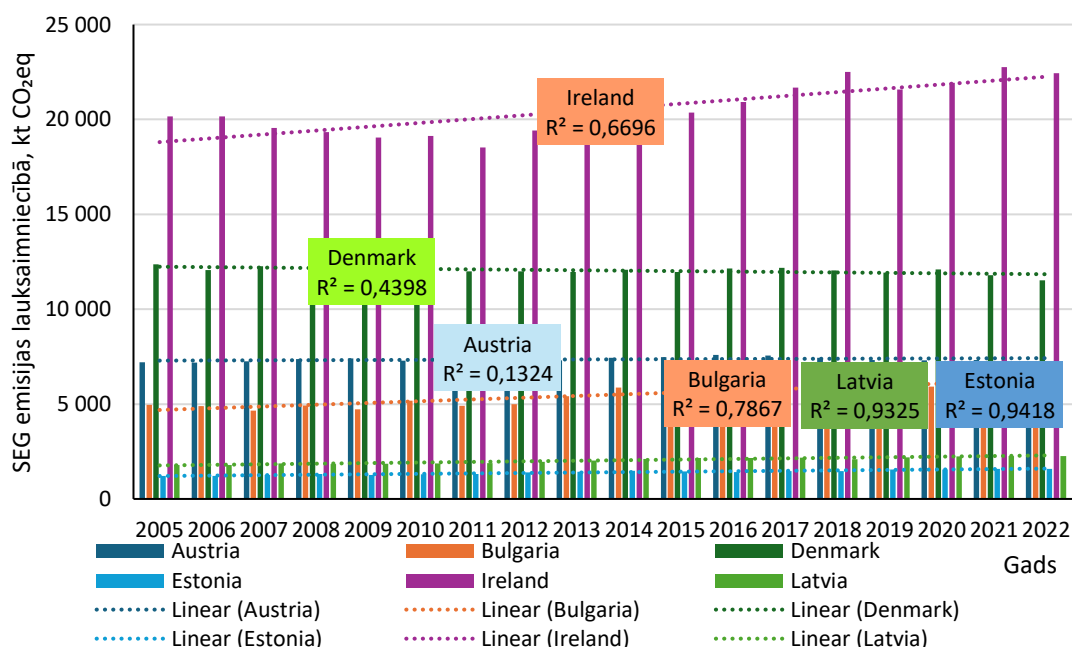


Avots: Thorsoe et al., 2025

12. attēls. CO₂ kredītu novērtēšanā un atprečošā izmantoto shēmu tipoloģija

Publiskais finansējums (PP) ir KLP fondu maksājumi, kas tiek veikti par agrovides, eko shēmu ieviešanu (AES), korporatīvie uzņēmumi veic maksājumus (CSC) lauksaimniecības un pārtikas produktu ražotājiem par oglekļa piesaisti un/vai citiem ekosistēmu pakalpojumiem, bet brīvprātīgais oglekļa tirgus (VCM) ir uzņēmumu vai privātpersonu maksājumi apmaiņā pret sertificētu oglekļa piesaisti CO₂ kredītu veidā (Deloitte 2025). Ārējie sertificētāji uzrauga, pārbauda un ziņo, ka oglekļa lauksaimniecības darbības sniedz solīto oglekļa samazinājumu vai piesaisti (LBTU 2025).

Eksperti ir vienoti viedoklī, ka KLP publiskā finansējuma izlietojums nenodrošina efektīvu klimata mērķu sasniegšanu lauksaimniecībā. Ir nepieciešama publiskā finansējuma izlietojuma sistēmas reorganizācija. Analizējot pieejamo KLP finansējumu klimata mērķu sasniegšanai Latvijā, jāsecina ka šiem apgalvojumiem ir apstiprinājums. Spēkā esošajā KLP stratēģiskajā plānā ir paredzēta klimata un vides atbalsta intervence, kura kopumā veido ievērojamu finansiālu atbalstu, un Latvijā tie ir 47,5 % jeb 1,145 miljardi eiro no KLP finansējuma ar klimata pārmaiņām saistīto mērķu sasniegšanai un klimata politikas īstenošanai atbilstoši es regulai 2021/2115. Tomēr SEG emisiju samazinājuma mērķa sasniegšana lauksaimniecībā ir apdraudēta, jo SEG apjoma izmaiņas ir ar pieauguma dinamiku (skatīt 13. attēlu).



Avots: autoru veidots izmantojot, Regula (EU) 2018/842 un EEA greenhouse gases — data viewer

13. attēls. SEG emisiju izmaiņu dinamiku lauksaimniecības sektorā, kt CO₂eq 2005. - 2022. gadā

CRCF regulas ieviešanas gaitā tiek apspriesta iespēja veidot lauksaimniecības oglekļa emisiju (verificētu CO₂ kredītu) publisko iepirkumu. Eiropas Komisija (EK) un/vai dalībvalstis iegādātos CO₂ kredītus no lauksaimniekiem izmantojot ES mēroga iepirkumu sistēmu.

CO₂ kredītu ģenerēšana oglekļa lauksaimniecības saimniecībām būtu brīvprātīga, bet EK vai dalībvalstīm būtu pienākums katru gadu iegādāties noteiktu daudzumu CO₂ kredītu. CO₂ kredītus pēc tam apkopo centralizētā fondā, no kura privātie dalībnieki (vai nu tikai no lauksaimniecības pārtikas nozares, vai no visām nozarēm, piemēram, aviācijas un autobūves) CO₂ kredītus varētu brīvprātīgi iegādāties.

Saskaņā ar CRCF regulu visai oglekļa piesaistei un augsnes emisiju samazināšanai, kas sertificēta saskaņā ar CRCF, ir jāveicina klimatneitralitātes mērķu sasniegšana ES. Tomēr CRCF CO₂ kredītus nevar tieši ieskaitīt ES un dalībvalstu iekšzemes klimata mērķu sasniegšanā. Nav tiešas saiknes starp vienībām, kas sertificētas saskaņā ar CRCF, kuru pamatā ir dzīves cikla novērtējuma metodoloģija, un oglekļa piesaistes un augsnes emisiju samazinājuma uzskaiti ES klimata mērķu sasniegšanā, lai panāktu klimatneitralitāti, kas ir balstītas uz attiecīgajiem ES tiesību un IPCC normatīvajiem aktiem. Progress ES klimata mērķu sasniegšanā tiek mērīts, pamatojoties uz informāciju, kas sniegta dalībvalstu un ES SEG inventarizācijās. Tāpēc, lai pārvaldītu un finansētu pagaidu oglekļa piesaistes vienības, galvenais jautājums ir, kā emisiju mazināšana tiks iekļauta nacionālajās SEG inventarizācijās un tādējādi veicinās ES LULUCF mērķu sasniegšanu.

3.6. ES lauksaimniecības emisiju tirdzniecības sistēma (AgETS)

Sākotnējā pētījumā (Bognar et al., 2023) tika izvērtētas piecas AgETS politikas iespējas. Pēc ekspertu vērtējuma ES lauksaimniecību emisiju tirdzniecības sistēma (AgETS) būs oglekļa emisiju kvotu tirdzniecības tirgus, kas aptvertu lauku saimniecības, un gaļas un piena pārstrādes uzņēmumus (McDonald et al. 2025). Šī sistēma paredz noteikt kopējo siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju ierobežojumu (kvotu), ko lauku saimniecības un pārstrādes uzņēmumi var kumulatīvi emitēt. Katrai lauku saimniecībai un uzņēmumam sākotnēji tiek piešķirts noteikts kvotas apjoms, atbilstoši ražošanā radītajam (verificētam) lielumam (1 tonna oglekļa atbilst 1 nosacītajam CO₂ kredītam). Kvotu/CO₂ kredītu pieprasījumu AgETS veidos uzņēmumi, kuri vēlēšies paplašināt ražošanu, bet esošā CO₂ kvota to ierobežo. Savukārt kvotu/CO₂ kredītu piedāvājuma pusi veidos uzņēmumi, kuri ir ieviesuši emisiju mazinošus pasākumus vai piesaistījuši verificētu SEG emisiju daudzumu un ir ieguvuši atbilstošu CO₂ kredītu. AgETS ieviešanas sarežģītība ir saistīta ar SEG emisiju avotu precīzu uzskaiti un apjoma kvantificēšanu. CRCF regulas ieviešanas procesā ES vadošo ekspertu vadībā notiek iespējami precīzākās SEG kvantificēšanas metodikas izstrāde, lai 2026. gada jūlijā būtu iespējams ieviest AgETS pilotprojektu.

3.7. Obligātais klimata standarts (MCS)

Līdzīgi kā mežsaimniecības nozarē, Obligātais klimata standarts (MCS) uzliek par pienākumu visiem lauksaimniecības produktu ražošanas, pārstrādes un tirdzniecības dalībniekiem samazināt lauksaimniecības emisijas, kas saistītas ar viņu pārdotajiem produktiem. Obligātā klimata standarts nosaka produkta SEG emisiju intensitāti, kas izteikta tCO₂eq/produkta vienība, pamatojoties uz nozares emisiju faktoriem (piemēram, saražotās piena tonnas vidējā emisiju intensitāte Latvijā, izteikta tCO₂eq/tonna piens). Lai tuvotos ES klimata neitralitātei 2050. gadā emisiju intensitātes rādītājs laika gaitā tiks samazināts. Saistīto nozaru dalībnieki var sasniegt samazinājuma mērķus mainot savu produktu portfeli, lai samazinātu vidējo emisiju intensitāti, vai pirkt CO₂ kredītu centralizētā fondā; atšķirībā no AgETS, uzņēmumi nevar tirgoties ar kvotām savā starpā (Springer,

2024). CO₂ kredītu vienības iegādājas valsts iestāde, pirms tās tiek pārdotas lauksaimniecības un pārtikas pārstrādātājiem no centralizēta kopuma.

Galvenie secinājumi

1. Zinātniskajā literatūrā publicētie prognožu dati apstiprina faktu, ka iedzīvotāju skaits uz zemeslodes turpinās pieaugt sasniedzot 10,3 miljardus. Tas nozīmē, ka: (1) turpinās attīstīties globālie industrializācijas procesi un (2) pieaugs pieprasījums pēc pārtikas, kā rezultātā palielināsies ietekme uz klimatu.
2. Analizējot Kopīgo Centienu Regulas mērķu izpildi ES ir novērojams, ka kopumā ES virzās uz 2030. gada mērķu sasniegšanu SEG emisiju samazināšanā un laika periodā no 2005. gada līdz 2022. gadam SEG samazinājums ir 5,5%.
3. Analizējot Kopīgo Centienu Regulas mērķu izpildi Latvijā ir novērojams, ka 2030. gada mērķu sasniegšanu SEG emisiju samazināšanā netiks sasniegta. Laika periodā no 2005. gada līdz 2022. gadam SEG pieaugums ir 25,9%. Cerības vieš pēdējo trīs gadu dati, jo novērojama SEG emisiju apjoma stabilizēšanās 2254 kt CO₂eq apjomā.
4. Zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) regulas mērķu izpilde ir katastrofiski apdraudēta. ZIZIMM sektora SEG emisiju piesaistes mērķis ir 600 kt CO₂eq, bet realitātē tas veido 3260 kt CO₂eq emisiju. Steidzīgi jāievieš oglekļa sertifikācijas sistēma mežsaimniecībā.
5. Oglekļa piesaistes un oglekļa lauksaimniecības (CRCF) regulas (ES/2024/3012) ieviešana uzliek par pienākumu izstrādāt metodoloģiju SEG emisiju kvantificēšanai uzņēmuma/saimniecību līmenī.
6. Izmantojot KLP ELFLA finansējumu veikt lauku saimniecību vadītāju izglītošanu, lai veiksmīgi pielāgotos jaunajiem tirgus apstākļiem lauksaimniecībā.
7. Nepieciešams veikt sākotnējo novērtējumu Obligātā klimata standarta ieviešanai Latvijā.

Izmantotās literatūras saraksts

Ekosistēmu pakalpojumu vērtības un to iekļaušana SEG, amonjaka emisiju samazināšanas un CO₂ piesaistes palielināšanas pasākumu izvērtēšanā

1. Ahtiainen, H., Liski, E., Pouta, E., Soini, K., Bertram, C., Rehdanz, K., Pakalniete, K., & Meyerhof, J. (2019). Cultural ecosystem services provided by the Baltic Sea marine environment. *Ambio*, 48(11), 1350–1361. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01239-1>
2. Arhipova, I., Konstantinova, E., Belmane, N., & Kristaps, G. (2019). Ecosystems Services Economic Valuation Model: Case Study in Latvia. In M. H. Bilgin, H. Danis, E. Demir, & U. Can (Eds.), *Eurasian Economic Perspectives* (Vol. 10/2, pp. 289–300). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11833-4_19
3. Armoškaitē, A., Puriņa, I., Aigars, J., Strāķe, S., Pakalniete, K., Frederiksen, P., Schrøder, L., & Hansen, H. S. (2020). Establishing the links between marine ecosystem components, functions and services: An ecosystem service assessment tool. *Ocean & Coastal Management*, 193, 105229. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105229>
4. Bārdule, A., Jūrmalis, E., Lībiete, Z., Pauliņa, I., Donis, J., & Treimane, A. (2020). Use of retail market data to assess prices and flows of non-wood forest products in Latvia. *Silva Fennica*, 54(3). <https://doi.org/10.14214/sf.10341>
5. Beinarovica, K., & Straupe, I. (2023). BROAD-LEAF FOREST HABITAT SUITABILITY FOR WOODPECKERS AND EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES, LATVIA. 313–320. <https://doi.org/10.5593/sgem2023/3.1/s14.38>
6. Brander, L. (2023). Guidance on the economic valuation of ecosystem services and natural capital of the Area. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.isa.org.jm/wp-content/uploads/2023/11/Guidance-on-economic-valuation-Part-II-of-the-report.pdf&ved=2ahUKEwjUhYH-8JyJAXWZMRAIHZ6eJ8wQFnoECBIQAQ&usg=AOvVaw154uS-oSDcejyMmLxZtS2X>
7. Brander, L. M., De Groot, R., Schägner, J. P., Guisado-Goñi, V., Van 't Hoff, V., Solomonides, S., McVittie, A., Eppink, F., Sposato, M., Do, L., Ghermandi, A., Sinclair, M., & Thomas, R. (2024). Economic values for ecosystem services: A global synthesis and way forward. *Ecosystem Services*, 66, 101606. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101606>
8. Carpenter, S. R., Mooney, H. A., Agard, J., Capistrano, D., DeFries, R. S., Díaz, S., Dietz, T., Duraipappah, A. K., Oteng-Yeboah, A., Pereira, H. M., Perrings, C., Reid, W. V., Sarukhan, J., Scholes, R. J., & Whyte, A. (2009). Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(5), 1305–1312. <https://doi.org/10.1073/pnas.0808772106>
9. 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), 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
10. Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., Van Der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
11. Czajkowski, M., Ahtiainen, H., Artell, J., Budziński, W., Hasler, B., Hasselström, L., Meyerhoff, J., Nömmann, T., Semenienė, D., Söderqvist, T., Tuhkanen, H., Lankia, T., Vanags, A., Zandersen, M., Żylicz, T., & Hanley, N. (2015). Valuing the commons: An international study on the recreational benefits of the Baltic Sea. *Journal of Environmental Management*, 156, 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.038>

12. 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), 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>
13. De Groot, R. S. (1987). Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. *Environmentalist*, 7(2), 105–109. <https://doi.org/10.1007/BF02240292>
14. Ekins, P., Kesicki, F., & Smith, A. Z. P. (2011). Marginal Abatement Cost Curves: A call for caution [A report from the UCL Energy Institute to, and commissioned by, Grenpeace UK].
15. Farrell, C., Coleman, L., Kelly-Quinn, M., Obst, C., Eigenraam, M., Norton, D., O'Donoghue, C., Kinsella, S., Delargy, O., & Stout, J. (2021). Applying the System of Environmental Economic Accounting-Ecosystem Accounting (SEEA-EA) framework at catchment scale to develop ecosystem extent and condition accounts. *One Ecosystem*, 6, e65582. <https://doi.org/10.3897/oneeco.6.e65582>
16. Feldmanis, R., Pilvere, I., & Latvia University of Life Sciences and Technologies. (2021). Forest Ecosystem Services in Latvia: Assessing of Experience and Tendencies. 416–423. <https://doi.org/10.22616/ESRD.2021.55.042>
17. Gómez-Baggethun, E., De Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2010a). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6), 1209–1218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
18. Gómez-Baggethun, E., De Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2010b). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6), 1209–1218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
19. Grazule, D., Grinfelde, I., Pilecka-Ulcugaceva, J., Burlakovs, J., & Valujeva, K. (2021). THE DEVELOPMENT OF ECOSYSTEM SERVICES AS PREMISE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT: CASE STUDY OF SVETE RIVER IN LATVIA. 343–350. <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s12.44>
20. 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. www.cices.eu.
21. Haines-Young, R., & Potschin-Young, M. (2018). Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services (CICES V5.1): A Policy Brief. *One Ecosystem*, 3, e27108. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e27108>
22. Holms, J., Arhipova, I., & Vitols, G. (2018). Linking Environmental Data Models to Ecosystem Services' Indicators for Strategic Decision Making: Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems, 170–174. <https://doi.org/10.5220/0006772701700174>
23. Holms, J., Arhipova, I., & Vitols, G. (2019). Relationship between Spatial Datasets and Assesments of Mapped Ecosystem Services Indicators. *Baltic Journal of Modern Computing*, 7(1). <https://doi.org/10.22364/bjmc.2019.7.1.01>
24. Hoogmartens, R., Van Passel, S., Van Acker, K., & Dubois, M. (2014). Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 48, 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.05.001>
25. Keith, David A., Ferrer, Jose R., Nicholson, Emily, Bishop, Melanie J., Polidoro, Beth A., Ramirez-Llodra, Eva, Tozer, Mark G., Nel, Jeanne L., Mac Nally, Ralph, Gregr, Edward J., Watermeyer, Kate E., Essl, Franz, Faber-Langendoen, Don, Franklin, Janet, Lehmann, Caroline E.R., Etter, Andres, Roux, Dirk J., Stark, Jonathan S., Rowland, Jessica A., ... Kingsford, Richard T. (2020). The IUCN Global Ecosystem Typology v1.01: Descriptive profiles for Biomes and Ecosystem Functional Groups [Research report]. Royal Botanic Gardens, Kew.

-
- https://iucnrle.org/static/media/uploads/references/research-development/keith_etal_iucnglobalecosystemtypology_v1.01.pdf
26. Konstantinova, E., Brunina, L., Persevica, A., & Honavko, I. (2017, May 24). Assessment of ecosystems and ecosystem services for sustainable land use management in Latvia. 16th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. <https://doi.org/10.22616/ERDev2017.16.N245>
 27. Konstantinova, E., Brūniņa, L., Peršēvica, A., & Živitere, M. (2017). ASSESSMENT OF ECOSYSTEMS SERVICES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND LAND USE MANAGEMENT. SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference, 4, 257. <https://doi.org/10.17770/sie2017vol4.2380>
 28. Konstantinova, E., Brunina, L., Persevica, A., & Zvaigzne, A. (2019). ECONOMIC VALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES: A CASE STUDY FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF DEGRADED PEATLANDS IN LATVIA. ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, 1, 110. <https://doi.org/10.17770/etr2019vol1.4109>
 29. Kumar, P. (Ed.). (2010). The economics of ecosystems and biodiversity: Ecological and economic foundations. Earthscan.
 30. Kumar, P. (Ed.). (2012). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations (0 ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849775489>
 31. Levihtn, 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, 336–344. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.08.025>
 32. Lībiēte, Z., Jūrmalis, E., Pauliņa, I., Bārdule, A., & Gerra-Inohosa, L. (2024). DISCUSSING INDICATORS FOR SOME LESS STUDIED CULTURAL ECOSYSTEM SERVICES PROVIDED BY FORESTS: EXAMPLE FROM LATVIA. *RURAL DEVELOPMENT* 2019, 2023(1), 188–197. <https://doi.org/10.15544/RD.2023.039>
 33. Liepa, L., Rendenieks, Z., Jansons, Ā., Miežīte, O., & Dubrovskis, E. (2023). Mapping forest ecosystem service supply in two case studies in Latvia. *Applied Geography*, 155, 102969. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102969>
 34. Lungarska, A., & Chakir, R. (2024). Projections of climate change impacts on ecosystem services and the role of land use adaptation in France. *Environmental and Sustainability Indicators*, 22, 100369. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100369>
 35. Melece, L., & Shena, I. (2018a, May 23). Valuation of public goods and ecosystem services provided by agriculture. 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. <https://doi.org/10.22616/ERDev2018.17.N442>
 36. Melece, L., & Shena, I. (2018b, May 23). Valuation of public goods and ecosystem services provided by agriculture. 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. <https://doi.org/10.22616/ERDev2018.17.N442>
 37. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
 38. National Research Council (U.S.) (Ed.). (2005). *Valuing ecosystem services: Toward better environmental decision-making*. National Academies Press.
 39. Pakalniēte, K., Aigars, J., Czajkowski, M., Strake, S., Zawojka, E., & Hanley, N. (2017). Understanding the distribution of economic benefits from improving coastal and marine ecosystems. *Science of The Total Environment*, 584–585, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.097>
 40. Parron, L. M., Villanueva, A. J., & Glenk, K. (2022). Estimating the value of ecosystem services in agricultural landscapes amid intensification pressures: The Brazilian case. *Ecosystem Services*, 57, 101476. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101476>

-
41. Paulina, I., Libiete, Z., & Latvian State Forest Research. (2019). Analysis of landscape paintings to highlight the importance of forest ecosystem services in Latvia. 82–88. <https://doi.org/10.22616/rrd.25.2019.013>
 42. 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), 113–119. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01305.x>
 43. Ponz-Tienda, J. L., Prada-Hernández, A. V., Salcedo-Bernal, A., & Balsalobre-Lorente, D. (2017). Marginal Abatement Cost Curves (MACC): Unsolved Issues, Anomalies, and Alternative Proposals. In R. Álvarez Fernández, S. Zubelzu, & R. Martínez (Eds.), *Carbon Footprint and the Industrial Life Cycle* (pp. 269–288). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54984-2_12
 44. Pörtner, H.-O., Scholes, R. J., Agard, J., Archer, E., Arneth, A., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W. L. (William), Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., ... Ngo, H. (2021). Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change (Version 5). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4659158>
 45. Sagebiel, J., Schwartz, C., Rhozyel, M., Rajmis, S., & Hirschfeld, J. (2016). Economic valuation of Baltic marine ecosystem services: Blind spots and limited consistency. *ICES Journal of Marine Science*, 73(4), 991–1003. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv264>
 46. Saklaurs, M. (2015, November 19). THE USE AND EVALUATION OF RIPARIAN FOREST ECOSYSTEM SERVICES IN LATVIA. Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development 2015. Rural Development 2015, Aleksandras Stulginskis University, Lithuania. <https://doi.org/10.15544/RD.2015.054>
 47. 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/>
 48. Steen, B. (1999). Steen, B. (1999). A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS): Version 2000-general system characteristics. Centre for Environmental Assessment of Products and Material Systems.
 49. Taylor, S. (2012). The ranking of negative-cost emissions reduction measures. *Energy Policy*, 48, 430–438. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2012.05.071>
 50. Thomasz, E. O., Kasanzew, A., Massot, J. M., & García-García, A. (2024). Valuing ecosystem services in agricultural production in southwest Spain. *Ecosystem Services*, 68, 101636. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101636>
 51. Vatn, A. (2010). An institutional analysis of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 69(6), 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.018>
 52. Veidemane, K., Ruskule, A., Strake, S., Purina, I., Aigars, J., Sprukta, S., Ustups, D., Putnis, I., & Klepers, A. (2017). Application of the marine ecosystem services approach in the development of the maritime spatial plan of Latvia. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(1), 398–411. <https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1398185>
 53. Villoslada, M., Vinogradovs, I., Ruskule, A., Veidemane, K., Nikodemus, O., Kasparinskis, R., Sepp, K., & Gulbinas, J. (2018). A multitiered approach for grassland ecosystem services mapping and assessment: The Viva Grass tool. *One Ecosystem*, 3, e25380. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25380>
 54. Vinogradovs, I., Nikodemus, O., Avotiņš, A., & Zariņa, A. (2023). Distribution of ecosystem service potential in marginal agroecosystems in a mosaic-type landscape under exploratory

- scenarios. *Journal of Land Use Science*, 18(1), 356–373. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2023.2259393>
55. Ward, D. J. (2014). The failure of marginal abatement cost curves in optimising a transition to a low carbon energy supply. *Energy Policy*, 73, 820–822. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.03.008>
56. World Bank. (2024). GDP, PPP (constant 2021 international\$)—Latvia [Dataset]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.KD?locations=LV>
57. Zhang, J., & Chen, P. (2024). Have Climate Factor Changes Jeopardized the Value of Qinghai Grassland Ecosystem Services within the Grass–Animal Balance? *Sustainability*, 16(19), 8463. <https://doi.org/10.3390/su16198463>
58. Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64(2), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.024>
59. Zhen, H., Gao, W., Yuan, K., Ju, X., & Qiao, Y. (2021). Internalizing externalities through net ecosystem service analysis—A case study of greenhouse vegetable farms in Beijing. *Ecosystem Services*, 50, 101323. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101323>
60. Zhen, H., Qiao, Y., Zhao, H., Ju, X., Zanolli, R., Waqas, M. A., Lun, F., & Knudsen, M. T. (2022). Developing a conceptual model to quantify eco-compensation based on environmental and economic cost-benefit analysis for promoting the ecologically intensified agriculture. *Ecosystem Services*, 56, 101442. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101442>

Ekosistēmu pakalpojumu vērtības Latvijas lauksaimniecības MACC iekļautajiem pasākumiem

61. Madarász, B., Jakab, G., Szalai, Z., Juhos, K., Kotrocó, Z., Tóth, A., & Ladányi, M. (2021). Long-term effects of conservation tillage on soil erosion in Central Europe: A random forest-based approach. *Soil and Tillage Research*, 209, Article 104959. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104959> [Pieklūts 15.09.2025.]
62. Engell, I., Linsler, D., Sandor, M., Joergensen, R. G., Meinen, C., & Potthoff, M. (2022). The effects of conservation tillage on chemical and microbial soil parameters at four sites across Europe. *Plants*, 11, 1747. <https://doi.org/10.3390/plants11131747> [Pieklūts 16.09.2025.]
63. Auzins, A., et al. (2023). Evaluation of environmental and economic performance of crop production in relation to crop rotation, catch crops, and tillage. *Agriculture*. <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/8/1539> [Pieklūts 16.09.2025.]
64. Karlsson Potter, H., Delin, S., Engström, L., Stenberg, B., & Hansson, P.-A. (2022). Precision nitrogen application: Potential to lower the climate impact of crop production. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23536.33281> [Pieklūts 16.09.2025.]
65. Carroll, O. H., Seabloom, E. W., Borer, E. T., et al. (2025). Frequent failure of nutrients to increase plant biomass supports the need for precision fertilization in agriculture. *Scientific Reports*, 15, 14564. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-99071-z> [Pieklūts 17.09.2025.]
66. Menegat, S., Ledo, A., & Tirado, R. (2022). Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. *Scientific Reports*, 12, 14490. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18773-w> [Pieklūts 17.09.2025.]
67. Liu, Q., Xu, H., Mu, X., Zhao, G., Gao, P., & Sun, W. (2020). Effects of different fertilization regimes on crop yield and soil water use efficiency of millet and soybean. *Sustainability*, 12, 4125. <https://doi.org/10.3390/su12104125> [Pieklūts 17.09.2025.]
68. Muller, J., De Rosa, D., Friedl, J., et al. (2023). Combining nitrification inhibitors with a reduced N rate maintains yield and reduces N₂O emissions in sweet corn. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 125, 107–121. <https://doi.org/10.1007/s10705-021-10185-y> [Pieklūts 17.09.2025.]
69. Dietz, C. L., Jackson, R. D., Ruark, M. D., et al. (2024). Soil carbon maintained by perennial grasslands over 30 years but lost in field crop systems in a temperate Mollisol.

- Communications Earth & Environment*, 5, 360. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01500-w> [Pieklūts 17.09.2025.]
70. Ernst, O., & Siri-Prieto, G. (2009). Impact of perennial pasture and tillage systems on carbon input and soil quality indicators. *Soil and Tillage Research*, 105(2), 260–268. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.08.001> [Pieklūts 17.09.2025.]
71. Ojija, F. (2024). Perennial grasses: Natural allies for soil health and biodiversity, climate change mitigation, and invasive plant management. *Grass Research*, 4. <http://www.maxapress.com/article/doi/10.48130/grares-0024-0019> [Pieklūts 17.09.2025.]
72. Wepking, C., Mackin, H. C., Raff, Z., Shrestha, D., Orfanou, A., Booth, E. G., Kucharik, C. J., Gratton, C., & Jackson, R. D. (2022). Perennial grassland agriculture restores critical ecosystem functions in the U.S. Upper Midwest. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, Article 1010280. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1010280> [Pieklūts 20.09.2025.]
73. Dijkstra, F. A., Bader, N. E., Johnson, D. W., & Cheng, W. (2009). Does accelerated soil organic matter decomposition in the presence of plants increase plant N availability? *Soil Biology and Biochemistry*, 41(6), 1080–1087. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.02.013> [Pieklūts 20.09.2025.]
74. Huang, H., Zhang, Z., Wu, Q., Liu, Z., Wang, Q., Ying, Y., Zhang, Z., Zhang, H., Wang, Y., Zhang, G., Bangura, K., Liu, E., Xue, J., Gao, Z., Cai, T., Zhang, P., & Wu, P. (2025). Global comprehensive evaluation shows that green manure enhances crop productivity while mitigating gaseous nitrogen losses. *Resources, Conservation and Recycling*, 220, 108351. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108351> [Pieklūts 21.09.2025.]
75. Wang, Y., Yu, A., Shang, Y., Wang, P., Wang, F., Yin, B., Liu, Y., Zhang, D., & Chai, Q. (2025). Research progress on the improvement of farmland soil quality by green manure. *Agriculture*, 15, 768. <https://doi.org/10.3390/agriculture15070768> [Pieklūts 20.09.2025.]
76. Yang, T., Jiang, J., He, Q., et al. (2025). Impact of drainage on peatland soil environments and greenhouse gas emissions in Northeast China. *Scientific Reports*, 15, 8320. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92655-9> [Pieklūts 20.09.2025.]
77. Wang, Z., Shao, G., Lu, J., Zhang, K., Gao, Y., & Ding, J. (2020). Effects of controlled drainage on crop yield, drainage water quantity and quality: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 239, 106253. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106253> [Pieklūts 21.09.2025.]
78. Kęsicka, B., Kozłowski, M., & Stasik, R. (2023). Effectiveness of controlled tile drainage in reducing outflow and nitrogen at the scale of the drainage system. *Water*, 15, 1814. <https://doi.org/10.3390/w15101814> [Pieklūts 21.09.2025.]
79. Kęsicka, B., Stasik, R., & Kozłowski, M. (2022). Effects of modelling studies on controlled drainage in agricultural land on reduction of outflow and nitrate losses: A meta-analysis. *PLoS ONE*, 17(4), e0267736. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267736> [Pieklūts 21.09.2025.]
80. Ten Huf, M., Reinsch, T., Zutz, M., Essich, C., Ruser, R., Buchen-Tschiskale, C., Flessa, H., & Olf, H.-W. (2023). Effects of liquid manure application techniques on ammonia emission and winter wheat yield. *Agronomy*, 13(2), 472. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020472> [Pieklūts 21.09.2025.]
81. Mosier, S., Apfelbaum, S., Byck, P., Calderon, F., Teague, R., Thompson, R., & Cotrufo, M. F. (2021). Adaptive multi-paddock grazing enhances soil carbon and nitrogen stocks and stabilization through mineral association in southeastern U.S. grazing lands. *Journal of Environmental Management*, 288, 112409. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112409> [Pieklūts 21.09.2025.]
82. Teague, W. R., Dowhower, S. L., Baker, S. A., Haile, N., DeLaune, P. B., & Conover, D. M. (2011). Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(3–4), 310–322. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.009> [Pieklūts 21.09.2025.]

-
83. Jordon, M. W., Willis, K. J., Bürkner, P.-C., & Petrokofsky, G. (2022). Rotational grazing and multispecies herbal leys increase productivity in temperate pastoral systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 337, 108075. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108075> [Pieklūts 21.09.2025.]
84. Jokela, B. (2019). Manure application method and timing effects on emission of ammonia and nitrous oxide. *Land Application of Manure and Wastewater Conference*. <https://lpeic.org/manure-application-method-and-timing-effects-on-emission-of-ammonia-and-nitrous-oxide/> [Pieklūts 22.09.2025.]
85. Sherman, J., Young, E., Jokela, W., & Kieke, B. (2022). Manure application timing and incorporation effects on ammonia and greenhouse gas emissions in corn. *Agriculture*, 12(11), 1952. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111952> [Pieklūts 21.09.2025.]
86. Vullaganti, N., Ram, B. G., & Sun, X. (2025). Precision agriculture technologies for soil site-specific nutrient management: A comprehensive review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 15(2), 147–161. <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2025.02.001> [Pieklūts 21.09.2025.]
87. Maaz, T. M., Sapkota, T. B., Eagle, A. J., Kantar, M. B., Bruulsema, T. W., & Majumdar, K. (2021). Meta-analysis of yield and nitrous oxide outcomes for nitrogen management in agriculture. *Global Change Biology*, 27(11), 2343–2360. <https://doi.org/10.1111/gcb.15588> [Pieklūts 21.09.2025.]
88. Mao, L., Zhang, H., Yang, Z., Li, Y., & Shen, Y. (2024). Site-specific effects of fertilizer on hay and grain yields of oats: Evidence from large-scale field experiments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.14014> [Pieklūts 21.09.2025.]
89. Smith, K. A., Jackson, D. R., Misselbrook, T. H., Pain, B. F., & Johnson, R. A. (2000). Precision agriculture: Reduction of ammonia emission by slurry application techniques. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77(3), 277–287. <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0604> [Pieklūts 22.09.2025.]
90. Mosaic Crop Nutrition. (2025). *4R nutrient stewardship*. <https://www.cropnutrition.com/nutrient-management/4r-nutrient-stewardship/> [Pieklūts 23.09.2025.]
91. Chivenge, P., Saito, K., Bunquin, M. A., Sharma, S., & Dobermann, A. (2021). Co-benefits of nutrient management tailored to smallholder agriculture. *Global Food Security*, 30, 100570. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100570> [Pieklūts 23.09.2025.]
92. Clean Air Farming. (2025). *Technical and organisational possibilities to reduce ammonia*. <https://www.clean-air-farming.eu/en/activities/abatement-measures> [Pieklūts 23.09.2025.]
93. Al-Musawi, Z. K., Vona, V., & Kulmány, I. M. (2025). Utilizing different crop rotation systems for agricultural and environmental sustainability: A review. *Agronomy*, 15, 1966. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081966> [Pieklūts 24.09.2025.]
94. Kebede, E. (2021). Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.767998> [Pieklūts 24.09.2025.]
95. Zhao, J., Chen, J., Beillouin, D., Lambers, H., Yang, Y., Smith, P., Zeng, Z., Olesen, J. E., & Zang, H. (2022). Global systematic review with meta-analysis reveals yield advantage of legume-based rotations and its drivers. *Nature Communications*, 13(1), 4926. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32464-0> [Pieklūts 24.09.2025.]
96. Lahtinen, L., Mattila, T., Myllyviita, T., Seppälä, J., & Vasander, H. (2022). Effects of paludiculture products on reducing greenhouse gas emissions from agricultural peatlands. *Ecological Engineering*, 175, 106502. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106502> [Pieklūts 27.09.2025.]
97. Vroom, R. J. E., Geurts, J. J. M., Nouta, R., et al. (2022). Paludiculture crops and nitrogen kick-start ecosystem service provisioning in rewetted peat soils. *Plant and Soil*, 474, 337–354. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05339-y> [Pieklūts 27.09.2025.]

-
98. Nemeth, D., Lambrinos, J. G., & Strik, B. C. (2017). The effects of long-term management on patterns of carbon storage in a northern highbush blueberry production system. *Science of the Total Environment*, 579, 1084–1093. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.077> [Pieklūts 27.09.2025.]
99. Che, J., Wu, Y., Yang, H., Wang, S., Wu, W., Lyu, L., & Li, W. (2022). Long-term cultivation drives dynamic changes in the rhizosphere microbial community of blueberry. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.962759> [Pieklūts 27.09.2025.]
100. Pérez, R., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2022). Environmental behaviour of blueberry production at small scale in Northern Spain and improvement opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 339, 130594. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130594> [Pieklūts 27.09.2025.]
101. Ngaba, M. J. Y., Mgelwa, A. S., Gurmesa, G. A., et al. (2024). Meta-analysis unveils differential effects of agroforestry on soil properties in different zonobiomes. *Plant and Soil*, 496, 589–607. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06385-w> [Pieklūts 27.09.2025.]
102. Gene, S. M., Hoekstra, P. F., Hannam, C., White, M., Truman, C., Hanson, M. L., & Prosser, R. S. (2019). The role of vegetated buffers in agriculture and their regulation across Canada and the United States. *Journal of Environmental Management*, 243, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.003> [Pieklūts 27.09.2025.]
103. Udawatta, R. P., & Gantzer, C. J. (2022). Soil and water ecosystem services of agroforestry. *Journal of Soil and Water Conservation*, 77(1), 5A–11A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2022.1028A> [Pieklūts 27.09.2025.]
104. Smith, J., Westaway, S., Mullender, S., et al. (2023). Making hedgerows pay their way: The economics of harvesting field boundary hedges for bioenergy. *Agroforestry Systems*, 97, 291–303. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00631-9> [Pieklūts 27.09.2025.]
105. Kalita, S., Potter, H. K., Weih, M., Baum, C., Nordberg, Å., & Hansson, P.-A. (2021). Soil carbon modelling in Salix biomass plantations: Variety determines carbon sequestration and climate impacts. *Forests*, 12(11), 1529. <https://doi.org/10.3390/f12111529> [Pieklūts 27.09.2025.]
106. Montes, F., Fabio, E. S., Smart, L. B., Richard, T. L., Masip Añó, R., & Kemanian, A. R. (2021). A semi-commercial case study of willow biomass production in the northeastern United States. *Agronomy Journal*. <https://doi.org/10.1002/agj2.20603> [Pieklūts 28.09.2025.]
107. Tumminello, G., Volk, T. A., McArt, S. H., & Fierke, M. K. (2018). Maximizing pollinator diversity in willow biomass plantings: A comparison between willow sexes and among pedigrees. *Biomass and Bioenergy*, 117, 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.07.013> [Pieklūts 28.09.2025.]
108. Distel, R. A., Arroquy, J. I., Lagrange, S., & Villalba, J. J. (2020). Designing diverse agricultural pastures for improving ruminant production systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.596869> [Pieklūts 28.09.2025.]
109. Jezequel, A., Delaby, L., Finn, J. A., McKay, Z. C., & Horan, B. (2024). Sward species diversity impacts on pasture productivity and botanical composition under grazing systems. *Global Food Security*. <https://doi.org/10.1111/gfs.12700> [Pieklūts 28.09.2025.]
110. Pellaton, R., Lellei-Kovács, E., & Báldi, A. (2022). Cultural ecosystem services in European grasslands: A systematic review of threats. *Ambio*, 51(12), 2462–2477. <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01755-7> [Pieklūts 29.09.2025.]
111. Liang, Z., Ruiz-Menjivar, J., Zhang, L., Zhang, J., & Shen, X. (2024). Examining the effects of adopting early maturing crop varieties on agricultural productivity, climate change adaptation, and mitigation. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 19, 1256–1274. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctad150> [Pieklūts 28.09.2025.]

-
112. Kell, D. B. (2011). Breeding crop plants with deep roots: Their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration. *Annals of Botany*, 108(3), 407–418. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr175> [Pieklūts 28.09.2025.]
113. Sahoo, S., Singha, C., Govind, A., & Moghimi, A. (2025). Review of climate-resilient agriculture for ensuring food security: Sustainability opportunities and challenges of India. *Environmental and Sustainability Indicators*, 25, 100544. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100544> [Pieklūts 28.09.2025.]
114. Liu, Y., Tang, R., Li, L., Zheng, G., Wang, J., Wang, G., Bao, Z., Yin, Z., Li, G., & Yuan, J. (2023). A global meta-analysis of greenhouse gas emissions and carbon and nitrogen losses during livestock manure composting: Influencing factors and mitigation strategies. *Science of the Total Environment*, 885, 163900. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163900> [Pieklūts 28.09.2025.]
115. Maillard, É., & Angers, D. A. (2013). Animal manure application and soil organic carbon stocks: A meta-analysis. *Global Change Biology*. <https://doi.org/10.1111/gcb.12438> [Pieklūts 28.09.2025.]
116. Rossi, G., Beni, C., & Neri, U. (2024). Organic mulching: A sustainable technique to improve soil quality. *Sustainability*, 16, 10261. <https://doi.org/10.3390/su162310261> [Pieklūts 29.09.2025.]
117. Guo, L., Liu, S., Zhang, P., Hakeem, A., Song, H., Yu, M., & Wang, F. (2024). Effects of different mulching practices on soil environment and fruit quality in peach orchards. *Plants*, 13(6), 827. <https://doi.org/10.3390/plants13060827> [Pieklūts 29.09.2025.]
118. Rossi, G., Beni, C., & Neri, U. (2024). Organic mulching: A sustainable technique to improve soil quality. *Sustainability*, 16, 10261. <https://doi.org/10.3390/su162310261> [Pieklūts 29.09.2025.]

Ogleklā neitralitātes un dekarbonizācijas koncepti politiskajā dienas kārtībā Latvijā un Eiropas Savienības līmenī

119. Bogнар, J., Springer, K., Nesbit, M., Lam, L., Forestier, O., McDonald, H., Jakob, M., Görlach, B., and Scheid, A. (2023) Pricing agricultural emissions and rewarding climate action in the agri-food value chain. Pieejams: <https://data.europa.eu/doi/10.2834/200>
120. Chen, L., Msigwa, G., Yang, M., Osman, I.A., Fawzy, S., Rooney, W.D. and Yap, P.S. (2022). Strategies to achieve a carbon neutral society: a review. *Environ Chem Letters* 20: 2277–2310, doi.org/10.1007/s10311-022-01435-8.
121. CO2 Daily (2009). “Latest daily CO2.” <https://www.co2.earth/daily-co2>.
122. Deloitte (2025) Support to the design of policy options for financial incentives for carbon farming. Directorate-General for Climate Action. European Union. Pieejams: [doi:10.2834/3087542](https://doi.org/10.2834/3087542)
123. Does the EU need an Emissions Trading System for agriculture? (2024). Pieejams: <https://carbonmarketwatch.org/2024/07/04/does-the-eu-need-an-emissions-trading-system-for-agriculture/>
124. EEA (2021). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2019 and inventory report 2021: Submission to the UNFCCC Secretariat. European Environmental Agency, Copenhagen. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-inventory-2021>
125. Eiropas Komisija COM(2021) 555, Kopīgo centienu regula Brisele, 2021.
126. Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) 2021/1119. Ar ko izveido klimatneitralitātes panākšanas satvaru un groza Regulas (EK) Nr. 401/2009 un (ES) 2018/1999 (“Eiropas Klimata akts”)

-
127. ES regula (EU/2024/3012) Ogleklā piesaiste un ogleklā lauksaimniecība. Pieejams: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202403012
128. EU (2018). "Clean Planet for all A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy." COM/2018/773: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773>.
129. European Commission (2016). EU Reference Scenario 2016 - Energy, transport and GHG emissions - Trends to 2050 Directorate-General for Energy, Directorate-General for Climate Action and Directorate-General for Mobility and Transport
130. European Environment Agency (2024). Net greenhouse gas emissions of the Land use, Land use change and Forestry (LULUCF) sector 2024. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/4732d4ec-960d-4e25-aece-8a3ca52ce170?activeAccordion=1093735>
131. Fukase, E. and Will M. (2020). Economic growth, convergence, and world food demand and supply. *World Development* 132: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104954>.
132. Hatfield-Dodds, S., Schandl, H., Newth, D., Obersteiner, M., Cai, Y., Baynes, T., West, J. and Havlik, P. (2017). Assessing global resource use and greenhouse emissions to 2050, with ambitious resource efficiency and climate mitigation policies. *Cleaner Production* 144: 403-414. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.170>.
133. Komarek, A. M., Dunston, S., Enahoro, D., Charles, J., Godfray, H., Herrero, M., Mason-D'Croz, D., Rich, M.K., Scarborough, P., Springmann, M., Sulser, B.T., Wiebe, K. and Willenbockel, D. (2021). Income, consumer preferences, and the future of livestock-derived food demand. *Global Environmental Change* 70 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102343>.
134. Maximillian, J., Brusseu, M.L., Glenn, E.P. and Matthias A.D. (2019). Pollution and environmental perturbations in the global system. *Environmental and Pollution Science*, Third Edition: 457–476. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00025-2>.
135. McDonald, H., Frelih-Larsen, A., Lóránt, A., Duin, L., Pyndt Andersen, S., Costa, G., and Bradley, H. (2021). Carbon farming – Making agriculture fit for 2030, Study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety (ENVI), Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, European Parliament, Luxembourg,
136. Mora, C., Rollins, R.L., Taladay, K., Kantar, M.B., Chock, M., Shimada, M. and Franklin, E.C. (2018). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Clim Change* 8: 931–933. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0321-8>.
137. Nsabiyeze, A., Ma, R., Luo, J.L.H., Zhao, Q., Tomka, J., Zhang, M. (2024). Tackling climate change in agriculture: A global evaluation of the effectiveness of carbon emission reduction policies. *Cleaner Production* 468 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142973>.
138. Pricing Agricultural Emissions and Rewarding Climate Action in the Agri-food Value Chain (2023). Pieejams: https://climate.ec.europa.eu/document/996c24d8-9004-4c4e-b637-60b384ae4814_en
139. Progress and prospects for decarbonisation in the agriculture sector and beyond (2022) Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/publications/Progress-and-prospects-for-decarbonisation>
140. Spiegel, A., Heidecke, C., Osterburg, B. (2024). Distance to climate targets in agriculture in the EU. Pieejams: <https://academic.oup.com/qopen/advance-article/doi/10.1093/qopen/qa018/7709482>
141. Springer, K. (2024) Incentives for Climate Change Mitigation across the Agri-food Value Chain Input paper #1 – Policy options. Pieejams: https://climate.ec.europa.eu/document/download/cdf7e657-ac93-4706-a1b9-3b1adba80dbd_en?filename=policy_crcf_agrifood_tw1_input_en.pdf&prefLang=en

-
142. Thorsoe, M. H., Facq, E., Criscuoli, I., Martinez-Garcia, L. B., Heidecke, C., Gallardo, L. A., Martelli, A., Hagemann, N., Smit, B., van der Kolk, J., Galioto, F., de Cara, S., Polakova, J., & Graversgaard, M. (2025) Carbon farming: The foundation for carbon farming schemes - lessons learned from 160 European schemes. *Land Use Policy*, 158, Article 107747. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107747>
143. Turk, J. (2016). Meeting projected food demands by 2050: Understanding and enhancing the role of grazing ruminants. *Animal Science* 94: 53–62, <https://doi.org/10.2527/ias.2016-0547>.
144. UNFCCC (2015). "The Paris Agreement." Paris Climate Change Conference, Available: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.
145. United Nations Department of Economic and Social Affairs (2024). "World Economic Situation and Prospects 2024." <https://doi.org/10.18356/978921358644046>.
146. Usman, I.M.T., Ho, Y.C., Baloo, L., Lam, M.K. and Sujarwo, W. (2022). A comprehensive review on the advances of bioproducts from biomass towards meeting net zero carbon emissions (NZCE). *Bioresource Technology* 366 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128167>.
147. van Baren, S., Arets, E., Dankers, C., Lesschen, J.P., Sybenga, J., Demmendaal-Wit, F. and Karsch, P. (2023) Review of certification methodologies for carbon farming – survey results and first assessment of coverage of the QU.A.L.ITY criteria.
148. Warner, K., Hamza, M., Oliver-Smith, A., Renaud, F. and Julca A. (2009). Climate change, environmental degradation and migration. *Natural Hazards* 55: 689–715. <https://doi.org/10.1007/s11069-009-9419-7>.
149. Wie, Y.M., Chen, K., Kang, J.N., Chen, W., Wang, X. Y. and Zhang, X. (2022). Policy and Management of Carbon Peaking and Carbon Neutrality: A Literature Review. *Engineering* 14: 52-63, doi.org/10.1016/j.eng.2021.12.018.

PIELIKUMI

Article

Exploring the Road Towards Agricultural Carbon Neutrality: From Potential to Reality

Dina Popluga ^{1,*}, Kaspars Naglis-Liepa ², Arnis Lēnerts ³, Ksenija Furmanova ⁴

¹ Faculty of Economics and Social Development, Latvia University of Life Sciences and Technologies; dina.popluga@lbtu.lv

² Faculty of Economics and Social Development, Latvia University of Life Sciences and Technologies; kaspars.naglis@lbtu.lv

³ Faculty of Economics and Social Development, Latvia University of Life Sciences and Technologies; arnis.lenerts@lbtu.lv

⁴ Faculty of Economics and Social Development, Latvia University of Life Sciences and Technologies; ksenija.furmanova@lbtu.lv

* Correspondence: dina.popluga@lbtu.lv; Tel.: +37126754750

Abstract

This paper aims to give an analytical assessment of country's level experience in moving towards agricultural decarbonization – from the idea of potential decarbonization measures to the assessment of their potential, the inclusion of the measure in political goals and practical implementation success. This paper is based on 10-year cycle that highlight main steps in building decarbonization awareness and an approach that can be used for monitoring, quantifying and evaluating the contribution of agriculture to climate change mitigation. This approach is based on the Marginal Abatement Cost Curve (MACC), which serves as a convenient and visual tool for evaluating the effectiveness of various agriculture greenhouse gas emission reduction measures and for climate policy planning. This study reveals the experience to date and the main directions in developing the MACC approach, which serves as a basis for analysing the potential of one specific European Union Member state, i.e., Latvia, agriculture for moving towards decarbonization. The results of the study are of practical use for the development of agricultural, environmental and climate policy or legal framework, policy analysis and impact assessment. As well findings of this study are useful for educating farmers and the public about measures to reduce GHG and ammonia emissions.

Keywords: Marginal Abatement Cost Curve, tool, agriculture, decarbonization, strategy

Academic Editor: Firstname

Lastname

Received: date

Revised: date

Accepted: date

Published: date

Citation: To be added by editorial staff during production.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

An analysis of statistics on world population changes and United Nations projections of population change [1] reveals that the demand for resources and emissions from the consumption thereof will be a long-term global problem. The world population is projected to peak at the end of this century at a total of 10.3 billion [1].

An additional factor behind the increase in resource consumption is the convergence of global economic growth, with less developed regions maintaining a faster rate of economic growth compared with the developed world [2].

Unfortunately, global economic growth is subject to significant externalities. The present research highlights two of the most important externalities: the continuing global industrialization process and the increasing demand for food [3]. The economic growth externalities continue to result in increased overexploitation of non-renewable resources, thereby leading to increased greenhouse gas emissions (greenhouse gases include carbon dioxide, methane, and nitrous oxide) into the natural environment, causing global temperatures to rise, contributing to a range of environmental degradation and social problems [4]. Global monitoring data on atmospheric concentrations of greenhouse gases (carbon dioxide (CO₂)) show a significant increase in atmospheric CO₂ concentrations from 285 parts per million (ppm) in 1850 to 425.79 ppm in 2024 [5]. The atmospheric concentration of CO₂ has increased by 6.6% over the last 10 years.

Under current economic growth trends, resource extraction and consumption are projected to increase by 119% between 2015 and 2050, from 84 to 184 billion tons per year, while greenhouse gas emissions are projected to increase by 41% [6].

The growth of the global economy has a significant impact on consumer food choices. Statistical evidence and projections point to a significant increase in meat consumption in the economic growth regions. Average global demand for beef, sheep, goat, pig and poultry meat, milk and eggs is projected to increase by 14% per capita between 2020 and 2050 and by 38% overall if consumer income and population growth trends continue at current rates [7].

The current global economic growth pattern is not sustainable in the long term due to the externalities it generates. In fact, economic growth threatens sustainability. This is confirmed by the climate change statistics analysed [5] and the long-term projections of resource consumption made [6].

The increase in global temperatures caused by greenhouse gases has already caused significant damage to the living environment: extinction of some species, loss of biodiversity, drought, food insecurity, forest fires, ocean acidification, melting of the North and South Pole Glaciers (NSPG) and the rising sea level [8, 9].

On 12 December 2015, 197 Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) unanimously agreed at the Paris Climate Change Conference (PCCC) to adopt the Paris Agreement, which sets out plans for global action to tackle climate change beyond 2020. Under the Paris Agreement, each country agreed to limit global temperature increases to less than 2°C and to work on limiting global temperature increases to less than 1.5°C [10]. By February 2021, 124 countries had declared their intention to become carbon neutral and achieve net zero carbon emissions by 2050 or 2060 [11].

Thus, transformation of traditional economy towards climate neutral or net zero economy has become global initiative and feature of 21st century. The terms carbon neutrality and net-zero carbon emissions are referred to in climate change mitigation policy documents. The terms are used to describe the mitigation actions that are included in the policy documents and the measures taken. A correct understanding of the terms is a basis for ensuring coherent national action to mitigate climate change. Carbon neutrality refers to the point at which CO₂ emissions into the atmosphere, in per unit terms, are offset by sequestration over a given period, thus achieving a CO₂ balance in the atmosphere. Carbon neutrality is the term used to describe a system in which all carbon emitters and sinks participate. The cooperation between emitters and sinks results in a balance of CO₂ emissions, thus having no impact on climate change [12].

The term net-zero carbon emissions has a different meaning, as it is the responsibility of all CO₂ emitters to reduce the emissions into the atmosphere. This means that every single resource consumer must develop a Net-Zero Carbon Emissions Resource Use System, which involves storing or sequestering all the emissions from economic activities into the atmosphere [13, 12]. The two theoretical terms referred to in policy documents allow us to explain the EU's overall goal of achieving climate neutrality – a net-zero carbon economy by 2050. This goal is at the heart of the European Green Deal and, thanks to the European Climate Act, is a legally binding target for all the EU Member States [14].

At the end of 2023 around 145 countries, including China, European Union, United States of America, India, had announced or are considering net zero targets. These targets are key to reduce global carbon dioxide and other greenhouse gas emission to net zero around 2050 and 2070 [15].

Topicality of net zero targets in scientific discussion emerged in first decade of 21st century when scientists began focusing more on the close relationship between total amount of anthropogenic CO₂ emissions and global temperature change [16, 17]. In 2014, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) highlighted this finding, along with the implication that limiting global temperature change to any given level requires a point at which net additions of CO₂ into the atmosphere reach zero [18]. It has created a challenge for many countries how to develop well-designed and implement ambitious net zero targets for national economies to meet global commitments and reach national greenhouse gas reduction targets.

Comparison of adopted net zero targets and analysis of existing experience [19] shows that when countries develop their plans to reach net zero emissions, they face several choices and need to answer to several key questions. These include what exactly "net zero" means for them, how long it will take to get there, which sectors and greenhouse gases to focus on, and whether they'll rely on capturing carbon or international cooperation to achieve their goals. World resource institute [19] argues that to maximize the contribution of net-zero targets to drive decarbonization in line with climate science, countries should consider the following recommendations can be considered: achieving net-zero emissions will require fundamental shifts in how society operates; net-zero targets should be comprehensive and cover all greenhouse gases and all sectors; governments should establish specific time frames for achieving targets; countries with the highest emissions and greatest responsibility and capability should adopt the most ambitious target time frames; separate targets should be set for GHG emissions reductions and net-zero or net-negative emissions; countries should transparently communicate their net-zero targets.

In order to get answers to specific questions and to implement recommendations related with net zero targets close communication and cooperation between policy makers and scientists is essential. Purpose of this paper is to give an analytical assessment of country's level experience in moving towards agricultural decarbonization – from the idea of potential decarbonization measures to the assessment of their potential, the inclusion of the measure in political goals and practical implementation success by using Marginal Abatement Cost Curve (MACC) as supportive tool.

2. Materials and Methods

The contribution of agriculture to climate change mitigation and the achievement of the climate and environmental objectives set by the European Union depends on how successfully and to what extent measures to reduce greenhouse gas (GHG) emissions are implemented in practice, as well as on how their impact is assessed and monitored. The subject of this study is the MACC - tool used for planning and implementing agricultural decarbonization strategy. This study is structured in two thematic blocks that demonstrate comprehensive methodology from theory to practical policy implications:

- Block 1: MACC theoretical and historical analysis summarizes, describes and reveals modifications and diversity of MACC's;
- Block 2: MACC case study application focuses on case study that illustrates different uses and levels of integration of MACC into national climate policy-making process, serving as experience of full cycle approach towards carbon neutrality.

Table 1 summarizes two block concepts of this study and main methods, approach, focus and outcome of each thematic block.

Table 1. Main methods, approach, focus and outcome of each thematic block of study

Thematic blocks of study	Methods	Approach	Focus	Output
Block 1: MACC theoretical and historical analysis	Literature review Analysis and synthesis	Comprehensive evaluation of MACC development over time from scientific literature	Identification of modifications, diversity, and comparative strengths/weaknesses of MACCs	Understanding of evidence-based foundation for cost-effectiveness modelling and policy assessment
Block 2: MACC case study application	Expert judgement and experience	Utilize project results from Latvian climate policy initiatives	Focus on how MACCs are integrated and applied within Latvia's national climate policy frameworks for actionable insights	Transforms theoretical MACC concepts into actionable policy decisions

In order to understand the scope and possible nuances of using MACC tool in the thematic Block1: MACC theoretical and historical analysis authors have analysed existing modifications and diversity of MACCs. Results of this mapping highlights historical development of MACCs, diversity of their usage, as well as strengths and weaknesses of expert judgement-based MACCs and model derived MACCs. This thematic block is built on comprehensive evaluation of MACC development over time from scientific literature.

In the thematic Block 2: MACC case study application authors have focused on 10-year period (from 2015-2025) and identified main stages in the development of the MACC approach. These development stages and relevant time period are summarized in Figure 1 and reflects this study time frame and main issues analysed in this research.

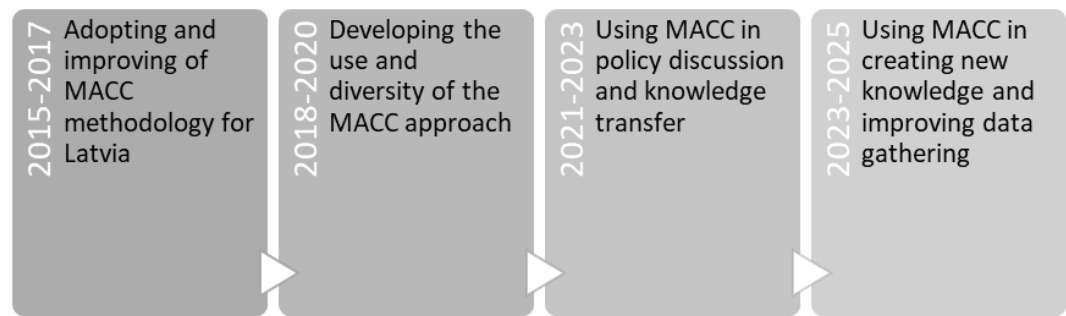


Figure 1. Main stages in the development of the MACC approach as supportive tool in building national way towards decarbonization

Information summarized and analysed in this thematic block highlights experience of full cycle approach towards carbon neutrality by utilizing project results from Latvian climate policy initiatives and strategic actions for advancing MACC research and policy application.

3. Results

3.1. Modifications and diversity of Marginal Abatement Cost Curves

Cost curves for reducing energy consumption or emissions have been in use since the early 1980s [20]. Marginal Abatement Cost Curves (MACCs) were first developed in the 1970s following the two oil price shocks, initially targeting reductions in crude oil consumption and later, electricity consumption [21]. In response to the oil price crises of the 1970s, Meier (1982) introduced the first cost curves for decreasing electricity consumption (measured in \$/kWh). These saving curves, also known as conservation supply curves, quickly became essential analytical tools for evaluating energy-efficiency improvements across various sectors, including transport, industrial sector, and buildings [22-24]. They were also widely applied to assess the abatement potential and costs of air pollutants like SO₂ (\$/kt) [25]. The first carbon-focused curves, which utilized methods similar to those of earlier energy-saving cost curves, emerged in the early 1990s [26-28]. Over time MACCs were applied to various areas, including the assessment of abatement potential and costs for air pollutants and water availability. MACCs started to be applied in the agricultural sector, involving qualitative judgement and more empirical methods [21].

Lately, researchers and policymakers focused on climate change mitigation have increasingly turned their attention to MACCs, mainly due to the influential work of McKinsey & Company. From 2007 to 2009, McKinsey released and published 14 cost curves for various countries and also developed a global cost curve, which significantly contributed to the prominence of this tool in climate policy discussions [29]. In the UK, MACCs have significantly influenced the Government's climate change policy. This is highlighted in Government reports that incorporate MACCs, like the UK Low Carbon Transition plan. The UK Department for Energy and Climate Change (DECC) utilizes the Global Carbon Finance (GLOCAF) model, which is based on MACCs, to predict financial flows between different global regions. MACCs have also been applied in many other countries and regions, such as the Netherlands, Ireland and the European Union [30], California (USA) and China [31]. Beyond these practical uses, MACCs have

been applied in theoretical policy analyses of emission reduction and impact of innovation [32, 33].

Several agricultural engineering greenhouse gas emissions (GHG) MACCs have been published over the past decade. The UK Government has commissioned a series of these studies as part of broader economic analysis [34, 35]. MACCs have also been developed for the agricultural sectors in Ireland [36], France [37], New Zealand [38], and China [39] [39], as well as for the dairy sector in the Netherlands. The Danish and Belgian MACCs cover the entire economy, with Denmark currently updating its MACC for the agricultural sector. In Finland, GHG abatement costs have been calculated for various potential measures, and due to the context-specific nature of these estimates, recent MACCs include uncertainty estimates [40]. Latvia has been developing a MACC and aims to publish it in early 2018, with some preliminary results and the research approach already available [41-43].

These MACCs have served as catalysts for the exchange of information between science and policy. Their findings have contributed to national carbon budgets and sector-specific policies, often highlighting key gaps in implementation. The ensuing debates have driven research and policy efforts to address these gaps by reducing barriers and enhancing national GHG inventories. This improvement ensures that mitigation efforts are captured, credited, and incentivized effectively [44].

MACCs are commonly used to assess the cost-effectiveness of various emission reduction strategies. Nevertheless, their use and adoption differ greatly across regions, influenced by factors like economic development, data accessibility, technical know-how, and policy priorities. The most popular usage of MACCs is in Europe, North America, and China. In Europe specifically in the Netherlands, Germany, France, United Kingdom, Ireland etc.

The studies that have assessed empirical MACCs in agriculture considerably vary in scope (source of emissions, gasses, and mitigation options considered). Modelling approaches, assumptions, and geographic scale and resolution [45, 46]. They can be classified into three main categories based on the modelling approach utilized [45]. Firstly, studies using microeconomic supply-side models incorporate a detailed representation of the technical and economic constraints that define the production possibilities at the farm level [46, 47]. Secondly, MACCs obtained from studies using partial or general equilibrium models [48-50] consider the impact of market responses, such as changes in input and output prices on marginal abatement costs [50]. These studies typically have broader geographic coverage but lower resolution compared to those based on supply-chain models. Thirdly, studies applying an engineering approach offer detailed [51, 52, 34], bottom-up evaluations of the carbon price required to incentivize the adoption of available technologies, along with their associated mitigation potential. These studies handle the effects of adopting new technologies or investing in environmentally friendly equipment more effectively than economic approaches. However, they do not model the competition and interactions among various mitigation options as transparently as economic models do, which complicates the economic interpretation of the resulting abatement cost as an opportunity cost [45].

Marginal abatement cost curves (MACCs) are utilized in multiple sectors to assess the cost-effectiveness of emission reduction strategies and to guide climate policy decisions. The primary sectors where MACCs are frequently applied include the energy sector, agriculture, industrial sector, transportation, and residential and commercial buildings.

Experience from various countries demonstrates that multiple approaches can be used to analyze GHG reduction activities. The choice of methodology depends on the purpose of the assessment, the types of emissions considered, the kinds of costs calculated, and the information available.

Two different approaches are typically used to build these curves: an economy-oriented top-down model or an engineering-oriented bottom-up-model. The top-down analysis relies on a macroeconomic general equilibrium model, which provides an overall cost to the economy and is favored for studying macroeconomic and fiscal policies, models the abatement potential and cost for individual technologies or measures, making it more useful for examining options with sectoral and technological implications. To ensure rigor and consistency, the MACC appraisal must follow a commonly recognized methodology that accounts for Agriculture, Forestry, Land Use (AFOLU) specificities. The results must also be transparent and comparable to those of other sectors such as energy transportation, and manufacturing.

Marginal Abatement cost curves vary widely in shape, differing in regional scope, time zone, included sectors, and the approach used for their generation. A MACC graph shows the cost associated with the last unit (the marginal cost) of emission reduction for different levels of emission abatement, typically measured in million or billion tons of CO₂. To assess the marginal abatement cost, a baseline without CO₂ constraints must be defined for comparison. MACC allows for the analysis of the cost of the last abated unit of CO₂ at a specified abatement level and provides insights into total abatement costs through the area under the curve. Average abatement costs can be determined by dividing the total abatement cost by the total amount of emissions abated. Based on the methodology, MACC can be categorized into expert-based and model-derived curves, as illustrated in Figure 2 [20].

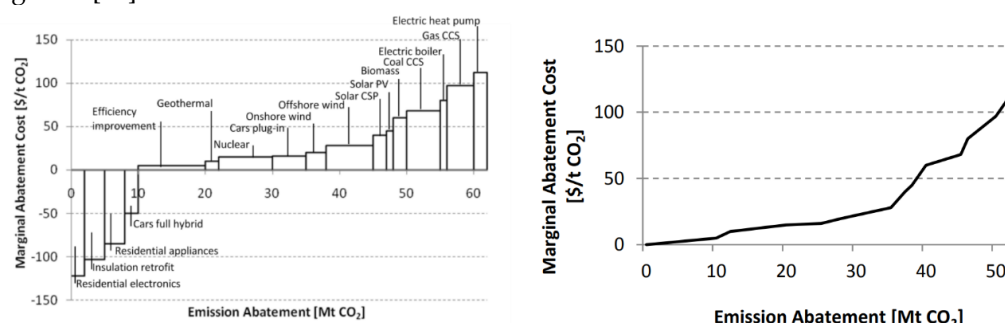


Figure 2. Stylized examples for an expert-based (left) and model-derived MACC (right)

Expert-based curves evaluate the cost and reduction potential of each abatement measure based on informed opinions, whereas model-derived curves are calculated using energy models. MACCs have been particularly popular with policymakers due to their straightforward presentation of the economics of climate change mitigation. Policymakers can easily identify the marginal abatement cost for any given total reduction amount and, in the case of expert-based curves, can also see the specific mitigation measures responsible for the CO₂ emissions reduction [20]. Based on previous discussion, as everywhere, MACC has its pros and cons. These are summarized in Table 2.

Table 2. Strengths and weaknesses of expert judgement-based MACCs and model derived MACCs

Analysed aspect	Expert judgement-based MACCs	Model-derived MACCs
Strengths	Extensive technological detail	Bottom-up

	Possibility of considering technology specific market distortions Easy understanding of technology-specific abatement curves	Model explicitly maps energy technologies in detail Top-down Macroeconomic feedbacks and costs considered Both Interactions between measures included Consistent baseline emission pathway Intertemporal interactions incorporated Possibility to represent uncertainty Incorporate of behavioural factors Comparably quick generation
Weaknesses	Lack of integration of behavioural factors Absence of interactions and dependencies between mitigation measures Potential for inconsistent baseline emissions No representation of intertemporal interactions Limited representation of uncertainty Sometimes restricted to a single economic sector, without the ability to combine abatement curves across sectors No representation of macroeconomic feedbacks Simplified technological cost structure	Bottom-up No macroeconomic feedbacks Direct cost in the energy sector Risk of penny-switching No reflection of indirect rebound effect Top-down Model lacks technological detail Possible unrealistic physical implications Both No technological detail in representation of MAC curve Assumption of a rational agent, disregarding most market distortions

Bottom-up energy models are partial equilibrium models focused solely on the energy sector, unlike top-down models which encompass endogenous economic responses across the entire economy. Bottom-up models can be either simulation or optimization models, achieving partial equilibrium by minimizing system costs or maximizing consumer and producer surplus. In comparison to top-down models, bottom-up models provide more detailed representation of energy technologies throughout the transition from primary to useful energy. Top-down models, on the other hand, depend on substitution elasticities, which are primarily estimated based on historical rates and assumed to remain valid in the future [20].

To leverage the strengths of both bottom-up and top-down approaches, a practical alternative is to use a bottom-up model, which provides the necessary technological detail, to create a consistent MAC curve. Index decomposition analysis can then be applied to the results of the energy system model to attribute emission reductions to specific changes in the energy system. This approach allows for the identification of the measures responsible for emission reductions while maintaining a coherent framework capable of considering system-wide interactions. This method significantly enhances the usefulness of MAC curves for policymakers, addressing several shortcomings of existing approaches while remaining easy to understand.

3.2. Historical insights into experience of full cycle approach towards carbon neutrality

In the middle of the last decade, climate problems were not very urgent for society because Latvia was considered to be a very green country with a low level of industrialisation and a low population density. Climate problems were put on the political agenda in Latvia later than in other parts of the EU because in 1990, the reference period for policy documents, Latvia was still occupied by the USSR and had an economically unsound planned economy that disintegrated immediately after the USSR collapsed. As a result, Latvia stopped producing products non-competitive outside the USSR in energy-inefficient factories and plants, and agriculture no longer needed collective farms, which had been established as a result of forced collectivisation. Naturally, alongside a decrease in energy consumption and livestock and the change in ownership that led to the restructuring of the economy and the conversion to the western model of farming, GHG emissions also decrease significantly. In Latvia, after fast privatisation, a new economy oriented towards the production, technological and investment patterns of western EU countries began to emerge. In agriculture, the descendants of farmers reclaimed their ancestral land and tried to find their place in the food market, which was also successful, with both the output of agricultural products and the intensity of production slowly increasing. Consequently, GHG emissions began to increase and, after EU accession, climate problems emerged on the agenda for policymakers. In the following decade, the need for science-based expertise on GHG emission reduction measures increased for policymakers.

3.2.1. Adoption and improvement of MACC methodology for Latvia

In 2015, the Latvian government launched EVIDEnT, a national scientific research project on the impacts of climate change on economic growth, and one of the project's components was the development of the first GHG MACC for the agricultural sector in Latvia. As part of the project, the Ministry of Agriculture of the Republic of Latvia held a MACC workshop with the aim of sharing experience and using the best one for developing an agricultural MACC for Latvia. The results of the workshop and the experience of MACC designers were published in a research paper [44] describing the diverse experience in using MACCs within the EU. The EVIDENT project developed a MACC for agricultural GHG mitigation measures, which contained innovative features. From the very beginning, it was clear that MACCs would be used in policymaking. The previous experience recommended the use of the Farm Accountancy Data Network (FADN) database for evaluating MACC measures; however, the FADN database does not represent the whole agricultural sector, but only the most important part of it affecting the agricultural market. To improve this situation, a typology of Latvian farms was developed applying a cluster approach [42]. The result was a MACC for five types or clusters of farms characteristic of Latvia [43].

It should be noted, however, that the approach itself is time-consuming and adds significant complexity to the construction of a MACC, as data from various databases had to be harmonised in order to overcome potential representativeness difficulties. Nevertheless, it should be added that the inclusion of personal farm plots and organic farms in a MACC actually increased the MACC coverage by a negligible 3%, i.e., the GHG reduction potential increased by 3%. Firstly, it is clear that if policy support measures are proposed, the focus is placed on intensive farms, which are usually also economically stronger. In later discussions, organic and small farms pointed out that they were denied specific support to develop the farms. In other words, farmers felt penalised for already being less GHG intensive. Secondly, it increased the number of measures that could be defined as suitable

for a certain type of cluster. This made the calculations more meaningful as well as more specific, depending on farming practices specific to Latvia [41]. Thirdly, the MACC constructed became a kind of platform which enabled more detailed discussions with farmer lobbies, policymakers and state control organizations. What became clear in a selection of measures was that the measures not only have a positive impact on GHG emission reduction but also bring other environmental or economic benefits. To verify this, an integrated impact assessment of the GHG emission reduction measures included in the MACC was performed [42]. It was found that climate actions predominantly had an impact on the strategic economic benefits of farms, as well as additional environmental benefits were brought to society. Overall, it should be noted that the use of MACCs in assessing agricultural GHG emissions was successful, which encouraged further activities. In addition to GHG emission reduction, the problem of increased C (carbon) sequestration and the interaction between land use, land-use change, and forestry (LULUCF) and agriculture was also a major challenge. These were the key tasks for constructing a next MACC.

3.2.2. Developing the use and diversity of the MACC approach

The MACC for agricultural GHG emission mitigation measures developed as part of the national research programme EVIDEnT were further supplemented with two new measures, i.e., “Paludiculture (reed (for construction)) on arable land on organic soils” and “Establishment of perennial plantations (bush blueberry) on organic arable land”, which related to land use and land use change. Also previously analysed 23 measures were revised and analyzed their interaction with LULUCF sector. Overall, most of the measures had a neutral impact on each other (12 measures). Only three measures had a positive impact on both sectors, which means that both sectors contributed to GHG reductions. For two measures, the impact was not clear due to a lack of research studies. For six measures, a negative interaction was found, mainly due to the fact that an increase in green mass in the agricultural sector leads to additional emissions, while an increase in green mass in the LULUCF sector leads to an increase in CO₂ sequestration. The research found that some of the measures included in the updated MACC, in addition to GHG emission reduction potential, also have CO₂ sequestration and C storage potential. Therefore, the research did an assessment of the CO₂ sequestration and C storage efficiency of the measures.

In Latvia, the next stage of using MACCs is associated with the European Commission's Clean Air programme for Europe whose legal basis is Directive 2016/2284, The directive sets strict anthropogenic emission ceilings for the Member States for the main pollutants: sulphur dioxide, nitrogen oxide, non-methane volatile organic compounds, ammonia and fine particulate matter (PM_{2,5}) for the period from 2020 to 2029 and beyond 2030. In addition, Article 6 of Directive 2016/2284 requires the Member States to develop and submit to the European Commission their national action plans to limit air pollution by 1 April 2019. An action plan must be updated at least every four years or more frequently if, according to the annual emissions report, the targets for reducing emissions from air pollutants are not met or are at risk of not being met. Given that 86% of total NH₃ emissions in Latvia in 2016 were attributable to agricultural production, measures in agriculture need to be taken to reduce air pollution. A MACC was suitable for this purpose, resulting in an ammonia MACC designed for agriculture. The research adapted an already designed MACC for ammonia emission abatement measures and constructed a new MACC curve. The research analysed 17 various ammonia abatement measures focusing on the efficient use of

nitrogen (N) fertilisers, efficient off-site manure management and the development of organic farming. The research identified the impacts and cost-effectiveness of the measures on reducing ammonia emissions and published the results [41]. In addition, it is important to note that the measures and approach analysed were incorporated into the policy document “Air Pollution Reduction Action Plan for 2019-2030”.

3.2.3. Using MACC in policy discussion and knowledge transfer

In addition, as preparations for the new European Union financial programming period (2021-2027) began, there was a need for a deeper and more detailed understanding of practical implementation constraints and solutions for the GHG and ammonia emission abatement measures concerned. Given the commitments of Latvia in relation to the EU GHG and ammonia emission abatement targets, it is important to identify improvements necessary in data inventory and knowledge build-up, so that the impacts of GHG and ammonia emission abatement measures are included in GHG and ammonia emission inventory reports. Basically, the MACC initiated a discussion between scientists, farmer lobby organizations, farmers, consultancy services and policymakers. During the project, nine interactive workshops were held, bringing together more than 160 participants. The purpose of the workshops was to build a common understanding (among farmers, scientists, agricultural, environmental and climate policymakers) of GHG and ammonia abatement measures in agriculture, as well as identify potential constraints and policy requirements for practical implementation. The project team presented 20 GHG and ammonia abatement measures to the workshop participants and held discussions on the positive and negative experience, technological, environmental, social and economic constraints and potential solutions for the implementation of the measures. The interactive workshops contributed to the farmers’ understanding of the nature of GHG and ammonia abatement measures and their suitability for various types of farming, as well as identified concrete actions for the active implementation thereof in practice. One important area of application of the MACC for Latvian agriculture was the opportunity to improve the national GHG inventory reports. A major challenge was to identify new measures that could be integrated into policies and make the national GHG inventory report more realistic. The IPCC sets strict guidelines (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) for drawing up a report, which include a requirement for reliable and verifiable data. In the case of Latvia, the challenge was incomplete livestock feed statistics, which led to the use of relatively old data from the feed catalogue. These were the basic challenges to constructing an agricultural MACC for Latvia.

Unfortunately, the project was affected by the Covid-19 pandemic, which prevented sufficiently extensive and reliable data on changes in cattle feed consumption. At the same time, a new approach was designed for reducing both ammonia and GHG emissions. The project designed six new feed ration models, each comprising a feed recipe and ration for a particular lactation phase of cows. The models provide several benefits: improved animal welfare, higher productivity and reduced GHG and ammonia emissions, depending on the situation in the country [53]. The measures complemented the updated GHG MACC and ammonia MACC. However, there are some indications that in Latvia, sustainable agricultural production needs to be shifted towards a more integrated and circular pattern, taking into account the current geographical, biological,

social and economic considerations [42]. The information collected was the basis for a discussion on a new Strategic Plan for the Common Agricultural Policy of Latvia for 2023-2027 (Latvia-CAP Strategic Plan). The scientifically justified GHG and ammonia abatement measures posed significant challenges for both policymakers and farmer lobby organizations. On the one hand, the measures were essential for the implementation of the EU Farm to Fork strategy and the National GHG and Air Quality Commitments; on the other hand, it was difficult to link the measures to specific support. Policymakers had to design a mechanism for implementation and control of the measures, as they had to ensure that public funding was used properly. However, this control mechanism may not become too bureaucratic and burdensome for farmers, which would undermine their involvement in the implementation of the measures. The influence of lobby organizations, which wanted to change the intensity of implementation of and eligibility criteria for the measures and increase the amount and intensity of financial support, should also be taken into account. In view of the above, a new Strategic Plan for the Common Agricultural Policy of Latvia for 2023-2027 was drawn up. This document did not satisfy anyone and was therefore considered to be a good trade-off. At the same time, a question arose to what extent the national CAP Strategic Plan is able to influence climate policy goals. Modifying the MACC approach also makes it possible to analyse current GHG abatement measures. The most important incentive for farmers to make changes on their farms is the availability of public funding to implement the measures. At the same time, the availability of such funding also provides opportunities for requesting information on the effect of GHG measures or for documenting the effect.

Therefore, the targets set by the National Energy and Climate Plan for 2021-2030 have mainly theoretical potential, and the measures and targets set by the Strategic Plan for the Common Agricultural Policy of Latvia for 2023-2027 (CAP) are practically measurable. Unlike the previous versions of the MACC, this one does not consider the marginal cost for farmers to implement the measure but the relative public cost (CAP funding) per ton of GHG (CO_{2eq}) emissions reduced. The CAP targets, the assumptions of previous MACC projects on changes in the characteristics of emissions during the implementation of a measure, the current IPCC characteristics were used to determine the potential for GHG abatement. In total, the GHG abatement measures supported by the CAP contribute to 516 ktCO_{2eq} reductions over five years. For comparison, a GHG emission reduction calculated for the first MACC project totals 7 653 ktCO_{2eq} over a period of 13 years, which is five times less per year. It has to be acknowledged that the CAP MACC calculations do not include investment measures. For several measures, the CAP targets are lower than the real results achieved implementing the measures. It is therefore difficult to identify the real impacts of current CAP measures on achieving the Climate Action targets. At the same time, the MACC shows how much a reduction of 1 ton of CO_{2eq} costs the public, allowing the public to assess the effectiveness of a policy according to the interests of a particular social group. The GHG abatement measures selected and evaluated scientifically only indicate the potential, while the real implementation is more complex and could significantly reduce the technological potential. However, it provides a basis for discussion and indicates tactical priorities in policymaking. The next priority in developing the MACC for Latvia is to integrate the value of ecosystem services into the agricultural MACC, which is still in process.

3.2.4. Using MACC in creating new knowledge and improving data gathering

Further development of MACC methodology was proceeded with inclusion of ecosystem services value in the evaluation of measures to reduce GHG, ammonia emissions and increase CO₂ sequestration. MACC methodology were prepared for the inclusion of ecosystem services value in the evaluation of measures to reduce GHG, ammonia emissions and increase CO₂ sequestration. The use of ecosystem services value in MACC analysis has not been used in research so far and is considered an innovative approach. The inclusion of the social aspect in MACC analysis expands the scope of the analysis and can theoretically expand the applicability of MACC for the development of agricultural, environmental and climate policy or legal framework, policy analysis and impact assessment.

Climate change mitigation measures do not/cannot in themselves create ecosystem services, but their implementation may have a positive or negative impact on the volume and value of the ecosystem services concerned. Primarily the assessment of ecosystem services is carried out at the ecosystem level, it creates all international databases – when selecting a specific ecosystem, one can look for its association with a specific service and then determine the value of the service/service set. Repeating a similar approach in the case of MACC measures it is important:

- To identify for each measure the type of land management/biome/ecosystem to which it relates;
- To understand which services of the relevant ecosystem are affected by the measure if it is introduced (assuming that the impact is positive);
- To find the value of the ecosystem service(s) to be linked to the relevant ecosystem.

With regard to the use of the value of ecosystem services in the MACC analysis, studies show that in the case of negative costs (as in the case of ecosystem services, unless it is non-services (disservices)), caution is desirable in the use of MACC [54-58], because:

- The climate change mitigation potential of negative cost-negative measures may be overestimated without paying sufficient attention to measures that are less cost-effective;
- Negative cost measures are adequately assessed as the most cost-effective or income-generating, but their mutual ranking may not be correct due to the peculiarities of the mathematical algorithm of the method.

At present, there is no well-established approach available to address this shortcoming of the MACC method, so it can be assumed that "negative cost measures" are perceived as equal in ranking. As a result, the results of the MACC analysis with embedded ecosystem services should not be directly interpreted in the form of a ranking of the measure, but should be used as an indication of the existence and significance of goodwill (the result of the calculations changes significantly), drawing the attention of decision-makers to the need to consider the inclusion of this type of value in policy decision-making processes, as well as to consider support for further research.

In Table 3 authors have summarized contributions from main stages in the development of the MACC approach.

Table 3. Summary of contributions from main stages in the development of the MACC approach.

Period	Stage	Action	Importance and practical use
--------	-------	--------	------------------------------

2015-2017	Adopting and improving of MACC methodology for Latvia	Developed MACC for five typical farm clusters	Created a methodology suitable for Latvia created using the cluster method Prepared necessary methodology (scientific monograph) for use of MACC approach Analysed several dozen GHG mitigation measures and 17 were selected for deeper analysis and practical implementation
2018-2020	Developing the use and diversity of the MACC approach	Developed MACC with C capture measures and analysed LULUCF and agriculture interaction	Estimated the overlap effect of multiple sectors (agricultural and LULUCF) Evaluated new C capture measures Used MACC for policy making Identified new research directions
2021-2023	Using MACC in policy discussion and knowledge transfer	Developed MACC with ammonia emission reduction measures and organized set of discussion events with farmers	Transferred knowledge to NGOs and farmers Prepared information for the improvement of climate and agricultural policy Prepared information for improvement of air quality policy
2023-2025	Using MACC in creating new knowledge and improving data gathering	Developed MACC for CAP GHG reduction measures	Evaluated new GHG emissions reduction measures in agriculture Developed recommendations for the accounting of agricultural data for the evaluation of the reducing effects of GHG and ammonia emissions
		Developed MACC including ecosystem services evaluation	Developed a methodology for incorporating the value of ecosystem services into the MACC Developed additional variations of the MACC curves for evaluating the cost effectiveness of GHG and ammonia emission reduction measures, reflecting different rates of implementation stages of the measures

5. Conclusions

Analytical assessment of country's level experience in moving towards agricultural decarbonization by using MACC as supportive tool has showed that MACC has helped to prepare several strategic documents, like Rural Development Programme, National Inventory Reports of GHG and Ammonia Emissions, National Energy and Climate Plan, Air Pollution Action Plan, has been used for farmer education and as conversation platform with other non-ETS

sectors, has brought necessary information for economic models of climate and agricultural development.

By tracking main points in Latvia's experience in developing theoretical background by elaborating different versions of MACC and transferring gained theoretical knowledge into political agenda and national targets following recommendations can be drawn up:

- By recognizing unique characteristics of different farm types (e.g. intensive, extensive, organic etc.) principle of targeted and equitable distribution of support should be implemented when developing climate related policies and framework for support measures.
- Comprehensive assessment of GHG mitigation measures, considering their economic, environmental and social impacts, as well as understanding their multiple benefits and robust data collection and analysis can serve as background for data-driven policymaking.
- Facilitation of knowledge sharing, like knowledge exchange between scientists, policymakers, farmers and other stakeholders, and capacity building, like training and technical assistance to farmers to implement climate friendly practices, can boost more faster transition to carbon neutrality.

Author Contributions: Conceptualization, D.P. and K.N.-L.; methodology, D.P.; validation, K.N.-L. and A.L.; formal analysis, K.F.; investigation, A.L.; resources, K.F., A.L.; writing—original draft preparation, K.F., K.N.-L., A.L. and D.P.; writing—review and editing, D.P.; visualization, D.P. and K.F.; supervision, D.P.; project administration, D.P.; funding acquisition, D.P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: The research was carried out with the financial support of the Latvian Ministry of Agriculture and the Rural Support Service project “Updating the marginal abatement cost curves (MACC) of Latvian agriculture for the decarbonization of agriculture”, research No. 25-00-S0INZ03-000034.

Data Availability Statement: No new data were created during this study.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.

References

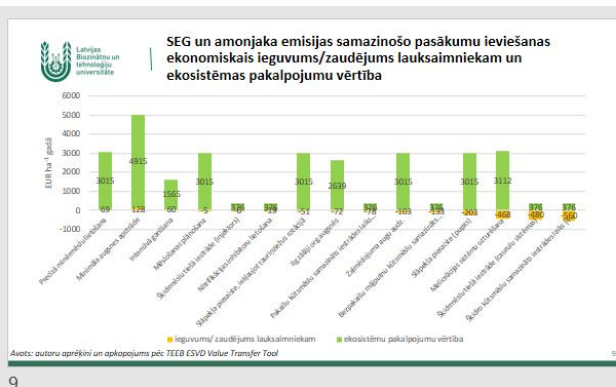
1. United Nations Department of Economic and Social Affairs. World Economic Situation and Prospects 2024. 2024. 196 p. Available online: https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP_2024_Web.pdf
2. Fukase, E. and Will, M. Economic growth, convergence, and world food demand and supply. *World Development*, **2020**, Vol. 132. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104954>.
3. Turk, J. Meeting projected food demands by 2050: Understanding and enhancing the role of grazing ruminants. *Animal Science*, **2016**, Vol. 94, pp. 53–62. Available online: <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0547>.
4. Warner, K., Hamza, M., Oliver-Smith, A., Renaud, F. and Julca, A. Climate change, environmental degradation and migration. *Natural Hazards*, **2009**, Vol. 55, pp. 689–715. Available online: <https://doi.org/10.1007/s11069-009-9419-7>.
5. Pro Oxygen. Latest daily CO2. 2024. Available online: <https://www.co2.earth/daily-co2>.
6. Hatfield-Dodds, S., Schandl, H., Newth, D., Obersteiner, M. Cai, Y., Baynes, T., West, J. and Havlik, P. Assessing global resource use and greenhouse emissions to 2050, with ambitious resource efficiency and climate mitigation

- policies. *Cleaner Production*, **2017**, Vol. 144, pp. 403-414. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.170>.
7. Komarek, A. M., Dunston, S., Enahoro, D., Charles, J., Godfray, H., Herrero, M., Mason-D'Croz, D., Rich, M. K., Scarborough, P., Springmann, M., Sulser, B.T., Wiebe, K. and Willenbockel, D. Income, consumer preferences, and the future of livestock-derived food demand. *Global Environmental Change*, **2021**, Vol. 70. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102343>.
 8. Maximillian, J., Brusseau, M. L., Glenn, E.P. and Matthias, A.D. Pollution and environmental perturbations in the global system. *Environmental and Pollution Science, Third Edition*, 2019, pp. 457–476. Available online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00025-2>.
 9. Mora, C., Rollins, R.L., Taladay, K., Kantar, M. B., Chock, M., Shimada, M. and Franklin, E. C. Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Climate Change*, **2018**, Vol. 8, pp. 931–933. Available online: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0321-8>.
 10. United Nations. *The Paris Agreement*. 2015, 27 p. Available online: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.
 11. Chen, L., Msigwa, G., Yang, M., Osman, I.A., Fawzy, S., Rooney, W. D. and Yap, P. S. Strategies to achieve a carbon neutral society: a review. *Environmental Chemistry Letters*, **2022**, Vol. 20, pp. 2277–2310. Available online: doi.org/10.1007/s10311-022-01435-8.
 12. Wei, Y. M., Chen, K., Kang, J.N., Chen, W., Wang, X. Y. and Zhang X. Policy and Management of Carbon Peaking and Carbon Neutrality: A Literature Review. *Engineering*, **2022**, Vol. 14, pp. 52-63. Available online: doi.org/10.1016/j.eng.2021.12.018.
 13. Usman, I. M. T., Ho, Y. C., Baloo, L., Lam, M. K. and Sujarwo, W. A comprehensive review on the advances of bioproducts from biomass towards meeting net zero carbon emissions (NZCE). *Bioresource Technology*, **2022**, Vol. 366. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128167>.
 14. European Union. Clean Planet for all A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. COM/2018/773, 2018. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773>.
 15. Climate Action Tracker. CAT net zero target evaluation. 2023. Available online: <https://climateactiontracker.org/global/cat-net-zero-target-evaluations/>
 16. Allen, M., Frame, D., Huntingford, C., Huntingford, C., Jones, C. D., Lowe, J. A., Meinshausen, M., and Meinshausen, N. Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. *Nature*, **2009**, 458(7242), 1163–1166. Available online: <https://doi.org/10.1038/nature08019>
 17. Hale, T., Smith, S. M., Black, R., Cullen, K., Fay, B., Lang, J., and Mahmood, S. Assessing the rapidly-emerging landscape of net zero targets. *Climate Policy*, **2021**, Vol. 22(1), pp. 18–29. Available online: <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.2013155>
 18. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, 2014, Geneva, Switzerland, 151 pp. Available online: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
 19. Levin, K., Rich, D., Ross, K., Fransen, T. and Elliott, C. Working paper: Designing and Communicating Net-Zero Targets, 2020, 30 p. Available online: <https://www.wri.org/research/designing-and-communicating-net-zero-targets>
 20. Kesicki, F. Marginal abatement cost curves for policy making -expert-based vs. model-derived curves. *Environmental Science & Policy*, **2010**, 14(8), pp. 1195-1204. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.08.004>
 21. Bockel, L., Sutter, P. and Jonsson, M. Using Marginal Abatement Cost Curves to Realize the Economic Appraisal of Climate Smart Agriculture Policy Options. The EX Ante Carbon-balance Tool, 2012. Available online: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/33830c17-609f-4f0f-a034-b471818ecb59/content>
 22. Blumstein, C. and Stoft, S. E. Technical efficiency, production functions and conservation supply curves. *Energy Policy*, **1995**, Vol. 23(9), pp. 765–768. Available online: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(95\)00073-r](https://doi.org/10.1016/0301-4215(95)00073-r)
 23. Difiglio, C., Duleep, K. G. and Greene, D. L. Cost Effectiveness of Future Fuel Economy Improvements. *The Energy Journal*, **1990**, Vol. 11(1), pp. 65–87. Available online: <https://doi.org/10.5547/issn0195-6574-ej-vol11-no1-7>

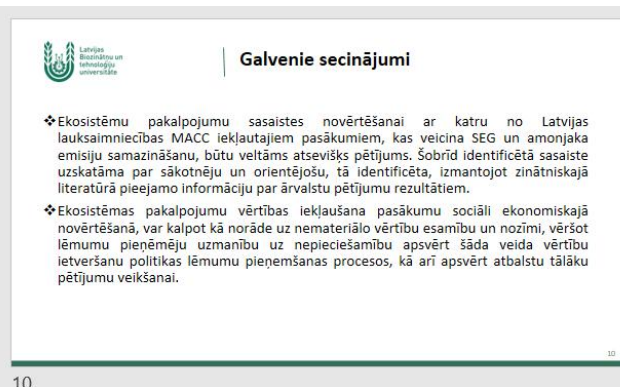
24. Rosenfeld, A., Atkinson, C., Koomey, J., Meier, A., Mowris, R. J. and Price, L. Conserved energy supply curves for U.S. buildings. *Contemporary Economic Policy*, **1993**, Vol. 11(1), pp. 45–68. Available online: <https://doi.org/10.1111/j.1465-7287.1993.tb00370.x>
25. Rentz, O., Haasis, H.-D., Jattke, A., Ruß, P., Wietschel, M. and Amann, M. Influence of energy-supply structure on emission-reduction costs. *Energy*, **1994**, Vol. 19(6), pp. 641–651. Available online: [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(94\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0360-5442(94)90004-3)
26. Jackson, T. Least-cost greenhouse planning supply curves for global warming abatement. *Energy Policy*, **1991**, Vol. 19(1), pp. 35–46. Available online: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(91\)90075-y](https://doi.org/10.1016/0301-4215(91)90075-y)
27. Mills, E., Wilson, D. and Johansson, T. B. Getting started: no-regrets strategies for reducing greenhouse gas emissions. *Energy Policy*, **1991**, Vol. 19(6), pp. 526–542. Available online: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(91\)90033-k](https://doi.org/10.1016/0301-4215(91)90033-k)
28. Sitnicki, S., Budzinski, K., Juda, J., Michna, J. and Szpilewicz, A. Opportunities for carbon emissions control in Poland. *Energy Policy*, **1991**, Vol. 19(10), pp. 995–1002. Available online: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(91\)90120-d](https://doi.org/10.1016/0301-4215(91)90120-d)
29. Kesicki, F. and Ekins, P. Marginal abatement cost curves: a call for caution. *Climate Policy*, **2012**, Vol. 12(2), pp. 219–236. Available at: <https://doi.org/10.1080/14693062.2011.582347>
30. Blok, K., Worrell, E., Cuelenaere, R. and Turkenburg, W. The cost effectiveness of CO₂ emission reduction achieved by energy conservation. *Energy Policy*, **1993**, Vol. 21(6), pp. 656–667. Available online: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(93\)90289-r](https://doi.org/10.1016/0301-4215(93)90289-r)
31. Haoqi, Q., Libo, W. and Weiqi, T. “Lock-in” effect of emission standard and its impact on the choice of market based instruments. *Energy Economics*, **2017**, Vol. 63, pp. 41–50. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.01.005>
32. Bauman, Y., Lee, M. and Seeley, K. Does Technological Innovation Really Reduce Marginal Abatement Costs? Some Theory, Algebraic Evidence, and Policy Implications. *Environmental and Resource Economics*, **2007**, Vol. 40(4), pp. 507–527. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10640-007-9167-7>
33. Downing, P. B. and White, L. J. Innovation in pollution control. *Journal of Environmental Economics and Management*, **1986**, Vol. 13(1), pp. 18–29. Available online: [https://doi.org/10.1016/0095-0696\(86\)90014-8](https://doi.org/10.1016/0095-0696(86)90014-8)
34. Moran, D., Macleod, M., Wall, E., Eory, V., Mcvittie, A., Barnes, A., Rees, B., Pajot, G., Matthews, R., Smith, P. and Moxey, A. Marginal abatement cost curves for UK agriculture, forestry, land-use and land-use change sector out to 2022. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **2009**, Vol. 6(24), 242002. Available online: <https://doi.org/10.1088/1755-1307/6/4/242002>
35. 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. and Moxey, A. Developing carbon budgets for UK agriculture, land-use, land-use change and forestry out to 2022. *Climatic Change*, **2010**, Vol. 105(3–4), pp. 529–553. Available online: <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9898-2>
36. O’Brien, D., Shalloo, L., Crosson, P., Donnellan, T., Farrelly, N., Finnan, J., Hanrahan, K., Lalor, S., Lanigan, G., Thorne, F. and Schulte, R. 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*, **2014**, Vol. 39, pp. 107–118. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.09.001>
37. 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. and Chemineau, P. Identifying cost-competitive greenhouse gas mitigation potential of French agriculture. *Environmental Science & Policy*, **2017**, Vol. 77, pp. 130–139. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.003>
38. Ikkatai, S. Emission reductions policy mix: Industrial sector greenhouse gas emission reductions. In: *Climate Change and Global Sustainability*, 2013, pp 164–177. Available online: <https://doi.org/10.18356/706f16a6-en>
39. Wang, W., Koslowski, F., Nayak, D. R., Smith, P., Saetan, E., Ju, X., Guo, L., Han, G., de Perthuis, C., Lin, E. and Moran, D. Greenhouse gas mitigation in Chinese agriculture: Distinguishing technical and economic potentials. *Global Environmental Change*, **2014**, Vol. 26, pp. 53–62. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.008>
40. McGetrick, J. A., Bubela, T. and Hik, D. S. Automated content analysis as a tool for research and practice: a case illustration from the Prairie Creek and Nico environmental assessments in the Northwest Territories, Canada.

- Impact Assessment and Project Appraisal*, **2016**, Vol. 35(2), pp. 139–147. Available online: <https://doi.org/10.1080/14615517.2016.1239496>
41. Lēnerts, A., Popluga, D., Naglis-Liepa, K., Rivža P. Fertilizer use efficiency impact on GHG emissions in the Latvian crop sector. *Agronomy Research*, **2016**, Vol. 14(1), pp. 123–133. Available online: https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/05/Vol14_nr1_Lenerts.pdf
 42. Naglis-Liepa, K., Popluga D. and Rivža. P. Typology of Latvian Agricultural Farms in the Context of Mitigation of Agricultural GHG Emissions. *15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2015 "Ecology, Economics, Education and Legislation" Conference Proceedings*, **2015**, Vol. II, pp. 513–520.
 43. Popluga, D., Naglis-Liepa, K., Lenerts, A., Rivza, P. Marginal abatement cost curve for assessing mitigation potential of Latvian agricultural greenhouse gas emissions: case study of crop sector. *17th International multidisciplinary scientific GeoConference SGEM 2017: conference proceedings*, **2017**, Vol.17: Energy and clean technologies; Issue 41: Nuclear technologies. Recycling. Air pollution and climate change, pp. 511–518.
 44. Eory, V., Pellerin, S., Carmona Garcia, G., Lehtonen, H., Licite, I., Mattila, H., Lund-Sørensen, T., Muldowney, J., Popluga, D., Strandmark, L. and Schulte, R. Marginal abatement cost curves for agricultural climate policy: State-of-the art, lessons learnt and future potential. *Journal of Cleaner Production*, **2018**, Vol. 182, pp. 705–716. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.252>
 45. De Cara, S. and Jayet, P.-A. Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost effectiveness, and the EU non-ETS burden sharing agreement. *Ecological Economics*, **2011**, Vol. 70(9), pp. 1680–1690. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.05.007>
 46. De Cara, S., Houzé, M. and Jayet, P.-A. Methane and Nitrous Oxide Emissions from Agriculture in the EU: A Spatial Assessment of Sources and Abatement Costs. *Environmental and Resource Economics*, **2005**, Vol. 32(4), pp. 551–583. Available online: <https://doi.org/10.1007/s10640-005-0071-8>
 47. Hediger, W. Modeling GHG emissions and carbon sequestration in Swiss agriculture: An integrated economic approach. *International Congress Series*, **2006**, Vol. 1293, pp. 86–95. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ics.2006.02.001>
 48. Golub, A., Hertel, T., Lee, H.-L., Rose, S. and Sohngen, B. The opportunity cost of land use and the global potential for greenhouse gas mitigation in agriculture and forestry. *Resource and Energy Economics*, **2009**, Vol. 31(4), pp. 299–319. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2009.04.007>
 49. Pérez Dominguez, I., Britz, W. and Holm-Müller, K. Trading schemes for greenhouse gas emissions from European agriculture : A comparative analysis based on different implementation options. *Revue d'études En Agriculture et Environnement*, **2009**, Vol. 90(3), pp. 287–308. Available online: <https://doi.org/10.3406/reae.2009.1973>
 50. Schneider, U. A., McCarl, B. A. and Schmid, E. Agricultural sector analysis on greenhouse gas mitigation in US agriculture and forestry. *Agricultural Systems*, **2007**, Vol. 94(2), pp. 128–140. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.08.001>
 51. Beach, R. H., DeAngelo, B. J., Rose, S., Li, C., Salas, W. and DelGrosso, S. J. Mitigation potential and costs for global agricultural greenhouse gas emissions. *Agricultural Economics*, **2008**, Vol. 38(2), pp. 109–115. Available online: <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2007.00286.x>
 52. Höglund-Isaksson, L., Winiwarter, W., Purohit, P., Rafaj, P., Schöpp, W. and Klimont, Z. EU low carbon roadmap 2050: Potentials and costs for mitigation of non-CO2 greenhouse gas emissions. *Energy Strategy Reviews*, **2012**, Vol. 1(2), pp. 97–108. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2012.05.004>
 53. Kreišmane, Dz., Apločina, E., Naglis-Liepa, K., Bērziņa, L., Frolova, O., Lēnerts, A. Diet optimization for dairy cows to reduce ammonia emissions. *International scientific conference proceedings "Research for Rural Development 2021"*, 2021, Vol.36, pp. 36–43. Available online: <https://doi.org/10.22616/rrd.27.2021.005>
 54. Ekins, P., Kesicki, F., and Smith, A.Z.P. Marginal Abatement Cost Curves: A call for caution. 2011. [A report from the UCL Energy Institute to, and commissioned by, Grenpeace UK]. Available online: <https://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucft347/MACCCritGPUKFin.pdf>
 55. Levihn, F., Nuur, C., and Laestadius, S. Marginal abatement cost curves and abatement strategies: Taking option interdependency and investments unrelated to climate change into account. *Energy*, **2014**, 76, 336–344. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.08.025>
 56. Ponz-Tienda, J. L., Prada-Hernández, A. V., Salcedo-Bernal, A., and Balsalobre-Lorente, D. Marginal Abatement Cost Curves (MACC): Unsolved Issues, Anomalies, and Alternative Proposals. In: R. Álvarez Fernández, S. Zubelzu,

-
- & R. Martínez (Eds.), *Carbon Footprint and the Industrial Life Cycle* (pp. 269–288). 2017. Springer International Publishing. Available online: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54984-2_12
57. Taylor, S. The ranking of negative-cost emissions reduction measures. *Energy Policy*, **2012**, 48, 430–438. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ENPOL.2012.05.071>
58. Ward, D. J. The failure of marginal abatement cost curves in optimising a transition to a low carbon energy supply. *Energy Policy*, **2014**, 73, 820–822. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.03.008>



9



10



Latvijas
Biotehniskā
universitāte

**Latvijas
Biotehniskā
universitāte**

Zinātniskā pārlūka

Latvijas lauksaimniecības
sistēmās efektu gāzu
robežsamazinājuma izmaksu līkņu
(MACC) aktualizācija
lauksaimniecības virzībā uz
dekarbonizāciju

Projekta atkārtā

Paldies par uzmanību!

Jautājumi, komentāri:
dina.popluga@lbtu.lv

Projekta numurs: 24-05/0201-000014
LAD 15.05.2024. Iemums Nr. 10.9-1-24/2731-e
Ieviešanas reģistrācijas Nr. 24-05/0201-000014
Projekta vadītājs: Dr.oec. Dina Popluga

Novembris, 2024



11

Postera ziņojums Ziemeļvalstu un Baltijas valstu pārtikas sistēmu konferencē 2025. gada 26.-28. maijā, Helsinkī, Somijā



Social Sciences
Research



Latvia University
of Life Sciences
and Technologies



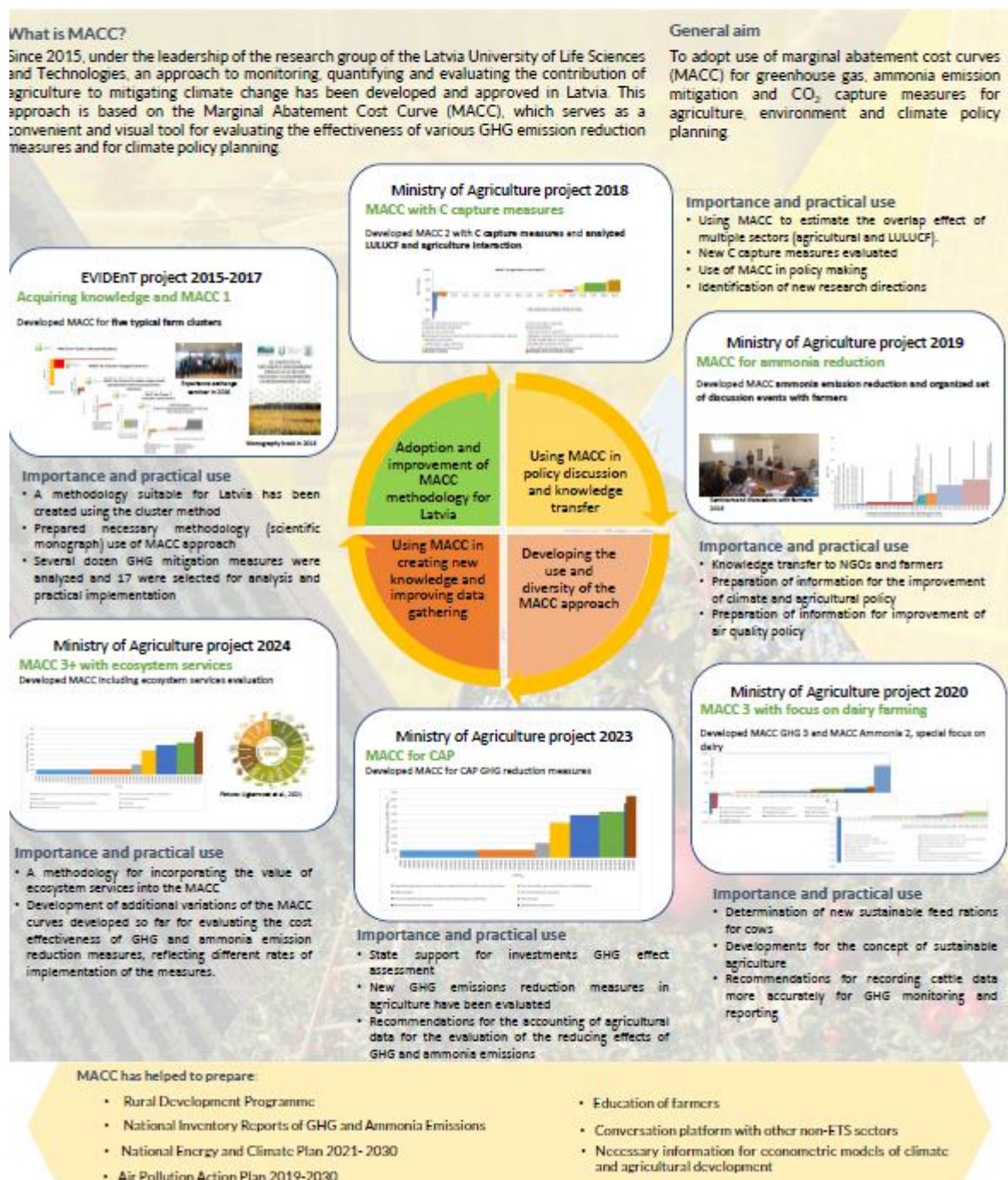
Ministry of Agriculture
Republic of Latvia



NORDIC-BALTIC
FOOD SYSTEMS
NETWORK

Decarbonization strategies in agriculture: from theory to implementation

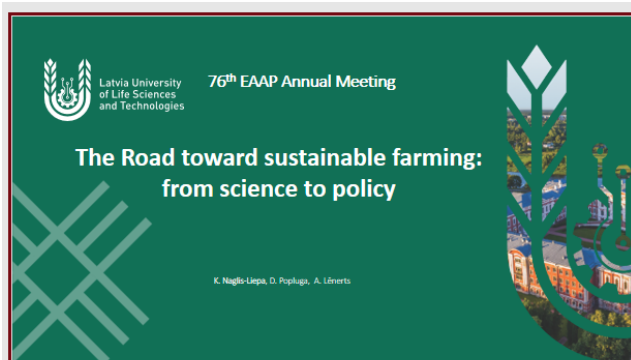
Prof. Dina Popluga, Assoc. prof. Kaspars Naglis-Liepa, Assit. prof. Arnis Lēnerts, Assit. prof. Ieva Līcīte



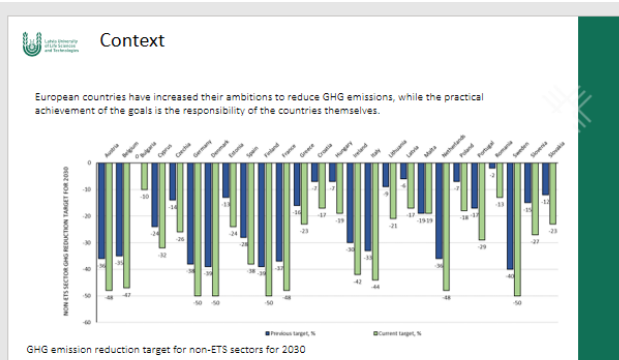
Research funding: The research was carried out with the financial support of the Latvian Ministry of Agriculture and the Rural Support Service project "Updating the marginal abatement cost curves (MACC) of Latvian agriculture for the decarbonization of agriculture", research No. 25-00-50INZ03-000034.

Learn more on: <https://www.lbtu.lv/en/climate-friendly-agriculture>

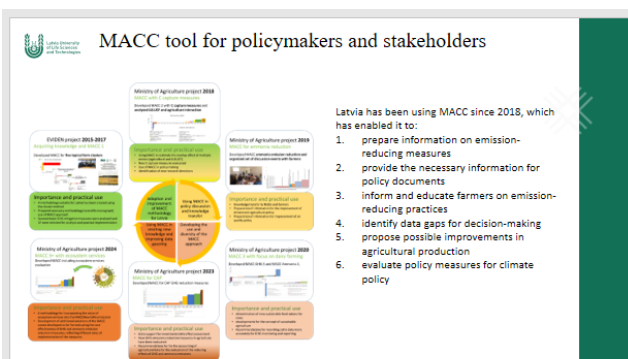
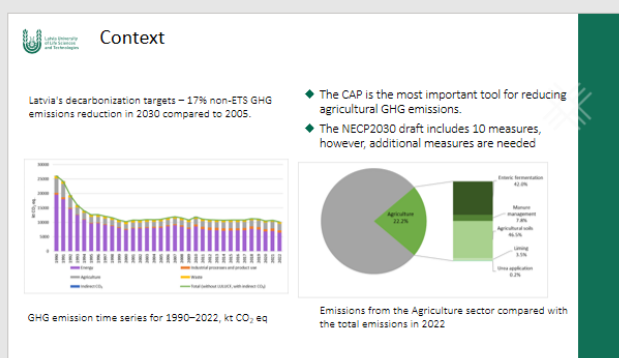
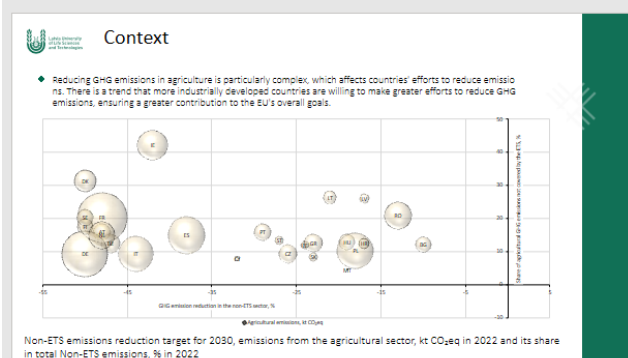
Prezentācijas ziņojums 76. Eiropas Dzīvnieku zinātnes federācijas (EAAP) ikgadējā sanāksmē 2025. gada 25.-29. augustā, Insbrukā, Austrijā



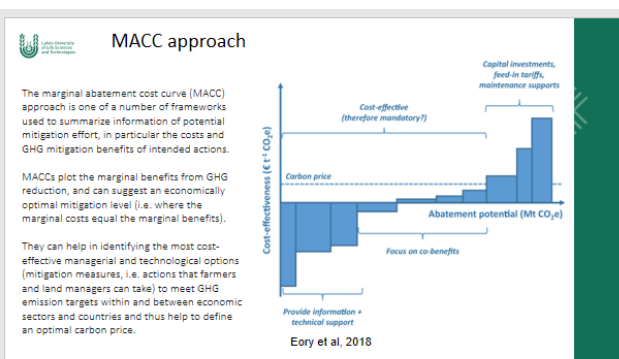
1



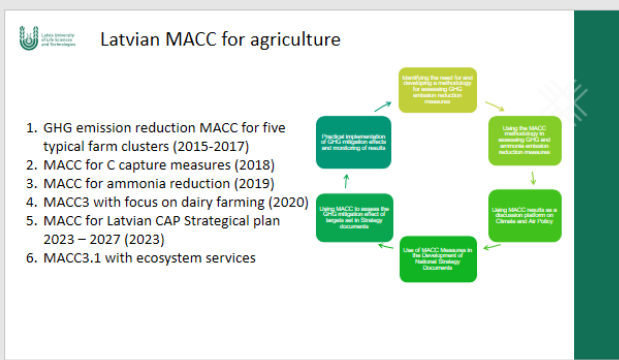
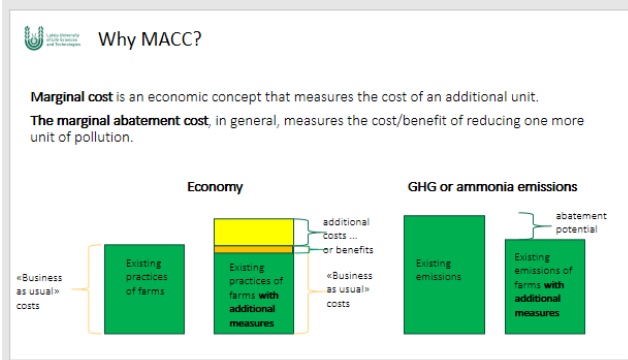
2



5



6



Specific findings First Latvian MACC for agriculture: Clusters

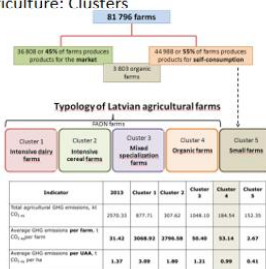
We considered it more appropriate to create MACC for typical farms, rather than for the "average national farm".

MACC includes 17 GHG emission reduction measures

Small farms provided only 3% of the total GHG emission reduction potential.

At the same time, including small farms was very labor-intensive because it required data harmonization.

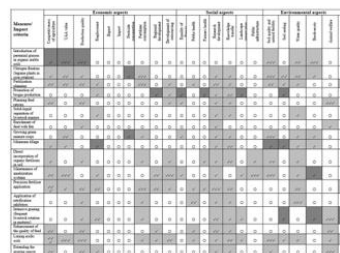
Given the potential, small and organic farms were rewarded for good behavior



9

Specific findings First Latvian MACC for agriculture: Integrated Assessment

The results showed that some measures, e.g. promotion of biogas production, could have a negative effect in some sustainability dimensions, yet overall the GHG emission abatement measures make positive and significant effects not only on the environment but also on sustainability at large.



DOI 10.22616/ESRD 2018.121

10

Some findings: Latvian MACC for agriculture and LULUCF: interaction

Interaction:

- 3 measures have positive effect on emission reduction
- 2 measures have mixed effect
- 6 measures have negative effect on emission reduction (green mass increases emissions in agriculture while increasing C sequestration in LULUCF)

Tensions between sectors and policies



Some findings: education and communication platform

Several dozen seminars conducted, several hundred attendees, several educational programs.

Farmers have a strong interest in emission-reducing measures.

Interest framework:

- What new constraints? (threats)
- What new opportunities? (money)
- What impact on fixed assets? (long-term)

Farmers immediately see practical technological, technical, agro-environmental, and economic training problems that demonstrate the conditions for implementing Climate Policy.



Some findings: MACC and policy

MACC offers information politically supported measures for Agricultural, Climate and Air policy making

... but, MACC offers a portfolio of measures, their implementation in Policies is the responsibility of policymakers

MACC does not determine the amount or type of subsidies

The reductions used for MACC measures are scientifically determined, which prevents them from being easily adapted in National Inventory Reports.

MACC used for

Rural Development Programme 2014-2020

National Inventory Reports of GHG and ammonia emissions

CAP Strategic Plan 2023-2027

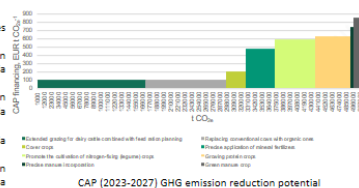
National Energy and Climate Plan 2021-2030

Air Pollution Action Plan 2019-2030

Some findings: MACC and Policy

Of the analyzed MACC measures included in policy documents:

- CAP SP includes 12 GHG emission reduction measures and 9 ammonia emission reduction measures
- NECP includes 8 GHG emission reduction measures and 7 ammonia emission reduction measures
- Air plan includes 14 ammonia emission reduction measures.
- The CAP SP GHG emission reduction measures open up 1,000 thousand ha and 177 thousand cattle units.



It should be noted that the measures in the CAP SP have been modified and, although they retain their essence and expected GHG reduction effect, they have been named differently and have been supplemented with additional conditions that are essential for controlling the implementation of the measures, as well as for achieving other policy objectives.

13

14

Some findings: MACC and Policy

The inclusion of emission reduction measures in policies is significantly influenced by lobby organizations.

Farmers with more climate-friendly farming practices may feel punished for their farming model because there is a smaller range of available measures.

Financial support is the determining factor that forces farmers to change their farming practices.

The inclusion of the measure and also the interest among farmers may be influenced by the conditions of the Controlling Institutions.

Product markets can influence the effectiveness and popularity of policy measures.

Increased political pressure is forcing the search for new measures to reduce GHG and ammonia emissions.

At the same time

Biden: "We have a crazy SOB like Putin and others, and we always have to worry about nuclear conflict, but the existential threat to humanity is climate."

War-related GHG emissions in the first 18 months of the war in Ukraine were 77 MtCO₂e. (Bun, et al., 2024) Latvia creates around 11 MtCO₂e

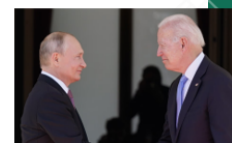


Foto: Patrick Semanzy/AP, the Guardian