

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultāte
Ekonomikas un finanšu institūts
Latvia University of Life Sciences and Technologies
Faculty of Economics and Social Development
Institute of Economics and Finance



Mg. Aleksandra Rizojeva-Silava

**LATVIJAS PIENA LOPKOPIBAS ATTĪSTĪBAS
PROGNOZĒŠANA**

***DEVELOPMENT PROJECTIONS OF THE LATVIAN
DAIRY FARMING***

Promocijas darba
KOPSAVILKUMS

zinātnes doktora grāda (*Ph. D.*) sociālajās zinātnēs iegūšanai

SUMMARY
of the Doctoral thesis for the Doctoral degree of Science (Ph.D.) in
Social Sciences

Jelgava 2026

PROMOCIJAS DARBA APROBĀCIJAS PROCESS

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes (LBTU) Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Ekonomikas un finanšu institūtā no 2017. – 2025. gadam. Promocijas darbs izstrādāts pateicoties projekta Nr. 5.2.1.1.i.0/2/24/1/CFLA/002, AF27 “LBTU institucionālās kapacitātes stiprināšana izcilībai studijās un pētniecībā (ANM1)” (2025. gads) atbalstam.

Doktora studiju programma: Agrārā un reģionālā ekonomika, apakšnozare – Agrārā ekonomika.

Promocijas darba zinātniskā vadītāja: LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes asoc. prof., Dr. oec. Sandija Zēverte-Rivža.

Promocijas darba zinātniskā aprobācija noslēguma posmā.

- Apspriests un aprobēts LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Ekonomikas un finanšu institūta akadēmiskā personāla pārstāvju sēdē 2025. gada 16. septembrī.
- Apspriests un aprobēts LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Uzņēmējdarbības un vadībzinātnes institūta un Ekonomikas un finanšu institūta akadēmiskā personāla pārstāvju apvienotā akadēmiskā sēdē 2025. gada 7. novembrī.
- Atzīts par pilnīgi sagatavotu un pieņemts Promocijas padomē 2026. gada 13. janvārī.

Oficiālie recenzenti.

1. *Dr. oec. Elita Jermolajeva* – LBTU promocijas padomes locekle, LBTU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes vadošā pētniece, Malnavas koledžas docente, Latvijas Zinātnes padomes eksperte ekonomikā.
2. *Dr. sc. admin., profesore Daina Vasiļevska* – Biznesa augstskolas *Turība* prorektore zinātniskajā darbā.
3. *Dr. Anastasija Novikova* – Vitauta Dižā universitātes Bioekonomikas attīstības fakultātes asociētā profesore.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks LBTU Ekonomikas un uzņēmējdarbības zinātņu Agrārās un reģionālās ekonomikas apakšnozaru Promocijas padomes atklātā sēdē 2026. gada 24. aprīlī Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātē (Svētes iela 18, Jelgava) 308. auditorijā plkst. 10:00. Ar promocijas darbu var iepazīties LBTU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā ielā 2, Jelgavā un http://llufb.llu.lv/promoc_darbi.html.

Atsauksmes sūtīt Promocijas padomes sekretārei Svētes ielā 18, Jelgavā, LV-3001, tālr. 63024214, e-pasts: Gunita.Mazure@lbtu.lv. Atsauksmes vēlams sūtīt elektroniski parakstītas vai ieskenētā veidā ar parakstu.

Padomes sekretāre: LBTU asociētā profesore *Dr.oec. Gunita Mazūre*.

DOCTORAL THESIS APPROBATION PROCESS

The thesis was developed at the Institute of Economics and Finance, Faculty of Economics and Social Development, Latvia University of Life Sciences and Technologies (*LBTU*) from 2017 to 2025. The thesis was developed with the support of project No. 5.2.1.1.i.0/2/24/I/CFLA/002, AF27 *Strengthening the Institutional Capacity of LBTU for Excellence in Studies and Research*", funded by *The Recovery and Resilience Facility* (2025).

Doctoral study programme: Agrarian and Regional Economics, sub-field – Agrarian Economics.

Scientific supervisor of the Doctoral thesis: *Dr oec.*, asoc. prof. of LBTU Faculty of Economics and Social Development, Sandija Zeverte-Rivza.

Scientific approval of the Doctoral thesis at the final stage.

- Discussed and approved at the meeting of the academic staff of the Institute of Economics and Finance, Faculty of Economics and Social Development of LBTU, on 16 September 2025.
- Discussed and approved at the joint academic meeting of the representatives of the academic staff of the Institute of Entrepreneurship and Management Science and the Institute of Economics and Finance of the Faculty of Economics and Social Development of LBTU on 7 November 2025.
- Recognised as complete and accepted by the Promotion Council on 13 January 2026.

Official reviewers

1. *Dr. oec. Elita Jermolajeva* – Member of the LBTU Promotion Council, senior researcher at the LBTU Faculty of Economics and Social Development, assistant professor at Malnava College, expert in economics at the Latvian Council of Science.
2. *Dr. sc. admin., professor Daina Vasīļevska* – Vice-Rector for Science of Turība University.
3. *Dr. Anastasija Novikova* – Associate Professor, Faculty of Bioeconomy Development, Vytautas Magnus University.

The defence of the Doctoral thesis will take place at the open meeting of the Promotion Council of the Agrarian and Regional Economics Subdisciplines of LBTU Economics and Business Sciences on 24 April 2026 at the Economics and Social Development Faculty (Svētes iela 18, Jelgava), auditorium 308 at 10:00. The Doctoral thesis is available at the LBTU Fundamental Library, Lielā iela 2, Jelgava, and http://llufb.llu.lv/promoc_darbi.html.

Feedback should be sent to the Secretary of the Promotion Council, Svētes iela 18, Jelgava, LV-3001, tel. 63024214, e-mail: Gunita.Mazure@lbtu.lv. Feedback should be sent electronically signed or scanned with a signature.

Secretary of the Promotion Council: LBTU Associate Professor *Dr oec.* Gunita Mazure.

SATURS / CONTENTS

INFORMĀCIJA PAR PUBLIKĀCIJĀM UN ZINĀTNISKI PĒTNIECISKO DARBU / INFORMATION ON RESEARCH PAPERS AND SCIENTIFIC WORK.....	6
IEVADS	9
1. LAUKSAIMNIECĪBAS PROGNOZĒŠANAS TEORĒTISKIE ASPEKTI.....	13
1.1. Lauksaimniecības modelēšanas vēsturiskā attīstība.....	13
1.2. Lauksaimniecības modeļi un AGMEMOD modeļa pielietojums ...	15
1.3. Piena lopkopība un tās attīstības dinamiku ietekmējošie kompleksie faktori	19
2. PIENA LOPKOPĪBAS POLITIKAS UN NORMATĪVĀ REGULĒJUMA IETVARŠ	23
2.1. ES politikas un normatīvā regulējuma principi piena lopkopībā	23
2.2. Latvijas piena lopkopības plānošanas dokumenti un normatīvais ietvars	25
2.3. Starptautiskais konteksts un tā ietekme uz Latvijas piena lopkopību.....	28
3. LATVIJAS PIENA LOPKOPĪBAS STRUKTŪRA UN ATTĪSTĪBAS TENDENCES BALTIJAS UN ES KONTEKSTĀ	29
3.1. Piena lopkopības attīstību raksturojošo rādītāju analīze.....	29
3.2. Piena cenas Baltijas valstīs: analīze un tendences.....	35
3.3. Augu izcelsmes piena alternatīvas.....	37
3.4. Klasteru identificēšana piena lopkopībā ES	39
4. METODOLOĢIJA UN REZULTĀTI LATVIJAS PIENA LOPKOPĪBAS SCENĀRIJU MODELĒŠANĀ	43
4.1. AGMEMOD datubāzes papildināšana, vienādojumu pielāgošana un scenāriju izveide.....	45
4.2. Cenas dinamika un korekcijas AGMEMOD	51
4.3. Iegūto scenāriju validācija, piemērojot TOPSIS	53
GALVENIE SECINĀJUMI	55
PROBLĒMAS UN TO RISINĀJUMI.....	58
INTRODUCTION	61
1. THEORETICAL ASPECTS OF AGRICULTURAL FORECASTING.....	65
1.1. Historical development of agricultural modelling.....	65
1.2. Agricultural models and application of the AGMEMOD model ...	67
1.3. Dairy farming and the complex factors influencing its dynamics ..	71
2. DAIRY FARMING POLICY AND REGULATORY FRAMEWORK ...	75
2.1. Principles of EU dairy farming policy and regulation.....	75

2.2. Latvian dairy farming planning documents and regulatory framework	77
2.3. International context and its impact on Latvian dairy farming.....	80
3. STRUCTURE AND DEVELOPMENT TRENDS OF LATVIAN DAIRY FARMING IN THE BALTIC AND EU CONTEXT	81
3.1. Analysis of indicators of dairy farming development	81
3.2. Milk prices in the Baltic states: analysis and trends	87
3.3. Plant-based milk alternatives.....	89
3.4. Identifying clusters in dairy farming in the EU	91
4. METHODOLOGY AND RESULTS OF LATVIAN DAIRY FARMING SCENARIO MODELLING	95
4.1. AGMEMOD database update, equation adjustment and scenario development	97
4.2. Price dynamics and adjustments of AGMEMOD	104
4.3. Validation of the resulting scenarios using TOPSIS	105
KEY FINDINGS	108
PROBLEMS AND SOLUTIONS	111

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

Maģistre Aleksandra Rizojeva-Silava promocijas darbu “Latvijas piena lopkopības attīstības prognozēšana” ir izstrādājusi laikposmā no 2017. līdz 2025. gadam Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes asoc. profesores, Dr. oec. Sandijas Zēvertes-Rivžas zinātniskajā vadībā.

Pētījuma rezultāti publicēti astoņos rakstos starptautiskajos zinātniskajos un Latvijas Zinātnes padomes atzītos nacionālajos zinātniskajos izdevumos, kā arī viena publikācija pieņemta publicēšanai:

1. Rizojeva-Silava A., Zeverte-Rivza S. (2026). Integrated scenario modelling and multi-criteria evaluation of Latvia's milk production development until 2032. *Dairy*, 7, 13. DOI: 10.3390/dairy7010013.
2. Rizojeva-Silava A., Zeverte-Rivza S. (2025). Development of the dairy sector in Latvia: AGMEMOD scenario analysis. Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes zinātniskā žurnāla *Rural Sustainability Research*; pieņemts publicēšanai.
3. Rizojeva-Silava A., Zeverte-Rivza S. (2025). Cluster analysis of the dairy sector in Europe. In: *Proceedings of Annual 31st International Scientific Conference Research for Rural Development 2025*. DOI: 10.22616/RRD.31.2025.067, indeksēts **SCOPUS**.
4. Rizojeva-Silava A., Zeverte-Rivza S. (2023). Impact of Russia-Ukraine war on dairy sector in the Baltic States. In: *Proceedings of 10th SWS International Scientific Conference on Social Sciences - ISCSS 2023*. DOI: 10.35603/sws.iscss.2023/s03.17.
5. Rizojeva-Silava A., Zeverte-Rivza S. (2022). Sector analysis of dairy sector in the Baltic States using AGMEMOD model baseline validation. In: *Proceedings of 21st International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT, Jelgava, Latvia, May 25-27, 2022*. DOI: 10.22616/ERDev.2022.21.TF259, indeksēts **SCOPUS**.
6. Rizojeva-Silava A., Zeverte-Rivza S., Rivza P. (2021). Analysis and outlook of dairy sector in Baltic States. In: *Proceedings of 20st International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT, Jelgava, Latvia, May 26-28, 2021*. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF225, indeksēts **SCOPUS**.
7. Rizojeva-Silava A., Zeverte-Rivza S. (2020). Trends in dairy sector un Baltic countries. In: *Proceedings of 19st International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT, Jelgava, Latvia, May 20-22, 2020*. DOI:10.22616/ERDev.2020.19.TF552, indeksēts **SCOPUS**.

8. Rizojeva-Silava A., Zeverte-Rivza S., Rivza B. (2018). Trends in dairy sector in Latvia. In: *Proceedings of 5th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2018*. DOI: 10.5593/sgemsocial2018/1.4/S04.122.
9. Rizojeva-Silava A., Zeverte-Rivza S., Pilvere I. (2018). Agriculture modelling in the European Union. In: *PROCEEDINGS OF THE 2018 INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE - ECONOMIC SCIENCES FOR AGRIBUSINESS AND RURAL ECONOMY, NO 2, 2018*. DOI: 10.22630/ESARE.2018.2.4, indeksēts **Web of Science**.

Par pētījuma rezultātiem ziņots desmit konferencēs:

1. Rizojeva-Silava A. (2025). Cluster analysis of the dairy sector in Europe. Annual 31st International Scientific Conference “Research for Rural Development 2025”, Jelgava, Latvia, 2025. gada 15. maijs.
2. Zeverte-Rivza S. (2023). Impact of Russia-Ukraine war on dairy sector in the Baltic States. 10th SWS International Scientific Conference on Social Sciences-ISCSS, Bulgaria, Albena, 2023. gada 20.-25. augusts.
3. Rizojeva-Silava A. (2022). Sector analysis of dairy sector in the Baltic States using AGMEMOD model baseline validation. 21st International Scientific Conference “ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT”, Jelgava, Latvia, 2022. gada 26. maijs.
4. Rizojeva-Silava A. (2021). Analysis and outlook of dairy sector in Baltic States. 20th International Scientific Conference “ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT”, Jelgava, Latvia, 2021. gada 27. maijs.
5. Rizojeva-Silava A. (2020). Trends in dairy sector un Baltic countries. 19st International Scientific Conference “ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT”, Jelgava, Latvia, 2020. gada 21. maijs.
6. Rizojeva-Silava A. (2019). Legislation framework of dairy sector in the Latvia. 25th Annual International Conference “Research for Rural Development 2019”, Jelgava, Latvia, 2019. gada 15. – 17. maijs.
7. Zeverte-Rivza S. (2018). Trends in dairy sector in Latvia. 5th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2018, Bulgaria, Albena, 2018. gada 24. augusts – 2. septembris.
8. Rizojeva-Silava A. (2018). Agriculture modelling in the European Union. International Scientific Conference pt. “Economic sciences for Agribusiness and Rural Economy”, Warsaw, Poland, 2018. gada 7.-8. jūnijs.
9. Rizojeva-Silava A. (2018). Tendencies in the dairy sector in Latvia. The International Conference of Young Scientists “Young scientists for Advance of Agriculture”, Vilnius, Lithuania, 2018. gada 15. novembris.
10. Rizojeva A. (2018). Lauksaimniecības modelēšana Eiropas Savienībā. IV Pasaules latviešu zinātnieku kongress, Rīga, Latvia, 2018. gada 18. – 20. jūnijs.

Dalība starptautiskos pētniecības projektos:

1. LBTU, projekts Z42 “Baltijas valstu piena nozares izvērtējums un tālākās attīstības prognozēšana” (2020. – 2023. gads).
2. LBTU, AF27 projekts Nr. 5.2.1.1.i.0/2/24/I/CFLA/002, AF27 “LBTU institucionālās kapacitātes stiprināšana izcilībai studijās un pētniecībā (ANM1)” (2025. gads).

Citas aktivitātes:

1. Dalība darbnīcā “AGMEMOD Training 2025”, kura norisinājās 2025. gada 17. – 20. jūnijā Vāgeningenas Sociālo un ekonomisko pētījumu centrā (*Wageningen Social & Economic Research*) Hāgā, Nīderlandē.
2. Dalība darbnīcā “AGMEMOD Training 2023”, kura norisinājās 2023. gada 20. – 24. novembrī Tīnena institūtā (*Thünen Institute*) Braunšveigā, Vācijā.

IEVADS

Laika gaitā cilvēce vienmēr ir centusies mazināt nenoteiktības ietekmi, meklējot iespējas prognozēt nākotnes notikumus, lai pieņemtu pārdomātākus un pamatotākus lēmumus. Tas savukārt veicināja dažādu prognozēšanas metožu attīstību – no vienkāršiem empīriskiem novērojumiem līdz analītisko rīku un tehnoloģiju lietošanai. Prognozēšanas procesi sniedz iespēju gan indivīdiem, gan institūcijām mazināt nenoteiktības radītos riskus un pilnveidot savus resursus, pielāgojoties iespējamām nākotnes izmaiņām (Jones et al, 2016; Makridakis & Bakas, 2016). Prognozēšanas nozīme kļūst īpaši būtiska tajās nozarēs, kuras ietekmē daudzi ārējie faktori, tostarp tādi, kurus nav iespējams pilnībā kontrolēt vai prognozēt, piemēram, klimatiskie apstākļi. Lauksaimniecība, kas aptver augkopību un lopkopību, ir viena no šādām nozarēm, un tā veido pamatu pārtikas ražošanai un ekonomiskajai attīstībai (Knips, 2001).

Vēsturiski piens ir bijis viens no galvenajiem pārtikas produktiem, kas kalpojis kā būtisks uzturvielu avots un joprojām ieņem svarīgu vietu cilvēku ikdienas uzturā visā pasaulē (Popescu et al., 2019; Pocza et al., 2020). Vienlaikus piena lopkopība ir viena no visvairāk regulētajām lauksaimniecības nozarēm, kuras darbību būtiski ietekmē gan ekonomiskie mehānismi, gan valsts politikas instrumenti. ES līmenī piena lopkopība darbojas stingri noteiktā regulatīvā vidē, kas ir cieši saistīta ar Kopējo lauksaimniecības politiku (KLP) un tās mērķiem. Tāpat Latvijas piena lopkopība ir cieši integrēta starptautiskajā tirgū, un tās attīstību ievērojami ietekmē globālie ekonomiskie un politiskie notikumi. Pēdējās desmitgadēs nozari ir skāruši vairāki būtiski satricinājumi. Viens no nozīmīgākajiem bija Krievijas noteiktais embargo, kas būtiski ietekmēja visu lauksaimniecības un pārtikas sektoru.

Ne mazāk nozīmīga ietekme bija Covid-19 pandēmijai, kas radīja globālu piegādes ķēžu pārrāvumu un būtiski ietekmēja piena lopkopības darbību visā pasaulē. Ierobežojumu dēļ tika slēgtas nozīmīgas ražošanas un pārstrādes vienības, pieprasījums samazinājās, kritās ieņēmumi un ražošanas apjomi (Sridhar et al., 2022). Pandēmija izgaismoja piena lopkopības strukturālās nepilnības, proti, atkarību no fiziska darbaspēka klātbūtnes un ierobežotajām iespējām elastīgi plānot darbību apstākļos, kad tirgus nākotne kļūst arvien nenoteiktāka.

Viens no pēdējiem globālajiem notikumiem, kas būtiski ietekmēja tostarp arī piena lopkopību, ir Krievijas pilna mēroga iebrukums Ukrainā 2022. gadā. Tas izraisīja gāzes un naftas cenu kāpumus, kā arī, ņemot vērā, ka Ukraina ir bijusi viens no lielākajiem kviešu, saulespuķu eļļas un arī minerālmēslu un lopbarības piegādātājiem, pēc kara sākuma Latvijas lauksaimnieki bija spiesti meklēt citus piegādātājus (Darmayadi & Megits, 2023; Ozili, 2022).

Neņemot vērā ārējo faktoru radītos izaicinājumus un stingro regulējumu gan ES, gan nacionālajā līmenī, piena lopkopība joprojām ir dinamiska un attīstās, pielāgojoties jauniem izaicinājumiem un mainīgajai tirgus videi. Viens no

būtiskākajiem attīstības virzītājspēkiem ir efektīvāku saimniekošanas prakšu un tehnoloģisko inovāciju ieviešana, kas arvien vairāk kļūst par neatņemamu transformācijas elementu.

Pētījuma aktualitāte un temata izvēles motivācija ir saistīta ar to, ka piena lopkopība ir viena no stratēģiski nozīmīgākajām lauksaimniecības nozarēm ES un Latvijā, sniedzot būtisku ieguldījumu tautsaimniecībā. Tāpat piena lopkopība arvien vairāk nonāk politikas uzmanības centrā, īpaši vides un klimata politikas ietvaros. ES iniciatīvas, piemēram, Eiropas zaļais kurss un stratēģija “No lauka līdz galdam”, nosaka pāreju uz ilgtspējīgāku ražošanu, taču bieži vien to ietvaros nav noteikti konkrēti mērķrādītāji un regulējums ir mainīgs, kas savukārt apgrūtina ilgtermiņa investīciju plānošanu. Investīciju piesaiste spēj sekmet tehnoloģiskās inovācijas, taču to ieviešanas prasa ne tikai ievērojamus finanšu ieguldījumus, bet arī prognozējamu politisko vidi.

Šādā situācijā īpaši nozīmīga kļūst prognozēšanas modeļu pielietošana, kas ļauj analizēt iespējamus attīstības scenārijus dažādu politisko, ekonomisko un tehnoloģisko nosacījumu ietekmē. Tieši Latvijas piena lopkopības specifikai pielāgota prognozēšanas pieeja sniedz iespēju gan identificēt riskus, gan atbalstīt lēmumu pieņemšanu politikas veidotājiem un piena lopkopības dalībniekiem. Šāda pieeja veicina politikas veidotāju spēju pieņemt lēmumus un sniedz atbalstu nozares dalībniekiem, kas var pielāgot savu stratēģiju mainīgajiem tirgus apstākļiem. Turklāt prognozēšanas modeļi nodrošina iespēju izvērtēt dažādu politikas pasākumu ietekmi, ļaujot izvērtēt to atbilstību gan īstermiņā, gan ilgtermiņā, tādējādi stiprinot piena lopkopības konkurētspēju.

Pētījuma objekts ir Latvijas piena lopkopība kā daļa no valsts lauksaimniecības sistēmas.

Pētījuma priekšmets: Latvijas piena lopkopības attīstības prognozēšana, izmantojot AGMEMOD modeli.

Pētījuma mērķis: izstrādāt Latvijas piena lopkopības attīstības scenārijus, izmantojot AGMEMOD modeli.

Pētnieciskie uzdevumi:

1. **analizēt** prognozēšanas modeļu pielietojuma iespējas lauksaimniecības nozarē, īpaši akcentējot to piemērotību nozarēm, kuras raksturo augsta ārējās vides nenoteiktība;
2. **izvērtēt** ES un Latvijas normatīvo regulējumu, kas ietekmē Latvijas piena ražošanu, pārstrādi un tirgus organizāciju;
3. **analizēt** piena lopkopību ES, kā arī tās attīstības tendences Baltijas valstīs;
4. **pielāgot un piemērot** AGMEMOD prognozēšanas modeli Latvijas piena lopkopības datiem, izmantojot aktuālu ievaddatu kopumu;
5. **izstrādāt un izvērtēt** piena lopkopības attīstības scenārijus, kas pamatojas uz modernizācijas un politikas attīstības virzieniem.

Izvirzītā **hipotēze:** Latvijas piena lopkopības specifikai pielāgota modeļa izmantošana ļauj izstrādāt un izvērtēt iespējamus nozares attīstības scenārijus,

kas atspoguļo modernizācijas un politikas pasākumu ietekmi piena ražošanas struktūrā un produktivitātē.

Promocijas darba izstrādē **izmantotās pētījuma metodes:**

1. vispārzinātniskās metodes: *bibliometriskā analīze* (izmantota zinātniskās literatūras sistematizēšanai un aktuālo pētniecības virzienu identificēšanai nozares attīstības kontekstā); *kontentanālīze* (pielietota teorētisko aspektu analīzei un zinātniskās diskusijas veidošanai); *sintēzes un analīzes metode* (pētījuma rezultātu apkopošanai, izvērtēšanai un interpretācijai); *loģiski konstruktīvā metode* (pētījuma atziņu formulēšanai, secinājumu un priekšlikumu izstrādei, pamatojoties uz pētījuma rezultātiem); *grafiskā metode* izmantota pētījuma rezultātu vizualizācijai, nodrošinot analīzes rezultātu pārskatāmību un salīdzināmību;
2. stratēģiskās analīzes metodes: *PEST analīze* izmantota faktoru identificēšanai, kas veicinājuši mazo saimniecību strukturālās pārmaiņas, savukārt *PESTEL analīze*, balstoties uz ekspertu intervijām, makrovīdes faktoru izvērtēšanai Latvijas piena lopkopībā; *AGMEMOD modelis* (“Baseline” scenārija izvērtēšanai un jaunu scenāriju izstrādei); *TOPSIS metode* izmantota scenāriju salīdzinājumam, balstoties uz daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas principiem;
3. kvalitatīvās datu analīzes metodes: *ekspertu intervijas metode* (ekspertu viedokļa noskaidrošanai pētāmās problēmas rakursā, lai padziļināti izvērtētu nozares attīstības perspektīvas);
4. kvantitatīvās datu analīzes metodes: *aprazstošās statistikas metode* (izmantojot absolūtos, relatīvos un vidējos lielumus, lai aprakstītu pētāmo mainīgo svarīgākās īpašības); *sezonālītātes analīze* izmantota, lai identificētu un novērtētu sezonālo svārstību klātbūtni piena cenu dinamikā; *laika rindu analīze* (bāzes pieauguma tempu aprēķins, ķēdes pieauguma tempu aprēķins); *regresiju un korelāciju analīze*; *faktoru analīze* (lai identificētu pamatfaktoros iekļauto rādītāju kompleksus un veidotu kompleksos faktorus klasteru analīzei); *klasteru analīze* (savstarpēji visciešāk saistīto objektu apvienošana grupās).

Autore izmantoja Latvijas Republikas un ES normatīvos dokumentus, zinātnisko literatūru, kas ir pieejama atvērtajās zinātniskajās datubāzēs un SCOPUS datubāzē, kā arī tika izmantoti publiski pieejamie informācijas avoti – Lauksaimniecības datu centra (LDC), Latvijas Centrālās statistikas pārvaldes (CSP), “Statistics Estonia”, “Oficialiosios statistikos portalas”, EUROSTAT un CLAL datubāzes dati, kā arī citi publiski pieejami informācijas avoti.

Pētījuma ierobežojumi

Autore izmantoja publiski pieejamā datubāzē esošus datus, un pieejamie statistikas dati dažkārt ir ierobežoti laikā vai atšķirīgā detalizācijas līmenī, kā arī pētījumā izmantotā prognozēšanas modeļa AGMEMOD mācību versija var iekļaut ierobežotu datu klāstu, tādējādi ietekmējot scenāriju detalizācijas un precizitātes līmeni.

Zinātniskais nozīmīgums un pētījuma novitātes:

1. tika veikta lauksaimniecībā izmantoto prognozēšanas modeļu klasifikācija un to novērtēšana;
2. tika veikta Baltijas valstu piena lopkopības salīdzinošā analīze, identificējot atšķirības ražošanas tendencēs;
3. pētījumā veikta Latvijas piena lopkopības pozicionēšana ES tirgū, kas ļāva identificēt tās vietu starp līdzīgām valstīm pēc ražošanas kapacitātes, tirgus dinamikas un attīstības potenciāla;
4. tika pārskatīti un pielāgoti atsevišķie AGMEMOD modeļa vienādojumi Latvijas piena lopkopībai, nodrošinot to atbilstību aktuālajām tendencēm;
5. pirmo reizi Latvijas kontekstā izstrādāts saimniecību modernizācijas scenārijs piena lopkopībai līdz 2032. gadam, nosakot tā iespējamo ietekmi uz piena ražošanu, govju skaitu un izslaukuma līmeni.

Pētījuma tautsaimnieciskais nozīmīgums

Promocijas darbā iekļautie rezultāti ir izmantojami lauksaimniecības politikas veidotāju, tostarp Zemkopības ministrijas (ZM), kā arī lauksaimniecības pētniecības institūciju un nozares pārstāvju darbā, lai pilnveidotu AGMEMOD modeli ar papilddatiem par citiem piena nozares produktiem, paplašinot modelēto rādītāju klāstu, un izvērtētu dažādu politikas, tirgus un atbalsta instrumentu ietekmi uz piena lopkopības attīstību. Tāpat, ņemot vērā, ka pētījuma autore pētījuma gaitā cieši sadarbojas ar Vāgeningenas universitātes Sociālo un ekonomisko pētījumu centra Nīderlandē un Tīna institūta pētniekiem Vācijā, Latvijai ir iespēja pievienoties AGMEMOD konsorcijam un kļūt par oficiālu partneri, kas nodrošinātu pieeju galvenajam modelim (t. i., ne mācību versijai) un turpmāku tā izmantošanu pētniecībā un valsts politikas plānošanā.

Aizstāvamās tēzes:

1. Lauksaimniecībā izmantoto prognozēšanas modeļu klasifikācija un novērtējums nodrošina zinātnisku pamatu to pielietošanai Latvijas piena lopkopības analīzē un scenāriju izstrādē.
2. Latvijas piena lopkopība darbojas stingri regulētā vidē, kas būtiski spēj ietekmēt tās attīstības iespējas.
3. Latvijas piena lopkopība saskaras ar strukturāliem un ekonomiskiem izaicinājumiem, taču tās produktivitātes un konkurētspējas pieaugumu iespējams veicināt ar mērķtiecīgu tehnoloģiju ieviešanu un stabilu atbalsta politiku.
4. Piena lopkopības attīstības tendences Baltijas valstīs norāda uz to, ka, neskatoties uz slaucamo govju skaita samazināšanos, produktivitātes pieaugums var kompensēt ganāmpulka samazinājumu.
5. AGMEMOD modeļa pielietošana, pielāgojot to Latvijas piena lopkopības specifikai, ļauj izstrādāt ticamus attīstības scenārijus, sniedzot praktisku atbalstu politikas veidošanai un nozares stratēģiskajai plānošanai.

1. LAUKSAIMNIECĪBAS PROGNOZĒŠANAS TEORĒTISKIE ASPEKTI

Nodaļas saturs darbā aizņem 23 lpp., kurās ietilpst 5 tabulas un 8 attēli.

Pirmajā nodaļā analizēti lauksaimniecības prognozēšanas teorētiskie aspekti, raksturojot prognozēšanas attīstību, metodoloģiskos pamatus un to nozīmi lauksaimniecības nozares lēmumu pieņemšanā. Nodaļas zinātniskā diskusija veidota par prognozēšanas vēsturisko attīstību, prognozēšanas metožu klasifikāciju un to praktisko pielietojumu, kā arī dažādu lauksaimniecības modeļu savstarpējām atšķirībām. Papildu uzmanība veltīta AGMEMOD modeļa teorētiskajiem pamatiem un tā izmantošanas priekšrocības lauksaimniecības politikas analizē. Nodaļa ietver arī piena lopkopības konceptuālo raksturojumu un kompleksu faktoru analīzi, kas nosaka šīs nozares attīstības dinamiku.

1.1. Lauksaimniecības modelēšanas vēsturiskā attīstība

NeNOTEIKTĪBA ir viens no nemainīgajiem faktoriem cilvēces vēsturē, un prognozēšanas pirmsākumi meklējami jau agrīnajās civilizācijās, kad cilvēki centās paredzēt laikapstākļus (Makridakis & Bakas, 2016). Laika gaitā prognozēšanas pieejas ir būtiski mainījušās – no agrīniem novērojumiem līdz mūsdienu metodēm un tehnoloģijām. Attiecīgi ir secināms, ka prognozēšana vienmēr ir bijusi būtisks elements plānošanā un lēmumu pieņemšanā, jo nākotnes nenoteiktība rada gan iespējas, gan arī izaicinājumus (Petropoulos et al., 2022). Šī attīstība nav tikai tehnoloģiska, tā ir arī konceptuāla: jo sarežģītākas kļūva metodes, jo skaidrāk pētnieki centās definēt, kas tieši ir prognoze un kā tā atšķiras no plānošanas, lai nodrošinātu, ka iegūtā informācija kalpo efektīvai lēmumu pieņemšanai nenoteiktos apstākļos.

Saskaņā ar Deivida Forbsa Hendrija (*David Forbes Hendry*) un Neila Eriksona (*Neil Ericsson*) sniegto definīciju prognoze ir novērtējums par nākotnes attīstību un tā var būt gan īstermiņa, gan ilgtermiņa (Hendry & Ericsson, 2003). Savukārt Džons Skots Armstrongs (*John Scott Armstrong*) uzsver, ka prognozes lēmumu pieņēmējiem ir nepieciešamas tikai tad, ja pastāv nenoteiktība par nākotni. Viņš norāda, ka prognozēšana paredz to, kas *būs*, savukārt plānošana nosaka, kā *vajadzētu būt*, un šāda nošķiruma dēļ prognozes ir būtiskas racionālas plānošanas daļa (Armstrong, 2001).

Prognozēšanas procesi sniedz iespēju gan indivīdiem, gan organizācijām mazināt nenoteiktības riskus un pilnveidot savus resursus, pielāgojoties iespējamām nākotnes izmaiņām. Šāda pieeja ir īpaši nozīmīga nozarēs, kuru darbību ietekmē daudzi ārēji faktori, tostarp tādi, kurus nav iespējams pilnībā kontrolēt vai prognozēt, piemēram, klimatiskie apstākļi. Viena no šādām nozarēm ir lauksaimniecība.

Lai prognozēšana nozarēs ar augstu ārējo nenoteiktību, piemēram, lauksaimniecībā, kalpotu kā uzticams instruments lēmumu pieņemšanas procesā, ir būtiski balstīt to uz skaidri strukturētu metodoloģiju. Saskaņā ar Džona Skota Armstronga analīzi ir būtiski ievērot noteiktus prognozēšanas posmus, kas ļauj nodrošināt prognožu precizitāti. Šāda pieceja iekļauj sistemātisku un strukturētu prognozēšanas procesu (Armstrong, 2001).



Avots: autores veidots pēc Armstrong, 2001.

1.1.att. Prognozēšanas posmi

Saskaņā ar Džona Skota Armstronga noteiktajiem prognozēšanas posmiem pirmām kārtām ir jānosaka prognozēšanas mērķis un jāsaprot kā prognoze tiks izmantota lēmumu pieņemšanā. Nākamais posms ir tādu datu ievākšana, kas attiecas uz prognozējamo mainīgo un jānodrošina datu kvalitāte un konsekvence. Pēc tam, kad dati ir ievākti, ir jāpiemēro izvēlētā metode un jāveido prognozes, jāveic iegūto rezultātu validācija un, nepieciešamības gadījumā, jāpielāgo metode, ja nepieciešams uzlabot tās precizitāti. Pēdējais posms ir prognozes interpretācija un iegūto rezultātu tālāka izmantošana, piemēram, politikas veidošanā.

Lai izprastu prognozēšanas pieceju attīstību, būtiski aplūkot ekonometrikas vēsturisko attīstību. Mērija Sūzanna Morgana (*Mary Susanna Morgan*) ir pētījusi un identificējusi piecus galvenos prognozēšanas metožu posmus: agrīnos mēģinājumus 19. gadsimta beigās skaidrot ekonomiskos ciklus ar dabas parādībām, biznesa ciklu mērīšanu 20. gadsimta 20. gados, matemātisko metožu ieviešanu 1930. gados, makroekonometrisko modeļu izstrādi un varbūtības teorijas nostiprināšanu ekonometrikā (Morgan, 1991). Šie posmi veidoja pamatu mūsdienu prognozēšanas piecejām, kas ļauj precīzāk un elastīgāk analizēt ekonomiskos procesus.

Lai noteiktu piemērotāko prognozēšanas metodi konkrētajā situācijā, ir būtiski saprast, kādas prognozēšanas metodes pastāv un ar ko tas atšķiras. Tā Kenets Holdens (*Kenneth Holden*), Deivids A. Pīls (*David A. Peel*) un Džons L. Tompsons (*John L. Thompson*) sniedza nozīmīgu ieguldījumu prognozēšanas metožu strukturēšanā (Holden et al., 1990). Attiecīgi metodes tika sadalītās divās grupās: subjektīvās metodes un uz modeļiem balstītās metodes. Un, ja uz modeļiem balstītās metodes bija iespējams sadalīt vēl citās metodēs, subjektīvās metodes sadalīt nebija iespējams, jo tās tiek balstītas uz pieņēmumiem, intuīcijas un iepriekšējas pieredzes (Holden et al., 1990).

1.2. Lauksaimniecības modeļi un AGMEMOD modeļa pielietojums

Lauksaimniecības nozare ir ekonomikas daļa, kura tiek stingri regulēta, tāpēc pēdējās desmitgadēs ir būtiski pieaugusi ekonomisko modeļu izmantošana lauksaimniecības politikas jautājumos (Hamulczuk & Hertel, 2009).

Eiropas valstu valdības būtiski ietekmē un finansiāli atbalsta lauksaimniecības nozari, un liela uzmanība tiek pievērsta šo politikas pasākumu kritiskai izvērtēšanai. Šajā kontekstā būtisku lomu ieņem lauksaimniecības sistēmu analītiskie modeļi, kas ļauj novērtēt politikas pasākumu efektivitāti un piemērotību situācijās, kurās vēl nav pieejami empīriski dati. Tas īpaši attiecas uz jomām saistībā ar klimata pārmaiņu ietekmes analīzi, hipotētisku politikas pārmaiņu scenāriju izstrādi vai nākotnes tirgus attīstības prognozēšanu (Huber et al., 2018). Politikas analīzei, piemēram, kvotu atcelšanas, tiešo maksājumu, tirdzniecības apstākļu utt., ietekmes analīzei var būt dažādas pieejas (Zrakić, 2015).

Lauksaimniecības ekonomikas kontekstā simulācijas tiek plaši izmantotas, lai modelētu individuālu saimniecību vai lēmumu pieņēmēju rīcību (Berger, 2001). Modelēšanas metodes izvēli lielā mērā nosaka izpētes mērķis un analizējamais jautājums.

Lauksaimniecības modelēšanas pasaule ir radījusi vairākus modeļus, kuru mērķis ir analizēt nozares reakciju uz dažām izmaiņām, galvenokārt politikas mainīgajos (Adenauer, 2008).

MAGNET ir globāls vispārējais līdzsvara modelis, kas tika attīstīts, pamatojoties uz politikas analīzē plaši izmantoto LEITAP modeli. MAGNET piedāvā lielāku elastību datu apkopošanā un vairāk iespēju mainīt modeļa struktūru; šajā modelī tiek izmantota GTAP (*Global Trade Analysis Project*) datubāze (Pilvere, 2016; Zeverte-Rivza et al., 2017; Woltjer & Kuiper, 2014).

CAPRI izmanto nelineāros matemātiskās programmēšanas instrumentus, lai maksimāli precīzi novērtētu KLP atbalsta instrumentu ietekmi uz atvērtu ekonomiku. CAPRI veido piegādes un tirgus modulis, kuri mijiedarbojas iteratīvi. Piegādes modulis aptver apmēram 50 kultūraugu un dzīvnieku kopas, un optimizācijas modeļus tajā var uzskatīt par reprezentatīvām saimniecībām, kas maksimāli palielina peļņu, izvēloties optimālu produkcijas un izejvielu sastāvu par konkrētām cenām (Witzke et al., 2009).

AGLINK ir visaptverošs pasaules līdzsvara modelis, ko izmanto, lai radītu projektus daudzām ESAO un FAO valstīm. Šis modelis ir svarīgs instruments iekšzemes un tirdzniecības politikas analīzei. AGLINK ir daļa AGLINK-COSIMO modeļa, un to sagatavoja ESAO Sekretariāts sadarbībā ar ESAO dalībvalstīm un atsevišķām valstīm, kas nav ESAO dalībvalstis, aptverot attīstības valstu daļu (Araujo Enciso et al., 2015).

GEM-E3 ir vispārējā līdzsvara modelis, kas vienlaikus attēlo visu pasaules ekonomiku, tās nozīmīgākos reģionus un 28 ES dalībvalstis. GEM-E3 ir

dinamisks un rekursīvs laikā, un modelī tiek izmantotas GTAP un EUROSTAT datubāzes. GEM-E3 mērķis ir atspoguļot ekonomikas, enerģijas sistēmas un vides savstarpējās saiknes (Capros et al., 2013).

AGMEMOD ir ekonometrisks, dinamisks, daļējā līdzsvara modelis, ar kuru ir iespējams veikt simulācijas un izstrādāt prognozes, lai novērtētu lauksaimniecības atbalsta instrumentus, programmas un politikas ES un arī atsevišķu dalībvalstu līmenī (AGMEMOD, 2013). Pamatojoties uz kopēju valsts modeļa paraugu, ir izstrādāti valsts līmeņa modeļi ar specifiskām pazīmēm, lai atspoguļotu atsevišķās valsts lauksaimniecības situācijas un vēlāk apvienotu tos AGMEMOD kombinētajā modelī. Šī pieceja atspoguļo visā ES pastāvošo lauksaimniecības sistēmu neviendabīgumu, vienlaikus saglabājot analītisku konsekvenci visos valsts modeļos (Sepp, 2011).

ESIM ir lauksaimniecības produkcijas, patēriņa un ražošanas (ar nelielu pirmās pakāpes pārstrādes daļu atsevišķiem produktiem) daļējā līdzsvara daudzvalstu modelis. Ar ESIM tiek modelēts tikai lauksaimniecības sektors, tāpēc tādi makroekonomikas mainīgie kā ieņēmumi vai valūtas kurss ir eksogēni (Grethe et al., 2012).

GLOBIOM-EU ir globāls rekursīvs dinamisks daļējā līdzsvara augšupējs modelis, kas integrē lauksaimniecības, bioenerģijas un mežsaimniecības nozares (Frank et al., 2013). Modelis tiek izmantots, lai analizētu konkurences esību zemes izmantošanā starp lauksaimniecību, mežsaimniecību un bioenerģiju (International Institute for Applied Systems Analysis, n.d.).

AgriPoliS ir aģentu balstīts modelis, kas modelē reģionālās lauksaimniecības struktūras izmaiņas. Modeļa pamatā ir izpratne par reģionālo lauksaimniecības struktūru kā sarežģītu un attīstībā esošu sistēmu (Happe et al., 2006). Modeļa mērķis ir attēlot, kā mainās lauku saimniecību struktūra reģionā saistībā ar politikas izmaiņām, tostarp novērtējot KLP ietekmi uz lauksaimniecības ainavām, biodaudzveidību un ekosistēmu pakalpojumiem (AgriPoliS Project, n.d.).

LASAM 2016. gadā tika izstrādāts kā ekonometrisks modelis, lai veidotu Latvijas lauksaimniecības prognozi. Šis modelis ir izstrādāts specifiski mazām atvērtām ekonomikām, kurās tiek pieņemts, ka izmaiņas piedāvājuma līmenī neietekmē cenu veidošanās mehānismus. LASAM modelis piedāvā vairākas ievērojamas priekšrocības: tā struktūra ļauj veikt sīkas prognozes dažādos apakšnozaru līmeņos, nodrošinot iespēju analizēt lauksaimniecības nozares attīstību, ņemot vērā dažādu lielumu saimniecību specifiku (Pilvere et al., 2022).

Autore ir izvērtējusi dažādus modeļus, kuri tiek izmantoti lauksaimniecības nozares prognozēšanai, un izvēlējusies atsevišķi savstarpēji salīdzināt divus modeļus – ADMEMOD, kas visbiežāk tiek izmantots ES līmenī, lai veidotu prognozes un nodrošinātu plašu analīzi par ES dalībvalstīm un starptautisko tirdzniecību, un LASAM, kuram ir šaurāks mērķis (Latvija) un kurš ir pielāgots tieši Latvijas lauksaimniecības sektora prognozēšanai un politikas izvērtēšanai.

Autore izvēlējās salīdzināt tieši šos modeļus, jo abi modeļi ir paredzēti lauksaimniecības nozares analīzei, tomēr tie atšķiras pēc mēroga, metodoloģijas un lietojuma jomas.

LASAM modelis ir piemērots Latvijas lauksaimniecības politikas analīzei, tomēr autore uzskata, ka AGMEMOD ir efektīvāks instruments piena lopkopības scenāriju modelēšanai, jo tas sniedz plašāku ekonomisko un politisku kontekstu, ļaujot prognozēt, kā ES politikas lēmumi var ietekmēt Latvijas lauksaimniecības nozari (tostarp piena lopkopību).

AGMEMOD modelis nodrošina tādu pieeju, kurā ražošanas, patēriņa, importa un eksporta vienādojumi ir savstarpēji saistīti, veidojot sistēmu, kas ļauj novērtēt lauksaimniecības nozares reakciju uz ekonomiskajiem un politiskajiem faktoriem. Modelī izmantotie mainīgie (piemēram, lauksaimniecības cenas, izmaksu indeksi un tirgus līdzsvara rādītāji) nodrošina iespēju analizēt nozares attīstību ciešā sasaistē ar ES kopējo tirgu. Šī struktūra ļauj atspoguļot reālās tirgus sakarības, kuras būtiski ietekmē arī Latvijas piena lopkopību, ņemot vērā tās augsto atkarību no globālajām tirgus tendencēm. Savukārt LASAM modelis galvenokārt fokusējas uz nacionālās politikas un tendenču novērtējumu. Lai gan šāds skatījums ir nozīmīgs valsts līmeņa plānošanā, tas nodrošina ierobežotāku saikni ar starptautiskajiem tirgus procesiem.

Izvēloties AGMEMOD modeli, tiek nodrošināta iespēja analizēt Latvijas piena lopkopības attīstību ES vienotā tirgus ietvaros. Šī pieeja nodrošina pamatu turpmākai analīzei, kurā var tikt aplūkoti arī efektivitātes un ražošanas pielāgošanās procesi, kas atspoguļo nozares modernizācijas un strukturālās attīstības virzienus ilgtermiņā.

Kopumā gan LASAM, gan AGMEMOD modelis nodrošina iespēju prognozēt lauksaimniecības attīstības tendences un novērtēt dažādu politikas lēmumu ietekmi, tādējādi tos ir iespējams izmantot politikas plānošanai. Tomēr no publiski pieejamajās informācijas nav konstatējams, ka tiktu veikta šādu prognožu rezultātu integrācija Latvijas politikas un stratēģiskajos dokumentos. Tas var liecināt par to, ka prognozēšanas instrumentu potenciāls netiek pilnvērtīgi izmantots valsts politikas veidošanas procesā.

Kā jau iepriekš tika minēts, viens no modeļiem, kas tiek izmantots lauksaimniecības nozarē, ir AGMEMOD modelis. AGMEMOD partnerības koncepta mērķis ir izveidot un uzturēt plaša mēroga daļēja līdzsvara modelēšanas sistēmu, kas aptver visas ES dalībvalstis, lai veiktu saskaņotu lauksaimniecības politikas un tirgus analīzi (Salamon, et al., 2008a).

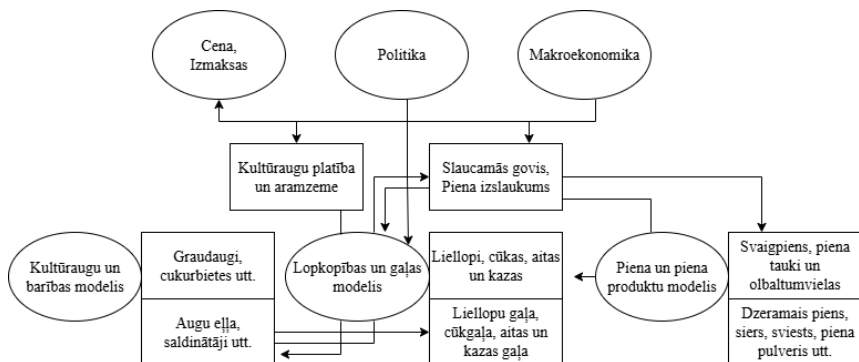
AGMEMOD modelis ir radies, lai nodrošinātu integrētu modelēšanas pieeju, kas ņemtu vērā būtiskās atšķirības starp dažādu dalībvalstu lauksaimniecības sistēmām (Salamon, et al., 2008a).

Modelis ir daudznacionāls, daļēja līdzsvara, tas ir paredzēts lauksaimniecības un pārtikas tirgus prognozēšanai ES. Modelis ne tikai sniedz iespēju izstrādāt lauksaimniecības tirgus attīstības scenārijus, bet arī ļauj novērtēt politikas pasākumu ietekmi uz nozari. Tas iekļauj tādus aspektus kā tiešmaksājumu

sistēmas ietekme uz lauksaimniecības nozares struktūru, tirdzniecības liberalizācijas sekas dažādām preču grupām, kā arī klimata pārmaiņu ietekme uz ražošanas potenciālu (Salamon, et al., 2017). Modelis katrai valstij izmanto atsevišķu veidni, un tādējādi tas ļauj nodrošināt analītisko konsekvenci visām valstīm. Valstu līmenī modelis atspoguļo lauksaimniecības politiku, kas ir modelēta, pamatojoties uz vēsturiskiem laikrindu datiem (Nehrey et al., 2019).

Kopumā AGMEMOD modelis kalpo kā nozīmīgs rīks lauksaimniecības politikas analizē un stratēģiskajā plānošanā, piedāvājot sīku un ar pierādījumiem pamatotu analīzi (Salamon, et al., 2017).

AGMEMOD modelis pamatojas uz kopīgu valsts modeļa struktūru, kas ir pielāgota katras valsts specifiskajai lauksaimniecības situācijai. Katrs individuālais preču modelis iekļauj uzvedības vienādojumus un identitātes, kas izskaidro piedāvājuma veidošanos, pieprasījuma radīšanu un cenu veidošanos (Banse et al., 2011). Lai labāk izprastu AGMEMOD struktūru, dažādu ekonomisko, politisko un tirgus faktoru ietekmi uz lauksaimniecības nozarēm, ir jāskata 1.2. attēls.



Avots: autores veidots, tulkots un adaptēts pēc Laquai, 2023a; Salamon et al., 2008b.

1.2.att. Vispārējās savstarpējās sakarības AGMEMOD modeli

1.2. attēlā ir redzams, kādi lauksaimniecības ražošanu un tirgu ietekmējoši faktori ir iekļauti modelī (piemēram, makroekonomiskie faktori cenu un izmaksu dinamika). Tāpat modelī ir iekļauti faktori, kas atspoguļo, kā kultūraugi un lopkopība mijiedarbojas, veidojot barības un izejvielu plūsmu dažādās nozarēs. Piemēram, graudaugi un cukurbietes tiek izmantoti gan pārtikas, gan lopbarības ražošanā. Attēls atspoguļo savstarpējās saiknes starp dažādām lauksaimniecības nozarēm, kas ļauj analizēt politisko un ekonomisko lēmumu ietekmi uz pārtikas ražošanu un tirgus attīstību.

Modelī tiek izmantoti endogēnie un eksogēnie dati, lai prognozētu lauksaimniecības nozares attīstību un analizētu politikas ietekmi uz tirgu.

Endogēnie dati modelī tiek aprēķināti, pamatojoties uz vēsturiskajiem datiem un citu mainīgo lielumu ietekmi, savukārt eksogēnie dati tiek uzskatīti par ārējiem faktoriem, kas netiek noteikti modeļa ietvaros, bet tiek izmantoti kā ievaddati lauksaimniecības prognozēm.

Vēl viena būtiska nianse, ka modelī ES līmeņa cena (“atslēgas cena” jeb “*key price*”) tiek definēta kā konkrētās preces cena nozīmīgākā nacionālā tirgus ES ietvaros. Valstu modeļi ir izstrādāti, lai atspoguļotu individuālo valstu lauksaimniecības īpatnības, ņemot vērā nacionālos tirgus faktoros un ekonomiskos apstākļus. Šie modeļi ir izveidoti, pamatojoties uz vienotu struktūru, tomēr tos pielāgo katras valsts specifikai un pēc tam tie tiek integrēti vienotā ES AGMEMOD modelī (Chantreuil, 2005; Banse et al., 2011).

1.3. Piena lopkopība un tās attīstības dinamiku ietekmējošie kompleksie faktori

Govs piena ražošana tiek uzskatīta par stratēģiski svarīgu ekonomisko darbību daudzās valstīs, jo tā ne tikai veicina primārās lauksaimniecības attīstību, bet arī sniedz atbalstu pārstrādes nozares uzņēmumiem, kas nodrošina nodarbinātību dažādās saimnieciskās jomās. Piena ražošanas nozīme pārsniedz primāro lauksaimniecības sektoru, jo tā tieši ietekmē pārtikas rūpniecību un tirdzniecību, sekmējot ekonomisko izaugsmi un tirgus stabilitāti (Bełdycka-Bórawska et al., 2021).

Kopumā piena lopkopība ir ļoti dinamiska. Tāpat ir jāņem vērā, ka šo nozari veido sarežģīta dažādu faktoru mijiedarbība, kas kopumā nosaka tās ilgtspēju un produktivitāti (Wattiaux, 2023).

Piena lopkopības attīstību nosaka komplekss savstarpēji saistītu faktoru kopums, kas iekļauj politiskos, ekonomiskos, tehnoloģiskos, sociālos un vides aspektus. Šo faktoru savstarpējā mijiedarbība nosaka piena lopkopības attīstības tendences un tās spēju pielāgoties globālajiem ekonomiskajiem, vides un sabiedriskajiem izaicinājumiem.



Avots: autores veidots

1.3.att. Piena lopkopību ietekmējošo faktoru grupas

Piena lopkopības darbības rezultātus ietekmē vairāku faktoru kopums, kuru analīze ļauj precīzāk izprast nozares attīstības dinamiku un konkurētspējas nosacījumus (Naglova et al., 2017). Katru no 1.3. attēlā redzamajām lielajām faktoru grupām veido vairāki apakšfaktori, kas kopumā rada attiecīgā faktora saturu.

Ekonomisko faktoru grupa ietver piena iepirkuma cenu un tās svārstīgumu, kas ir gan galvenais ienākumu avots saimniecībām, gan būtisks riska avots. Cenu nepastāvība palielina nenoteiktību par investīciju atmaksāšanos, tādējādi ietekmējot saimniecību spēju modernizēties (Pilvere et al., 2020; Schulte et al., 2018). Nozīmīga loma ir arī ražošanas izmaksām, īpaši barības, elektroenerģijas un degvielas cenām, kas būtiski ietekmē piena pašizmaksu un saimniecību rentabilitāti (Koutouzidou, 2022; O'Connor et al., 2014; Golas, 2017). Papildu ekonomiskie faktori ir ataudzēšanas izmaksas, lauksaimniecības zemes cenas un darbaspēka atalgojums, kas nosaka gan konkurētspēju, gan jauno ražotāju spēju ienākt nozarē (Tozer & Heinrichs, 2001).

Tehnoloģiskie faktori, kuri ietver robotizētās slaukšanas sistēmas, digitālās uzraudzības rīkus un biometriskos sensorus, spēj būtiski paaugstināt produktivitāti, ļauj savlaicīgi identificēt problēmas ganāmpulkā un optimizēt saimniecības resursu izmantošanu (Naglova et al., 2017; Lovarelli, 2020). Šādas tehnoloģijas samazina darbaspēka izmaksas, uzlabo dzīvnieku veselības uzraudzību un palielina izslaukuma stabilitāti.

Pie sociāliem faktoriem, kas būtiski ietekmē piena lopkopības attīstību, var minēt lauku reģionu demogrāfiskās izmaiņas. Esošie lauksaimnieki noveco, savukārt jaunajai paaudzei ir salīdzinoši zema interese par konvencionālo lauksaimniecību, kas izraisa darbaspēka mazināšanos lauku apvidos (Ryan,

2023; Pilvere et al., 2020). Neņemot vērā tehnoloģisko attīstību, kas ļauj lauksaimniekiem nodarbināt mazāku darbinieku skaitu, pilnībā iztikt bez darbiniekiem saimniecības tomēr nespēj.

Vēl viens būtisks sociālais faktors piena lopkopībā ir pieaugošā sabiedrības un patērētāju interese par dzīvnieku labturību, kas palielina prasības pēc augstākiem labturības standartiem un liek saimniecībām pielāgoties stingrākām prasībām (Grandin, 2014; Yeates, 2024). Vienlaikus globālais iedzīvotāju skaita pieaugums palielina pieprasījumu pēc piena produktiem, veicinot piena lopkopības izaugsmi, bet arī pastiprinot slodzi uz vidi (Grout, 2020).

Pieaugošā sabiedrības interese par vides aizsardzību būtiski ietekmē piena lopkopības attīstības virzienus. Piena lopkopība ir saistīta ar ievērojamu siltumnīcefekta gāzu emisiju apjomu, lielu ūdens un barības resursu patēriņu, kā arī ar augsnes kvalitātes un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanas problēmām. Līdz ar to arvien vairāk tiek uzsvērti ilgtspējīgu risinājumu nozīme, lai mazinātu nozares radīto ietekmi uz klimata pārmaiņām. Arī piena pārstrādes procesi, tostarp siera, sviesta un citu produktu ražošana, rada ievērojamu daudzumu notekūdeņu un blakusproduktu, kuru apsaimniekošanai nepieciešami novatoriski tehnoloģiskie risinājumi, lai mazinātu noslodzi uz vidi (Castillo, 2018; Gerber et al., 2013; Nardone et al., 2010).

Politiskie un regulatīvie faktori būtiski ietekmē piena lopkopības attīstību, nosakot ražošanas un tirdzniecības struktūru globālā un reģionālā mērogā. Vienlaikus vides un klimata izaicinājumu risināšanai nepieciešami skaidri regulējumi ar noteiktiem mērķiem un sasniedzamiem rādītājiem, kā arī finansiālā atbalsta mehānismi, kas palīdz lauksaimniekiem pielāgoties prasībām, ieviest jaunas tehnoloģijas un attīstīt zināšanas (Gerber et al., 2013; Eiropas Parlaments, 2024).

Ievērojot to, ka piena lopkopības pamatā ir produktīvie dzīvnieki, dzīvnieku bioloģiskie faktori spēj būtiski ietekmēt šo nozari. Viens no apašfaktoriem ir govju šķirne, kas nosaka izslaukuma potenciālu, piena sastāvu un govju ilgmūžību (Siliņa & Jonkus, 2023; Brito et al., 2021). Vēl viens būtisks faktors ir slaucamo govju produktīvais mūžs, kā arī slaukšanas biežums, kas nosaka gan saražotā piena apjomu, gan tā sastāvu, gan arī dzīvnieku veselības stāvokli (De Vries & Marcondes, 2020; Cielava et al., 2016; Stockdale, 2006; Wall, 2011).

Analizējot faktoru mijiedarbību ir redzams, ka to mijiedarbība ir cieša un daudzvirzienu: ekonomiskie faktori nosaka saimniecību investīciju iespējas un līdz ar to arī tehnoloģisko attīstību, savukārt pietiekams finansējums veicina modernizāciju un inovācijas. Tehnoloģiskie faktori ietekmē bioloģiskos, jo, piemēram, uzraudzības sistēmas samazina slimību risku un paaugstina produktivitāti, tādējādi nelabvēlīgas izmaiņas vienā dimensijā ietekmē arī citas.

Iepriekš aplūkoti faktori veido nosacījumus, kas tieši atspoguļojas piena lopkopības darbības rezultātos. Vidējais piena izslaukums no vienas govju, kopējais slaucamo govju skaits, saražotais piena daudzums un kopējais lopkopības saimniecību skaits ir fundamentāli rādītāji, kas nosaka piena

lopkopības ražošanas potenciālu un konkurētspējas līmeni. Tie ļauj objektīvi novērtēt ražošanas jaudas attīstību, resursu izmantošanas efektivitāti un tehnoloģisko progresu nozarē.

Vidējais izslaukums no vienas slaucamās govys ir visizplatītākais piena lopkopības produktivitātes rādītājs, kas nosaka ražošanas efektivitāti neatkarīgi no ganāmpulka lieluma (Viira et al., 2015; Olini et al., 2020; Song et al., 2024). Šis rādītājs atspoguļo saimniecībā lietotās stratēģijas attiecībā uz attīstību, kā arī ģenētiskā potenciāla izmantošanu saimniecībās (Olini et al., 2020). Tāpat vidējais izslaukums kalpo kā rādītājs saimniecību modernizācijas un tehnoloģiskā progresa līmeņa novērtēšanai. Dažādu tehnoloģiju integrēšana saimniecībās, piemēram, automatizētās slaušanas sistēmas un precīzās lopkopības risinājumi, spēj pozitīvi ietekmēt vidējo izslaukumu no govys, nodrošinot biežāku un elastīgāku slaušanas ritmu, uzlabojot barības un veselības vadību, kā arī ļaujot laikus konstatēt ražību ierobežojošus faktorus (Jacobs & Siegford, 2012; Bianchi et al., 2022; Trapanese et al., 2025).

Vēl viens būtisks rādītājs ir *vidējais slaucamo govju skaits*, kurš nosaka piena ražošanas iespējas saimniecībā (Oleggini et al., 2001). Turklāt saimniecību spēja ilgtermiņā ražot pienu ir cieši saistīta ar slaucamo govju ilgmūžību, t. i., produktīvā mūža ilgumu (Dallago et al., 2021). Tas atspoguļo dzīvnieku veselību, labturības apstākļus un selekcijas efektivitāti. Jo ilgāks ir govju produktīvais mūžs, jo mazāks ir nepieciešamais aizstāšanas apjoms un līdz ar to arī mazāka vides noslodze.

Kopējais saražotā piena daudzums tiek rēķināts kā slaucamo govju skaits un vidējā izslaukuma no vienas govys reizinājums. Tādēļ slaucamo govju skaits un izslaukums ir pamatrādītāji, bet kopējais saražotais piena daudzums ir atvasināts, bet tāpat būtisks rādītājs, jo kopumā atspoguļo nozares ražošanas kapacitāti.

Vēl viens būtisks rādītājs ir *kopējais lopkopības saimniecību skaits*, kas raksturo piena lopkopības struktūru un tās attīstības tendences. Viena no piena ražošanas raksturīgajām iezīmēm ir mēroga ekonomija, kas nosaka būtiskas atšķirības starp dažādu lielumu saimniecībām. Šis ir iemesls, kādēļ mazās piena lopkopības saimniecības ir mazāk konkurētspējīgas salīdzinājumā ar lielākām saimniecībām, jo to ražošanas izmaksas uz vienu produkcijas vienību ir augstākas, kas mazina to efektivitāti un ilgtermiņa dzīvotspēju tirgū. Vienlaikus mazākām saimniecībām ir arī priekšrocības, piemēram, iespēja pievērst lielāku uzmanību katram dzīvniekam (Bórawski et al., 2020b).

Apkopojot iepriekšminēto, ir secināms, ka tie ir savstarpēji saistīti rādītāji, kas kopumā raksturo piena lopkopības ražošanas kapacitāti, strukturālās pārmaiņas un ilgtermiņa potenciālu. Arī AGMEMOD modelis iekļauj šos rādītājus piena nozares moduļa ietvaros, tādējādi nodrošinot to izmantošanu scenāriju izstrādē un politikas ietekmes novērtēšanā.

2. PIENA LOPKOPĪBAS POLITIKAS UN NORMATĪVĀ REGULĒJUMA IETVARS

Nodaļas saturs darbā aizņem 20 lpp., kurās ietilpst 6 tabulas un 3 attēli.

Otrajā nodaļā analizēts piena lopkopības politikas un normatīvais ietvars, raksturojot Eiropas Savienības (ES) un Latvijas tiesisko regulējumu, kas nosaka piena ražošanas, pārstrādes un tirgus organizācijas pamatprincipus. Nodaļas zinātniskā diskusija veidota par ES lauksaimniecības politikas pamatmērķiem, dzīvnieku labturības, pārtikas drošības un vides prasību ieviešanu. Papildu uzmanība veltīta ES ilgtspējas un klimata politikas dokumentiem, piemēram, Eiropas zaļajām kursam, kā arī Latvijas nacionālajai normatīvajai un institucionālajai sistēmai, kas nodrošina šo prasību ieviešanu. Tāpat tika izvērtēts starptautiska konteksta ietekme uz Latvijas piena lopkopību.

2.1. ES politikas un normatīvā regulējuma principi piena lopkopībā

Lauksaimniecība, tostarp piena lopkopība, vēsturiski ir pakļauta būtiskām svārstībām un tirgus nepilnībām, kas ierobežo tās ilgtspējīgu attīstību bez ES un tās dalībvalsts iejaukšanās dažādu politisku mehānismu veidā (Bouamra et al., 2007). Lai veicinātu piena lopkopības ilgtspējīgu attīstību un taisnīgu konkurenci, ir nepieciešams atbilstošs regulējums, kas spēj novērst tirgus kropļošanu un nodrošināt adaptācijas mehānismus katras valsts piena lopkopības specifikai.

Piena lopkopība ES jau ilgstoši ieņem nozīmīgu lomu KLP, jo tā vienlaikus iekļauj gan ekonomisko segmentu, gan pilda būtiskas sabiedrības funkcijas, piemēram, lauku teritoriju saglabāšanu, nodrošinājumu ar pārtiku un vides ilgtspēju. ES politika piena lopkopībā nepamatojas tikai uz tirgus konkurētspējas un attīstības veicināšanu, tās pamatā ir arī nepieciešamība nodrošināt vienlīdzīgu attīstību visās ES dalībvalstīs (Clay et al., n.d.).

Vienlaikus piena lopkopības politika arvien ciešāk tiek saistīta ar ES vides un klimata mērķiem. Kvotu atcelšanas rezultātā pieauga ražošanas apjomi, kas dažās valstīs radīja ievērojamu emisiju pieaugumu, un ES bija jāreaģē un jāizstrādā regulējums, kas vērsts uz ES klimatneitralitāti (Läpple et al., 2021).

Noteikto mērķu sasniegšanai ir izstrādāti vairāki nozīmīgi ES lauksaimniecības politikas plānošanas dokumenti, kas nosaka nozares attīstības virzienus:

- **“Eiropas zaļais kurss”** vērsts uz ilgtspējīgas ekonomikas izveidi, klimata neitralitātes sasniegšanu līdz 2050. gadam un resursu efektīvu izmantošanu (European Commission, n.d.-g).
- Stratēģijas **“No lauka līdz galdam”** (F2F) mērķis ir veicināt integrētu pārtikas politiku, kas aptver visus posmus no ražošanas līdz patēriņam,

vienlaikus nodrošinot vides, veselības un ekonomiskos ieguvumus (Wesseler, 2022).

- **Eiropas Klimata akts** nosaka, ka ES valstīs līdz 2050. gadam ir jāpanāk klimatneitralitāti (stāvoklis, kurā cilvēka darbība rada “nulles” ietekmi uz klimata sistēmu), panākot, ka siltumnīcefekta gāzu neto emisijas ir nulles līmenī (Eiropas Parlaments un Padome, 2021; Ministru kabinets, 2020a).
- **ES metāna emisiju samazināšanas stratēģija (2021)** paredz, ka ir pieejamas dažādas mitigācijas tehnoloģijas, kam ir potenciāls nodrošināt no ražošanas atsaistītus emisiju samazinājumus. Galvenokārt tās ir tehnoloģijas, kuras skar dzīvnieku uztura uzlabošanu, ganāmpulku pārvaldību, kūtsmēsļu apsaimniekošanu, pieeju audzēšanai, ganāmpulku veselību un dzīvnieku labturību. Viens no emisiju ietekmes mazināšanas potenciālajiem risinājumiem piemīt jaunām ēdināšanas pieejām, kas ir norādīts tostarp arī stratēģijā “No lauka līdz galdam” (Eiropas Parlaments, 2021).
- **Rīcības plāns antimikrobiālās rezistences (AMR) apkarošanai 2021.–2025. gadam** tika izstrādāts, lai risinātu pieaugošo AMR draudu pārtikas un lauksaimniecības sektorā. Šī plāna galvenie mērķi ir samazināt AMR izplatību un palēnināt rezistences veidošanos pārtikas ķēdē un visos pārtikas un lauksaimniecības sektoros, kā arī saglabāt spēju ārstēt infekcijas ar efektīviem un drošiem antimikrobiāliem līdzekļiem, lai nodrošinātu pārtikas un lauksaimniecības ražošanu (Food and Agriculture Organization of the United Nations, n.d.).

Neskaitot visus iepriekš minētus plānošanas dokumentus, ES ir pieņemti vairāki normatīvie akti, kas regulē lauksaimniecības nozari kopumā, kā arī attiecas uz šaurāku piena lopkopību. Šie tiesību akti tika pieņemti, balstoties uz iepriekš minēto plānošanas dokumentos izvirzīto mērķu sasniegšanas nepieciešamību un nosaka vienotas prasības un standartus, veidojot visaptverošu tiesisko regulējumu, kas nodrošina ilgtspējīgu un kvalitatīvu lauksaimniecības nozares darbību. 2.1. tabulā ir apkopoti būtiskākie normatīvie akti, kas regulē lauksaimniecības nozari, tostarp piena ražošanas un pārstrādes procesus ES.

2.1.tabula

ES piena ražošanas nozares normatīvajos aktos noteiktie mērķi

Dokuments	Mērķis	Ietekme
Regula (EK) Nr. 178/2002	Nosaka vispārīgos pārtikas likumdošanas principus; izveido Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestādi	Prasa izsekojamību, nekaitīguma nodrošināšanu un dokumentēšanu visā piena ražošanas ķēdē

2.1. tabulas turpinājums

Dokuments	Mērķis	Ietekme
Regula (EK) Nr. 852/2004	Definē pārtikas higiēnas prasības	Prasa uzturēt augstu higiēnas līmeni slaukšanā, piena savākšanā, uzglabāšanā un pirmapstrādē; nosaka prasības telpām, aprīkojumam, ūdens kvalitātei un cilvēkresursu higiēnai
Regula (EK) Nr. 853/2004	Nosaka īpašus higiēnas noteikumus attiecībā uz dzīvnieku izcelsmes pārtiku	Nosaka prasības neapstrādāta piena kvalitātei (šūnu un baktēriju skaits, temperatūra)
Regula (EK) Nr. 2017/625	Nosaka oficiālās kontroles pārtikas un dzīvnieku veselības jomā	Pastiprina valsts oficiālo kontroli pārtikas ķēdē, tostarp dzīvnieku veselības, veterinārās uzraudzības, pārtikas higiēnas, piena kvalitātes un barības drošuma jomās
Regula (EK) Nr. 1308/2013	Nosaka lauksaimniecības produktu tirgus kopīgo organizāciju un iekļauj prasības piena un piena produktu tirgus regulēšanai	Regulē ienākumu stabilizācijas mehānismus, tirgus intervenci un piena cenu atbalsta instrumentus
Regula (EK) Nr. 1333/2008	Regulē pārtikas piedevu lietošanu un to drošību	Nosaka atļautās piedevas, drošības kritērijus un marķēšanas prasības

Avots: autores veidots pēc Eiropas Parlaments un Padome, 2002, 2004a, 2004b, 2008a, 2013, 2017; Čapla et al., 2023.

Regulu un direktīvu izdošana, kā arī saskaņošana nodrošina to, ka visās dalībvalstīs tiek piemērotas vienādas prasības attiecībā uz piena un piena produktu ražošanu, uzglabāšanu un ieviešanu, kā arī nepieļauj risku, ka pienā un piena produktos, kuri tiek ievesti ES teritorijā, var pārvadāt infekcijas slimības, kas ir bīstamas mājlopiem vai cilvēkiem.

Kopumā piena lopkopība ES tiek regulēta vairākos virzienos – ilgtspējīgas resursu izmantošanas nepieciešamība, klimata neitralitātes mērķi, emisiju samazināšana un sabiedrības veselības aizsardzība.

2.2. Latvijas piena lopkopības plānošanas dokumenti un normatīvais ietvars

Līdzīgi kā visās ES valstīs, arī Latvijā ir vairāki nozīmīgākie valsts plānošanas dokumenti, kas tiešā veidā ir saistīti ar piena lopkopību.

Viens no svarīgākajiem plānošanas dokumentiem ir *Latvijas KLP stratēģiskais plāns 2023.-2027. gadam (KLP 2023-2027)*. Šī plāna mērķis ir turpināt sniegt pietiekamu atbalstu lauksaimniekiem, lai tie spētu nodrošināt iedzīvotājiem pieejamu Latvijā ražotu pārtiku, kas ir droša, kvalitatīva un par pieejamu cenu. Šis stratēģiskais plāns ietekmē piena lopkopību kā savstarpēji sasaistītu instrumentu kopums. Tiešie maksājumi (piemēram, saistīto ienākumu atbalsts par slaucamām govīm un atbalsts jaunajiem lauksaimniekiem) nodrošina naudas plūsmas stabilitāti, kas ir būtiski nozarē, kura tiek pakļauta dažāda veida riskiem (Zemkopības ministrija, 2024a).

Vēl viens Latvijas plānošanas dokuments ir *Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021.-2030. gadam*, ar kuru tiek noteikti Latvijas mērķi un to izpildes pasākumi tādās nozarēs un darbībās kā siltumnīcefekta gāzu emisiju samazinājums un oglekļa dioksīda piesaistes palielinājums, atjaunojamo energoresursu īpatsvara palielinājums, energoefektivitātes uzlabošana, enerģētiskās drošības nodrošināšana, enerģijas tirgu infrastruktūras uzturēšana un uzlabošana, kā arī inovāciju, pētniecības un konkurētspējas uzlabošana. Attiecībā uz lopkopību tiešā veidā ir attiecināma kūtsmēslu apsaimniekošanas sistēmas uzlabošana un dzīvnieku ēdināšanas uzlabošana, kuras sasaucās gan ar Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam, gan ar ES normatīvo regulējumu (Klimata un enerģētikas ministrija, 2025).

Uz piena lopkopību tiešā veidā var attiecināt arī tādu vidēja termiņa politikas plānošanas dokumentu kā *“Gaisa piesārņojuma samazināšanas rīcības plāns 2020.-2030. gadam”*. Šis plāns nosaka, ka lauksaimniecības nozarē (īpaši liellopu turēšanā) ir jāmazina amonjaka emisijas. Plāns ir sīki izstrādāts un ir noteikti konkrēti apakšuzdevumi, darbības to īstenošanai, kā arī izpildes termiņi (Ministru kabinets, 2020b).

Lai sasniegtu kā starptautiskajos, tā nacionālajos politikas plānošanas dokumentos noteiktos mērķus piena lopkopības attīstībai, ir nepieciešama sakārtota tiesību sistēma, kura veicina noteiktu pasākumu ieviešanu un uzraudzību izvirzītu mērķu sasniegšanai. Lielai ietekmei uz Latvijas tiesību sistēmu ir ES, it īpaši kopš brīža, kad 2004. gada 1. maijā Latvija kļuva par ES dalībvalsti.

Latvijā lauksaimniecības nozari kopumā regulē 2004. gada 7. aprīlī pieņemtais **Lauksaimniecības un lauku attīstības likums**. Likuma mērķis ir radīt tiesisku pamatu lauksaimniecības attīstībai un noteikt ilglaicīgu lauksaimniecības un lauku attīstības politiku saskaņā ar Eiropas Savienības kopējo lauksaimniecības politiku un kopējo zivsaimniecības politiku. Šis likums nosaka lauksaimniecības un lauku attīstības politikas īstenošanu, uzraudzību un novērtēšanu, lai sekmētu šīs politikas ilglaicīgu attīstību (Saeima, 2004).

Veterinārmedicīnas likums veido dzīvnieku veselības aizsardzības ietvaru, nosakot kārtību infekcijas slimību profilaksei un apkarošanai, veterinārpraksi, dzīvnieku izcelsmes produktu aprīti un importa/transīta kontrolei, kā arī valsts, pašvaldību un personu tiesības un pienākumus (Saeima, 2001). Vēl viens

nozīmīgs likums ir **Dzīvnieku audzēšanas un ciltsdarba likums**, kura mērķis ir nodrošināt lauksaimniecības dzīvnieku ģenētisko potenciālu. Attiecīgais likums nosaka kārtību, kādā tiek veikta lauksaimniecības dzīvnieku selekcija, pārraudzība un ciltsdarbs, tostarp šķirņu saglabāšana un attīstība (Saeima, 2018). Savukārt **Dzīvnieku aizsardzības likums** nosaka lauksaimniecības dzīvnieku turēšanas un izmantošanas kārtību, labturības prasības, kā arī lauksaimniecības dzīvnieka turētāja tiesības un pienākumus (Saeima, 1999).

Lauksaimniecības nozares likumiskais regulējums kalpojis par pamatu Ministru kabineta noteikumu izstrādei, kuri nosaka prasības un kārtību piena lopkopībā:

1. LR Ministru kabineta 2016. gada 6. septembra noteikumi Nr. 597 “Veterinārās, higiēnas un nekaitīguma prasības svaigpiena aprītei” nosaka higiēnas un nekaitīguma prasības svaigpiena ieguvei, uzglabāšanai un transportēšanai.
2. LR Ministru kabineta 2019. gada 19. februāra noteikumi Nr. 73 “Prasības govju un kazas svaigpiena aprītei nelielā apjomā” regulē nelielā apjomā iegūta piena realizācijas kārtību un higiēnas prasības mazajām saimniecībām.
3. LR Ministru kabineta 2008. gada 2. janvāra noteikumi Nr. 5 “Lauksaimniecības dzīvnieku vispārīgās labturības prasības” nosaka vispārīgās labturības prasības govju turēšanai un izmantošanai.
4. LR Ministru kabineta 2019. gada 28. maija noteikumi Nr. 228 “Slaucamo govju un slaucamo kazu pārraudzības un snieguma pārbaudes kārtība” regulē slaucamo govju ciltsdarbu, snieguma pārbaudi un datu reģistrāciju.
5. LR Ministru kabineta 2025. gada 25. februāra noteikumi Nr. 116 “Lauksaimniecības dzīvnieku un akvakultūras dzīvnieku, to ganāmpulku un novietņu reģistrēšanas kārtība un lauksaimniecības dzīvnieku apzīmēšanas kārtība” nosaka dzīvnieku, ganāmpulku un novietņu reģistrēšanas un apzīmēšanas kārtību.
6. LR Ministru kabineta 2014. gada 23. decembra noteikumi Nr. 834 “Prasības ūdens, augsnes un gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma” regulē ūdens, augsnes un gaisa aizsardzību pret nitrātiem un amonjaku.
7. LR Ministru kabineta 2014. gada 23. decembra noteikumi Nr. 829 “Īpašās prasības piesārņojošo darbību veikšanai dzīvnieku novietnēs” nosaka īpašās prasības piesārņojošo darbību veikšanai dzīvnieku novietnēs.

Ir secināms, ka Latvijas normatīvais ietvars piena lopkopībā aptver virkni Ministru kabineta noteikumu, kas regulē svaigpiena aprītes higiēnas un nekaitīguma prasības, nelielā apjomā iegūta piena realizācijas kārtību, dzīvnieku labturību, slaucamo govju ciltsdarbu un snieguma pārbaudi, lauksaimniecības dzīvnieku reģistrāciju un apzīmēšanu, kā arī piesārņojuma novēršanu un vides aizsardzību dzīvnieku novietnēs.

2.3. Starptautiskais konteksts un tā ietekme uz Latvijas piena lopkopību

Latvijas piena lopkopība ir saistīta ar starptautisko tirgu un regulatīvo vidi, kas būtiski ietekmē tās darbību un attīstību. Šī iemesla dēļ tā ir pakļauta starptautisko notikumu norisei, kas ietekmē tirgus dinamiku un konkurētspēju.

Viens no notikumiem, kas būtiski ietekmēja lauksaimniecības nozari kopumā ir *Latvijas pievienošanās Eiropas Savienībai (2004)*, kas radīja jaunas eksporta iespējas Latvijai, sniedzot piekļuvi ES vienotajam tirgum, kas tostarp arī raisīja konkurenci. *Krievijas importa embargo (2014)* lielā mērā ietekmēja piena lopkopību visās ES valstīs, tostarp Latvijā. Aizliegums aptvēra lielāko daļu augļu un dārzeņu, gaļas, zivju un piena produktu, kas bija veidoja trešdaļu Krievijas lauksaimniecības pārtikas importa pirms aizlieguma (Chaptea & Caigne, 2018). Lai gan *piena kvotu atcelšana (2015)* bija ES regulējums, tam bija arī ģeopolitiska ietekme, kas izraisīja piena cenu strauju samazināšanos visā Eiropā, tostarp Latvijā. Piena kvotas bija maksimālais piena daudzums, ko lauksaimnieks varēja ražot un tirgot bez nodokļa piemērošanas (HM Revenue & Customs, n.d.; Jongeneel & Gonzalez-Martinez, 2022). *Brexit (2021)* (Apvienotās Karalistes izstāšanās no ES) izraisīja ES likumdošanas pārvaldības pārtraukšanu, kas ietekmēja tostarp arī Latvijas piena tirgu. Jaunie normatīvie akti attiecībā uz tirdzniecību starp abām valstīm noteica sarežģītākus noteikumus, kas attiecīgi padarīja eksportu dārgāku un laikietilpīgāku (attiecīgi piegādes ķēdes kļuva sarežģītākas, un bija jāaplicina savas produkcijas izcelsme) (Brooks et al., 2021). Vēl viens notikums, kas būtiski ietekmēja piena lopkopību ne tikai Latvijā, bet visā pasaulē, ir *Covid-19 pandēmija (2020–2021)*, kad nozare sastapās ar pandēmijas izraisīto krīzi. Pasaulē noteiktie ierobežojumi izraisīja nozaru slēgšanu visā pasaulē, kas ietekmēja kopējo piegādes ķēdi no lauksaimnieka līdz patērētājam. Piegādes ķēžu pārrāvumu un pieprasījuma sarukšanas rezultātā lauksaimnieku ieņēmumi samazinājās, ražošanas apjomi kritās un pieauga saražotās produkcijas krājumi (Sridhar et al., 2022). 2021. gada beigās un 2022. gada sākumā valdīja ievērojams optimisms par ekonomikas izaugsmi pēc Covid-19 pandēmijas, un daudzas valstis atsāka kontrolēt Covid-19 izraisīto inflāciju un stimulēt ekonomisko izaugsmi, tostarp lauksaimniecības nozarē. Tomēr *Krievijas pilna mēroga iebrukums Ukrainā 2022. gadā* izraisīja ģeopolitisko spriedzi starp Rietumiem un Krieviju, radot neskaidrību par globālās izaugsmes prognozēm saistībā ar bažām par konflikta eskalācijas ietekmi uz pasaules piegādes ķēdēm (Ozili, 2022).

Ir secināms, ka pēdējos desmit gados Latvijas piena lopkopība ir piedzīvojuši būtiskas pārmaiņas, kuras izraisīja starptautiski notikumi. Šie notikumi ietekmēja tirgus pieprasījumu, ražošanas apstākļus un eksporta iespējas, liekot meklēt risinājumus jauniem izaicinājumiem. Tomēr, neņemot vērā sākotnējās grūtības, nozare ir spējusi pielāgoties globālajām tendencēm, piemēram, pieaugošajam

pieprasījumam pēc bioloģiskiem produktiem un ilgtspējīgas lauksaimniecības prakšu ieviešanai saimniecībās.

3. LATVIJAS PIENA LOPKOPĪBAS STRUKTŪRA UN ATTĪSTĪBAS TENDENCES BALTIJAS UN ES KONTEKSTĀ

Nodaļas saturs darbā aizņem 26 lpp., kurās ietilpst 8 tabulas un 17 attēli.

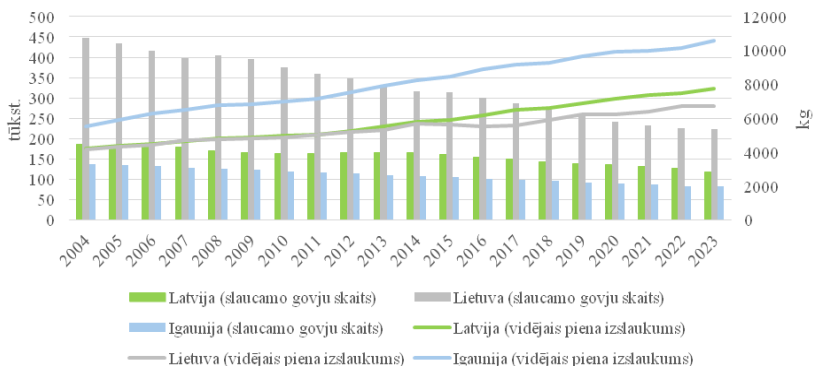
Trešajā nodaļā veikta Baltijas valstu piena lopkopības salīdzinošā analīze, izvērtējot nozari raksturojošo rādītāju dinamiku un strukturālās pārmaiņas. Nodaļas zinātniskā diskusija veidota par slaucamo govju skaita, vidējā izslaukuma un piena ražošanas apjoma attīstības tendencēm, kā arī par saimniecību struktūras izmaiņām. Papildu uzmanība pievērsta piena cenu svārstībām, kā arī augu izcelsmes piena alternatīvu pieaugošajai nozīmei. Savukārt veiktā klasteranalīze sniedza iespēju klasificēt ES valstis pēc līdzības piena lopkopības attīstības struktūrā.

3.1. Piena lopkopības attīstību raksturojošo rādītāju analīze

Veicot piena lopkopības analīzi Latvijā, ir svarīgi veikt arī visu Baltijas valstu (Latvija, Lietuva un Igaunija) salīdzinājumu, jo šīs valstis ir savstarpēji integrētas ekonomiski. Šo valstu piena lopkopības darbojas līdzīgā ģeogrāfiskajā atrašanās vietā, klimata un regulējuma vidē, kā arī tirgu bieži ietekmē kopīgi faktori, piemēram, ES politika un globālās cenu tendences. Tāpat, salīdzinot piena lopkopību Baltijas mērogā, ir iespējams noteikt un arī novērtēt, cik konkurētspējīga ir Latvija salīdzinājumā ar pārējām Baltijas valstīm.

Piena lopkopību raksturo vairāki rādītāji: kopējais saražotā piena daudzums, slaucamo govju skaits, vidējais izslaukums no vienas govys un kopējais lopkopības saimniecību skaits.

Ņemot vērā, ka pēdējos gados visās Baltijas valstīs tiek novērota slaucamo govju skaita mazināšanās tendence, ir būtiski izvērtēt vai tas kopumā ietekmē piena ražošanas efektivitāti (3.1.att.). Šī iemesla dēļ ir jāpievērš uzmanība vidējā izslaukuma dinamikai, proti, vai slaucamo govju skaita samazinājums visās Baltijas valstīs ir bijis saistīts arī ar kopējo saražotās produkcijas apjoma mazināšanos. Tā kā kopējais slaucamo govju skaits un vidējais piena izslaukums no vienas govys ir pamatrādītāji, kuri sniedz visaptverošu priekšstatu par piena lopkopības efektivitāti un produktivitāti, šo rādītāju savstarpēja salīdzināšana ir būtiska, lai saprastu tendence nozarē.



Avots: autores veidots pēc CSP n.d.-a, b; Statistics Lithuania n.d.; Statistics Estonia n.d.-a, b datiem.

3.1.att. Slaucamo govju skaits (tūkst.) un vidējais izslaukums Baltijas valstīs (kg), 2004. -2023. gadā

Šajā attēlā ir redzams, ka kopumā izslaukums ir pieaudzis visās Baltijas valstīs laikposmā no 2004. līdz 2023. gadam. No 2020. līdz 2023. gadam Latvijā kopējais slaucamo govju skaits ir būtiski samazinājies, savukārt vidējais piena izslaukums no vienas govs konsekventi pieaug. Kopš 2000. gada, kad vidējais piena izslaukums no vienas govs bija 3898 kg, šis rādītājs ir būtiski pieaudzis, sasniedzot 7748 kg 2023. gadā

Lietuvā ir novērojama līdzīga tendence – kopējais slaucamo govju skaits mazinās, savukārt vidējais piena izslaukums no vienas govs kopumā pieaug. Kopējais slaucamo govju skaits visā aplūkojamajā periodā Lietuvā samazinājās no 494 tūkst. 2000. gadā līdz 224 tūkst. 2023. gadā. Savukārt vidējais piena izslaukums no vienas govs ievērojami pieauga, 2022. gadā sasniedzot 6724 kg.

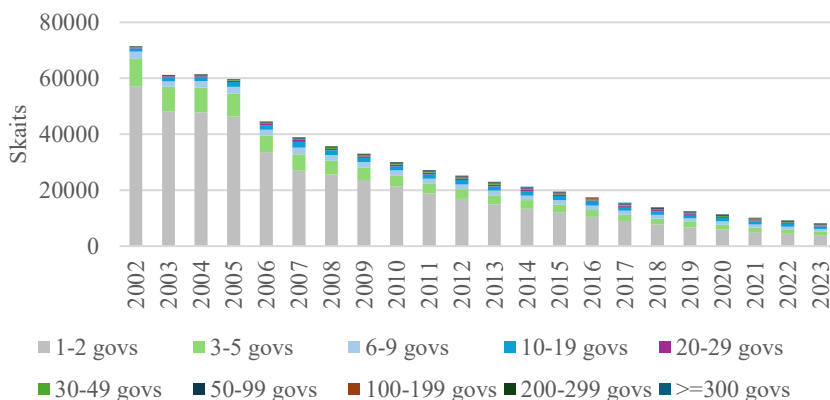
Igaunijā tendence ir līdzīga kā Latvijā un Lietuvā – kopējais slaucamo govju skaits mazinās, bet vidējais piena izslaukums no vienas govs palielinās. Kopš 2020. gada, kad slaucamo govju skaits Igaunijā bija 150 tūkst., tas samazinājās, 2023. gadā sasniedzot 82,5 tūkst. Vienlaikus vidējais piena izslaukums no vienas govs pieauga – no 4660 kg 2020. gadā līdz 10 608 kg 2023. gadā. Kopumā visā aplūkojamajā periodā izslaukuma pieaugums bija stabils un mērens.

Kā vienu iemeslu šādai tendencei var minēt struktūrfondu finansējuma pieejamību, Baltijas valstīm iestājoties ES. Lauksaimniekiem ir pieejami dažādi atbalsta veidi, piemēram, tiešie maksājumi lauksaimniekiem, investīcijas lauksaimnieciskajā ražošanā un pārstrādē, kā arī dažāda veida apmācības. Izmantojot kāds no ES finansējuma veidiem, lauksaimniekiem ir iespēja modernizēt savas saimniecības, ieviešot tajās jaunās un modernas tehnoloģijas vai metodes, tāda veidā attīstot savu saimniecību (Svoboda et al., 2016; Czubak, 2021).

Līdz ar jaunām finansiālajām spējām lauksaimnieki sāka precīzāk vadīt saimniecības un atlasīt govus ar augstāko ģenētisko potenciālu, kas laktācijas periodā var saražot vairāk piena. Ģenētiskā selekcija ir veicinājusi ievērojamu izslaukuma pieaugumu, kas savukārt bija iemesls piena lopkopības produktivitātes palielināšanai (Hansen, 2000; Berry et al., 2003).

Tāpat vidējā piena izslaukuma palielināšanu var saistīt ar saimniecību struktūru maiņu, proti, ar laiku arvien mazāk paliek mazo saimniecību ar mazāku izslaukumu, līdz ar to vidējās un lielās saimniecībās ar tehnoloģiski attīstītu un intensīvu saimniecības darbības veidu palielinās vidējā produktivitāte. Tieši lielākās saimniecības, īpaši pēc KLP reformām, ir guvušas priekšrocības atbalsta saņemšanā, kas ļāva attīstīt modernākas dzīvnieku turēšanas sistēmas, uzlabot barības kvalitāti un ieviest precīzo lopkopību (Bórawski et al., 2020a; European Commission, n. d.-h).

Vēl viens no rādītājiem, kas kopumā norāda uz nozares tendencēm un attīstības dinamiku ir saimniecību skaits atbilstoši to grupām un slaucamo govju skaitam. Attēlā 3.2. ir redzams saimniecību skaits pa saimniecību lieluma grupām atbilstoši slaucamo govju skaitam Latvijā.



Avots: autores veidots pēc CSP n.d.-c.

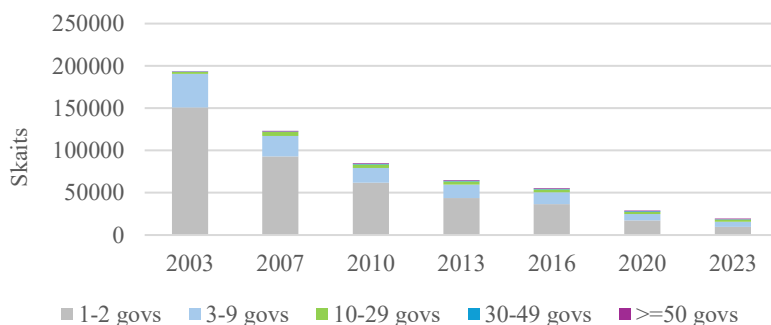
3.2.att. Saimniecību skaits pa saimniecību lieluma grupām atbilstoši slaucamo govju skaitam un kopā Latvijā 2002. -2023. gadā

2002. līdz 2023. gadam Latvijā ir notikusi piena lopkopības sektora pārstrukturēšana: kopumā Latvijā ir būtiski samazinājies kopējais piena lopkopības saimniecību skaits; – no 71,3 tūkst. 2002. gadā līdz 8,5 tūkst. 2023. gadā, kas liecina par izmaiņām piena lopkopības struktūrā. Būtiskākais samazinājums tika novērots mazajās saimniecībās: saimniecību skaits ar 1–2 un 3–5 govīm no 2002. līdz 2023. gadam samazinājies attiecīgi par 93,28% un 87,01%. Mazo saimniecību likvidāciju ir veicinājusi arī Latvijas iestāšanās ES ar no tā izrietošo piena slaukšanas higiēnas, govju labturības un kūtsmēsļu

apsaimniekošanas prasību ieviešanu Latvijā, tam ir bijuši nepieciešami ieguldījumi saimniecību modernizācijā, kam mazajām saimniecībām nepietiek kapacitātes. Līdz ar to piena ražošana ir koncentrējusies vidējās un lielās saimniecībās, kas ļauj uzlabot gan govju produktivitāti, gan saražotā piena kvalitāti un atbilstību higiēnas prasībām.

Lietuvā dati par saimniecību skaitu ir pieejami fragmentāri - par 2003., 2007., 2010., 2013., 2020. un 2023. gadu, bet ar šo informāciju pietiek, lai redzētu kopējās tendences valstī.

Arī Lietuvā, līdzīgi kā Latvijā, mazo un vidējo saimniecību skaits mazinājās, savukārt lielo saimniecību skaits pieauga. Tā 2003. gadā 190 tūkst. saimniecību ar 1–9 govīm, savukārt 2023. gadā šo saimniecību skaits samazinājās līdz 10 tūkst., tādējādi no 2002. gada līdz 2023. gadam saimniecības ar 1–9 govīm samazinājās par 94,74%.

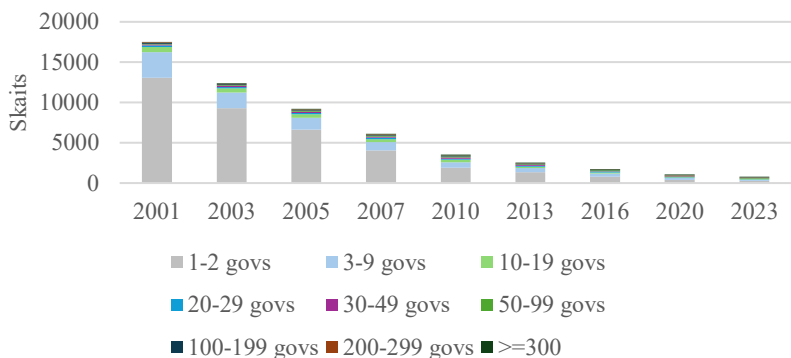


Avots: autores veidots pēc *Statistics Lithuania n.d.*

3.3. att. Saimniecību skaits pa saimniecību lieluma grupām atbilstoši slaucamo govju skaitam Lietuvā 2003., 2007., 2010., 2013., 2016., 2020. un 2023. gadā

Atšķirīga situācija tika novērota saimniecībās ar 30–49 govīm un saimniecībās, kur ir 50 un vairāk govju. Šajās saimniecībās tika novērots pieaugums, piemēram, no 197 tūkst. 2003. gadā līdz 592 tūkst. 2023. gadā pieauga saimniecības ar 30–49 govīm.

Lai gan arī Igaunijas dati par saimniecību skaitu pa saimniecību lieluma grupām atbilstoši slaucamo govju skaitam ir fragmentāri un pieejami tikai par 2001., 2003., 2005., 2007., 2010., 2013., 2016., 2020. un 2023. gadu, tendenci ir iespējams saskatīt. Igaunijā situācija ir bijusi līdzīga kā Latvijā un Lietuvā (skat. 3.5. att.).



Avots: autores veidots pēc Statistics Lithuania n.d.

3.4.att. Saimniecību skaits pa saimniecību lieluma grupām atbilstoši slaucamo govju skaitam Igaunijā 2001., 2003., 2005., 2007., 2010., 2013., 2016., 2020. un 2023. gadā

Mazo saimniecību skaits kopš 2001. gada mazinājās, savukārt izmaiņas vidējo un lielo saimniecību skaitā bija nestabilas, atsevišķos gados bija gan saimniecību skaita pieaugumi, gan arī samazinājumi, bet kopumā, salīdzinot saimniecību skaitu no 2001. gada līdz 2023. gadam, skaits ir samazinājies, izņemot saimniecības grupā ar 300 un vairāk govīm. Vislielākais samazinājums no 2001. gada līdz 2023. gadam tika novērots saimniecībās ar 1–2 govīm (samazinājās par 98,02%) un saimniecībās ar 3–9 govīm (samazinājās par 95,63%). Savukārt stabils pieaugums tika novērots tikai saimniecībās ar 300 un vairāk govīm – no 76 tūkst. 2001. gadā līdz 84 tūkst. 2023. gadā.

Ņemot vērā minētos apstākļus, ir būtiski analizēt, kā šīs strukturālās izmaiņas atspoguļojas kopējā piena ražošanas apjomā. 3.1. tabulā ir norādīts Latvijā, Lietuvā un Igaunijā saražotā piena daudzums (tūkstošos tonnu) no 2004. līdz 2023. gadam. Dati sniedz iespēju novērtēt ražošanas apjomu attīstības virzienus un salīdzināt to starp valstīm, kā arī identificēt, vai pieaugošais izslaukums kompensē ganāmpulku samazinājumu un izmaiņas saimniecību struktūrā.

3.1.tabula

Piena ražošanas apjoms un gada pieauguma tempi Baltijas valstīs, tūkst. tonnu

Gads	Latvija	Pieauguma temps (%)	Lietuva	Pieauguma temps (%)	Igaunija	Pieauguma temps (%)
2004	786,4		1848,7		652,4	
2005	810,3	3,04	1861,6	0,69	670,4	2,75
2006	815,1	0,59	1891,3	1,59	691,7	3,17
2007	841,6	3,25	1936,6	2,39	692,4	0,10

3.1.tabulas turpinājums

Gads	Latvija	Pieauguma temps (%)	Lietuva	Pieauguma temps (%)	Igaunija	Pieauguma temps (%)
2008	835,5	-0,72	1883,7	-2,73	694,2	2,59
2009	831,5	-0,47	1791	-4,92	671	-3,34
2010	834,5	0,36	1736,5	-3,04	671	0,00
2011	845,2	1,28	1786,4	2,87	692,9	3,26
2012	873,8	3,38	1778,1	-0,46	721,2	4,08
2013	915,1	4,72	1723,1	-3,09	772	7,04
2014	971,8	6,19	1795,1	4,17	805,2	4,30
2015	978,1	0,64	1738,5	-3,15	783,2	-2,73
2016	986,2	0,82	1627,7	-6,37	783,1	-0,01
2017	1000,1	1,40	1570,7	-3,50	790,6	0,95
2018	982,9	-1,71	1571,8	0,07	797,6	0,88
2019	978,9	-0,40	1551,1	-1,31	821,47	2,99
2020	988,2	0,95	1491,7	-3,82	848,06	3,23
2021	990,3	0,21	1476,9	-0,99	839,39	-1,02
2022	973,8	-1,66	1521,9	3,04	848,63	1,10
2023	962,2	-1,19	1472,9	-3,21	894,71	5,42

Avots: autores veidots pēc (CSP n.d.-d; Statistics Lithuania n.d; Statistics Estonia n.d.-d datiem).

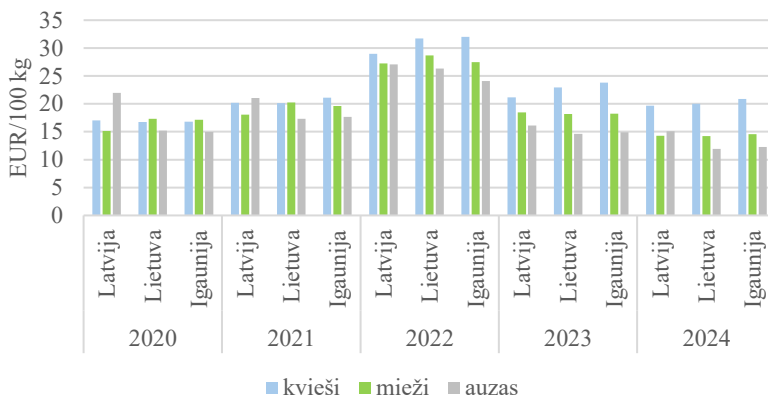
Latvijā ir novērojams stabils piena ražošanas apjoms ar nelielu pieauguma tendenci visā aplūkojamajā periodā, sākot no 786 tūkst. tonnām 2004. gadā. 2023. gadā saražotā piena daudzums sasniedza 962 tūkst. tonnu. 2007. gadā tika novērots augstākais saražotā piena apjoms (1000 tūkst. tonnu), kas 2018. gadā samazinājās (1,83%), bet kopējais apjoms tāpat saglabājās augstāks nekā Igaunijā.

Igaunijā ir novērojama līdzīga dinamika kā Latvijā – salīdzinoši stabils un mēreni pieaugošs piena ražošanas apjoms. 2004. gadā Igaunijas piena ražošanas apjoms bija 652 tūkst. tonnu un 2023. gadā tas pieaudzis līdz 895 tūkst. tonnu, kas ir tuvu Latvijas rādītājam attiecīgajā gadā.

Salīdzinot ar Latvijas un Igaunijas rādītājiem, Lietuva dominē piena ražošanas apjomā ziņā. Visā aplūkojamajā periodā Lietuvā ir novērojams augstākais piena ražošanas apjoms, kurā tika novērotas lejupslīdes, taču tāpat saglabājās būtiski augstākais rādītājs Baltijas valstīs. 2004. gadā Lietuvā saražoja 1849 tūkst. tonnu piena, bet 2023. gadā –1473 tūkst. tonnu. Neņemot vērā mēreno samazinājumu, kopējais saražotā piena apjoms joprojām ir būtiski lielāks nekā kaimiņvalstīs.

Kopumā var secināt, ka, neņemot vērā ganāmpulku apjoma, kā arī mazo saimniecību skaita samazinājumu, produktivitāte nav mazinājusies un atsevišķās valstīs ir pat pieaugusi.

Viens no būtiskiem faktoriem, kas ietekmē piena ražošanu, ir barības pieejamība, tās kvalitāte un cenas.



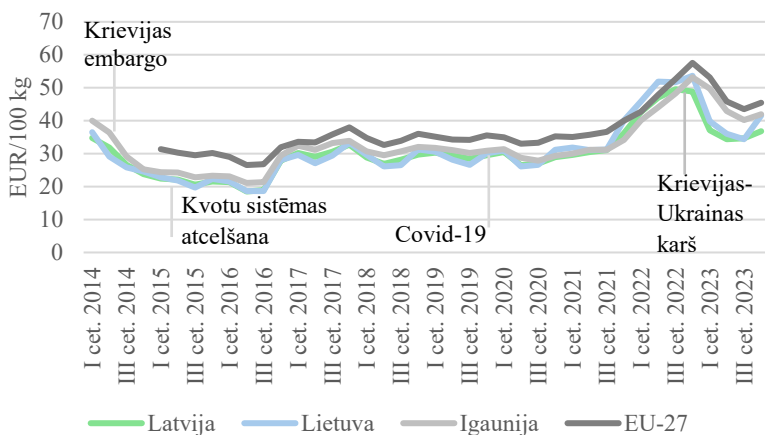
Avots: autores veidots pēc EUROSTAT n.d.-a datiem.

3.5. att. Graudaugu cenu izmaiņas Baltijas valstīs, 2020.–2024. gadā

Attēlā ir redzamas graudaugu cenu izmaiņas Baltijas valstīs pēdējos piecos gados, atspoguļojot tirgus dinamiku, kas ir nozīmīgi piena lopkopībā. 2022. gadā visās trijās valstīs tika novērots straujās cenu kāpums, kad kviešu cenas vidēji sasniedza 30 EUR/100 kg, miežu 27,90 EUR/100 kg un auzu 25,85 EUR/100 kg. Attiecīgajā gadā piena cenu kāpums bija cieši saistīts ar globālajām ekonomiskajām un ģeopolitiskajām norisēm, jo īpaši Krievijas iebrukumu Ukrainā, energoresursu cenu strauju pieaugumu un piegādes ķēžu traucējumiem. 2023. un 2024. gadā vērojama cenu mazināšanās tendence, tām stabilizējoties un tuvojoties pirmskrīzes līmenim. No graudaugiem augstākā cena visā periodā bija kviešiem, tad sekoja mieži, savukārt auzu cena bija zemākā.

3.2. Piena cenas Baltijas valstīs: analīze un tendences

Ražošanas apjomi un piena cenas ir savstarpēji saistīti faktori, kas atspoguļo tirgus piedāvājuma un pieprasījuma mijiedarbību. Piena cenas dažādās pasaules valstīs ir atšķirīgas, un to ietekmē vairāki ekonomiskie, sociālie un vides, kā arī dažādi politiskie apstākļi (Popescu et al., 2019). Piena ražošanas nozare ir samērā nestabila nozare, kurai ir raksturīgas ir straujas “krīzes”, kad piena iepirkuma cena samazinās zem piena ražošanas pašizmaksas, kā arī to ietekmē dažādi faktori, sākot ar laikapstākļiem (ietekmējot barības sagatavošanu un dzīvnieku labbūtību) līdz globālajām izmaiņām pasaulē Augustyńska-Grzymek et al., 2017). Līdz ar to arī piena iepirkuma cena Latvijā ir nestabila un bieži mainās, jo piena iepirkuma cena Baltijas valstīs ir cieši saistīta ar piena cenu pasaulē un ES.



Avots: autores veidots pēc EUROSTAT n.d.-a datiem.

3.6. att. Pasaules notikumu ietekmē uz vidēju svērto piena iepirkuma cenu EUR/100 kg Latvijā, Lietuvā, Igaunijā un ES-27

ES piena tirgu skāra piena krīze, kad 2014.–2016. gadā piena cena tika reģistrēta zemākajā līmenī. Šī cenu krīze ietekmēja arī cenas Baltijas valstīs un šajā periodā būtiski samazinājās piena iepirkuma cena. Šo cenu samazinājumu izraisīja Krievijas valdības noteiktais importa embargo ES lauksaimniecības produktiem, kas stājās spēkā 2014. gada 7. augustā, kā arī pasaules piena tirgus nestabilitāte un it īpaši straujš pieprasījuma samazinājums Āzijas tirgū, īpaši Ķīnā 2014. gada beigās (Salois, 2016). Ņemot vērā, ka Ķīna ir viena no lielākajām piena ražotājām pasaulē, tās ietekme uz pasaules tirgu, tostarp Baltijas valstīm, ir vērā ņemama (Bai et al., 2018). Šajā periodā Eiropas Komisija veica noteiktus pasākumus, lai jau laikus novērstu piena cenas krīzes sekas, – tika palielinātas investīcijas piena saimniecību modernizācijā, lai neatpaliktu no tehnoloģiskā progressa, tika stimulēta augstas produktivitātes govju audzēšana, lai varētu intensīvi ražot augstas kvalitātes pienu (Popescu et al., 2019).

Tomēr vislielākais cenu kāpums tika novērots 2022. gada otrajā pusē. Šo straujo pieaugumu ietekmēja Krievijas-Ukrainas karš, kas izjauca ražošanas un piegādes ķēdes, tādējādi būtiski pieauga mēslojuma, graudu un enerģijas resursu cenas, kas savukārt sadārdzināja piena pārstrādes izmaksas, kuras atspoguļojās piena produktu cenu kāpumā. Eksporta un importa ierobežojumi būtiski ietekmēja arī piena cenas, jo valstis bija spiestas pārskatīt savus tirdzniecības partnerus (Hassen & Bilali, 2022).

Vēl jāņem vērā, ka viens no faktoriem, kas ietekmē piena lopkopību, ir govju laktācijas periods un barības pieejamība (Paura & Arhipova, 2016). Tas nozīmē, ka vasarā, pavasarī un rudenī (kad ir pieejama svaiga lopbarība ar augstāku proteīna saturu) un govīs ir pēc atnešanās palielinās piena ražošana, un līdz ar to

piena cena mazinās, bet ziemā, kad piena ražošana mazinās jo ir caurmērā zemāka barības kvalitāte un govīs ir cietstāvošas, tirgū ir mazāk piena, piena cena palielinās. Darba autore ir izpētījusi sezonālītātes ietekmi uz piena cenām Baltijas valstīs un ES-27.

Rezultātā tika izsecināts, ka ziemas mēnešos, kad saražo mazāk piena, piena cenas ir augstākas nekā piena iepirkuma vidējā cena (*sezonālītātes indekss ir lielāks nekā 1*). It īpaši šī tendence vērojama Latvijā un analizējot kopējo ES-27 rādītāju. Savukārt vasaras mēnešos cenas ir zemākas nekā vidējā cena (*sezonālītātes indekss ir mazāks nekā 1*), kas var būt saistīts ar to, ka vasara periodā ražošana palielinās, veidojas piedāvājuma pārpalikumi un piena iepirkuma cenas mazinās. Baltijas valstīs cenu izmaiņas ir ļoti līdzīgas, kas norāda uz līdzīgo sezonālītātes ietekmes tendenci.

3.3. Augu izcelsmes piena alternatīvas

Analizējot tradicionālo piena lopkopību un tās tendences, ir būtiski ņemt vērā arī augu izcelsmes piena alternatīvu sektora pieaugošo nozīmi. Augu izcelsmes piena nozare ir piedzīvojusi strauju izaugsmi visā pasaulē, un šo tendenci sekmē patērētāju pieprasījums pēc laktozi nesaturošiem produktiem. Tāpat šo tendenci ir veicinājis vegānisms un tā paveidi, cilvēkiem izvēloties nelietot uzturā dzīvnieku izcelsmes produktus vai mazinot to lietošanu, tādējādi dažādojot uzturu un dzīvnieku izcelsmes produktus pilnībā vai daļēji aizstājot ar augu izcelsmes produktiem. Straujāks pieprasījums liek pārtikas uzņēmumiem attīstīt piena alternatīvu ražošanu uz augu bāzes (Park, 2021; Pontonio & Rizzello, 2021). Augu piens tiek iegūts no dažādām augu izcelsmes sastāvdaļām, piemēram, graudaugiem, pākšaugiem, riekstiem un augļiem (Pontonio & Rizzello, 2021). Sojas piens, kokosriekstu piens, mandeļu piens, rīsu piens un auzu piens ir populārākie augu izcelsmes piena veidi (Shori & Al Zahrani, 2022).

Ņemot vērā pieprasījuma pieaugumu, arī šāda piena pārdošanas apjomi ir auguši – no 2020. līdz 2022. gadam atsevišķās Eiropas valstīs ir novērojama šo produktu pārdošanas pieauguma tendence (2,85 miljrd. EUR 2020. gadā, 2,06 miljrd. EUR 2021. gadā un 2,21 miljrd. EUR 2022. gadā).

Šāds pieaugums atspoguļo patērētāju augošo interesi par dzērieniem, kas tiek ražoti no augu valsts izejvielām. 2022. gadā Vācija bija valsts ar visaugstāko augu izcelsmes piena pārdošanas apjomu, pārsniedzot 500 miljonus EUR, kamēr Polija attiecīgajā gadā sasniedza 82,5 miljonus EUR (Good Food Institute Europe, n.d.).

Attiecīgi augu izcelsmes piens un piena produkti (jogurts, biezpiens, siers u. c.) vairs netiek uztverti tikai kā nišas produkti vegāniem vai personām ar laktozes nepanesību, un šī tendence liecina par strukturālām pārmaiņām pārtikas patēriņa modeļos un liek tradicionālās piena lopkopības uzņēmumiem meklēt jaunas pielāgošanās stratēģijas, tostarp dažādojot savu produktu piedāvājumu ar augu izcelsmes produktu piedāvājumu (Haas et al., 2019). Jāpiebilst, ka ES un

Baltijas valstīs ir vairāki piena pārstrādes uzņēmumi, kam ir izdevies veiksmīgi pielāgot tradicionālo uzņēmuma darbību piena produktu pārstrādē un papildināt uzņēmuma piedāvājumu ar augu valsts piena aizstājējproduktu ražošanu, piemēram, “Valio” Somijā, kas piedāvā plašu “Oddlygood” auzu dzērienu un desertu klāstu, un “Tere” Igaunijā. Latvijā “Food Union” grupas uzņēmums “Rīgas piena kombināts” ir ieviesis tirgū augu valsts dzērienus un desertus ar zīmolu “Lakto Oat”, bet šobrīd ar šo zīmolu tiek ražots tikai viens produkts, līdz ar to šo produktu sortiments nav plašs un pārsvarā Latvijā pieejamās piena produktu augu piena alternatīvas tiek importētas.

Augu izcelsmes piena alternatīvu ražošanas pieaugums saistās arī ar vides ieguvumiem. Proti, dzīvnieku izcelsmes pārtikas ražošana, tostarp tradicionālā piena lopkopība, rada ievērojamu slogu ekosistēmām, jo tai ir raksturīgas augstas siltumnīcefekta gāzu emisijas, intensīva zemes izmantošana un ievērojams saldūdens resursu patēriņš (Geburt et al., 2022).

Kaut gan pieprasījums pēc augu izcelsmes piena alternatīvām pieaug un tam ir salīdzinoši mazāka ietekme uz vidi, tomēr ir jāņem vērā, ka šī nozare sastopas ar atsevišķiem izaicinājumiem – gan ES normatīvā regulējuma, gan šāda piena sastāva dēļ – un arī niansēm saistībā ar piena ražošanu. Piemēram, šobrīd ES tiesību akti pieļauj tikai dzīvnieku izcelsmes produktiem lietot nosaukumus “piens”, “siers” vai “sviests” (Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) Nr. 1308/2013 nosaka, ka termins “piens” apzīmē vienīgi parastu piena dziedzeru sekrētu) (Eiropas Parlaments un Padome, 2013). Šāda pieeja ierobežo augu piena ražotāju nosaukumu “piens”, tā vietā ražotāji izvēlas “augu dzēriens”.

Tāpat, neņemot vērā to, ka šāda veida produkti iegūst arvien lielāku popularitāti un pieprasījums pēc tiem aug, to uzturvērtība būtiski atšķiras no govju piena. Vairums augu izcelsmes dzērienu satur mazāk pilnvērtīgu olbaltumvielu, taukskābju un bioaktīvo komponentu, kā arī nesatur bioloģiski aktīvas vielas, piemēram, laktoferīnu, imūnglobulīnus, fosfolipīdus un nukleotīdus, kuri ir pieejami govju pienā (Park, 2021). Tādējādi to bioloģiskā vērtība ir zemāka, jo trūkst optimālas neaizstājamās aminoskābju kombinācijas, salīdzinot ar govju pienu (Karoui & Bouaicha, 2024). Tomēr jāatzīmē, ka augu izcelsmes dzērieni satur citus bioaktīvos savienojumus, piemēram, polifenolus un antioksidantus, kas var sniegt atšķirīgu fizioloģisko labumu, taču tie nav tieši salīdzināmi ar piena specifiskajām bioloģiski aktīvajām vielām (Aydar et al., 2020; Vashisht et al., 2024). Attiecīgi augu alternatīvas nevar uzskatīt par uzturvērtības ziņā ekvivalentām govju pienam.

Kopsavilkumā: augu izcelsmes piena produktu alternatīvu attīstība Eiropā norāda uz būtiskām pārmaiņām pārtikas patēriņa struktūrā, ko nosaka gan patērētāju ieradumu maiņa, gan vides ilgtspējas faktori.

3.4. Klasteru identificēšana piena lopkopībā ES

Lai labāk izprastu un analizētu piena lopkopības atšķirības ES, tika lietota klasteranalīze – datu izpētes metode, kuras mērķis ir identificēt līdzīgu objektu grupas, pamatojoties uz vairākiem raksturlielumiem. Šāda pieceja ļauj atklāt vēl nezināmas objektu grupas un klasificēt valstis pēc to līdzības piena lopkopības attīstības rādītājos, nepamatojoties uz iepriekš definētām grupām (Landau & Ster, 2010).

Pirmajā posmā tika veikta faktoru analīze, kuras vispārējais mērķis ir strukturēt un apkopot datus tā, lai mainīgo savstarpējās attiecības un likumsakarības būtu vieglāk interpretējamas un izprotamas. Šī metode parasti tiek izmantota, lai, pamatojoties uz kopīgo dispersiju, apvienotu mainīgos ierobežotā skaitā savstarpēji saistītu grupu (Young & Pearce, 2013). Otrajā posmā tika veikta klasteru analīze, kuras pamatā ir elementu izlases grupēšana tā, lai statistiskā dispersija starp vienā grupā iekļautajiem elementiem būtu minimāla, bet atšķirības starp grupām maksimālas, kas ļauj pārvarēt minēto ierobežojumu. Šī metode nodrošina iespēju konfigurāciju noteikšanā iekļaut vairākus mainīgos vienlaicīgi (Ketchen & Shook, 1996).

Analīzē izmantoti gan šajā darbā jau aplūkoti, gan papildus apkopoti rādītāji. ES valstu klasterizācija balstīta uz EUROSTAT 2023. gada datiem, bet trūkstošie dati atsevišķos gadījumos aizstāti ar iepriekšējo gadu vai, statistiski pamatoti, kaimiņvalstu datiem.

3.2. tabula

Klasteranalīzei apkopoto datu klasifikācija rādītāju grupās un rādītājos

Grupa	Rādītājs
Piena ražošanas kapacitāte	Slaucamo govju skaits, savāktā govju piena apjoms, apstrādāta piena izplatīšana, siera ražošana, sviesta ražošana, paskābinātā piena produktu ražošana, vājpiena pulveris, sūkalas
Tirgus dinamikas rādītāji	Piena pārdošanas cenas, augkopības produktu pārdošanas cenas, svaigpiena eksports, svaigpiena imports, darbinieku atlīdzība, lauksaimniecības zemes cenas, bioloģiskā govju piena cenas
Ekonomiskie un demogrāfiskie rādītāji	IKP uz vienu iedzīvotāju, IKP pieaugums, nodarbinātības līmenis, bezdarba līmenis, lauksaimniecības daļa IKP, iedzīvotāju skaita izmaiņas, iedzīvotāju skaits, teritorijas platība, lauksaimniecībā nodarbināto īpatsvars

Avots: autores veidots

Lai veiktu klasteranalīzi, vispirms tika veikta faktoranalīze, kuras rezultātā tika izveidoti kompleksie faktori. Pastāv divi statistiski rādītāji, kas tiek izmantoti, lai novērtētu datu piemērotību faktoru analīzei: Kaiser–Meyer–Olkin (*Kaiser-Meyer-Olkin*) (KMO) tests un Bartleta sfēriskuma tests.

Attiecīgi izejas datu matricas piemērotība faktoru analīzes veikšanai tika novērtēta, izmantojot KMO testu un Bartleta sfēriskuma testu. KMO rādītājs bija 0,632, kas pārsniedz minimālo pieļaujamo robežvērtību 0,5, apliecinot, ka datu kopa ir pietiekami piemērota turpmākai analīzei. Savukārt Bartleta tests uzrādīja p vērtību 0,000, kas ir mazāka nekā 0,05, norādot, ka mainīgo dispersijas būtiski atšķiras un dati ir statistiski pamatoti izmantošanai faktoru analīzē.

Lai optimizētu analīzes rezultātus, tika veikta korelācijas analīze, lai identificētu un izslēgtu tos rādītājus, kuru savstarpējā korelācija ar pārējiem datu kopas mainīgajiem bija nepietiekama. Analīzes gaitā tika konstatēti un no turpmākās apstrādes tika izslēgti vairāki rādītāji, kas uzrādīja vāju savstarpējo korelāciju, tie bija: sūkalas, augkopības produktu pārdošanas cenas, lauksaimniecības zemes cenas, bioloģiskā govju piena cenas, IKP pieaugums un bezdarba līmenis. Lai korelācija liecinātu par stipru saistību starp mainīgajiem, tai ir jābūt 0,30 vai lielākai (Yong & Pearce, 2013). Iepriekšminētajiem rādītājiem maksimālā korelācija ar citiem mainīgajiem nepārsniedza 0,3, turklāt atsevišķos gadījumos tās bija negatīva. Šāds rezultāts norāda uz vāju dispersiju ar pārējo datu kopu un ierobežotām iespējām veidot stabilu latentās struktūras aprakstu.

Lai labāk izprastu rādītāju savstarpējās attiecības, tika izveidota korelācijas matrica, kuras interpretācija ļāva identificēt mainīgo grupas ar augstu pozitīvu vai negatīvu savstarpējo korelāciju, un šo rezultātu izmantošana faktoru analīzē atklāja trīs kompleksu faktoru struktūru, kas skaidro 68,19% no kopējās dispersijas un kuras kopību vidējā vērtība (**0,632**) pārsniedz literatūrā noteikto 0,60 sliekšni Kaiser metodes piemērošanas uzticamības nodrošināšanai.

Pirmais kompleksais faktors (F1) raksturo piena ražošanas mērogu un ražošanas jaudu izmantošanu, un to var interpretēt kā *piena ražošanas faktoru*. Tas demonstrē ļoti augstas pozitīvas korelācijas ar apstrādātā piena izplatīšanas apjomu (0,976), iegūtā piena daudzumu (0,972), siera ražošanu (0,960), slaucamo govju skaitu (0,959), darbinieku atlīdzību (0,959), paskābināto piena produktu ražošanu (0,933), sviesta ražošanu (0,886) un vājpiena pulvera ražošanu (0,849).

Otrais kompleksais faktors (F2) galvenokārt raksturo nozares pieprasījumu, un to var interpretēt kā *tirgus aspektu*. Tas ir cieši saistīts ar iedzīvotāju skaita izmaiņām (0,778), nodarbinātības līmeni (0,687) un iekšzemes kopproduktu uz vienu iedzīvotāju (0,677), kas norāda uz ekonomiskās labklājības un demogrāfisko faktoru nozīmīgo lomu tirgus pieprasījuma veidošanā.

Trešais kompleksais faktors (F3) raksturo makroekonomisko un ārējās tirdzniecības vidi. Tas uzrāda ļoti augstas pozitīvas korelācijas ar svaigpiena importu (0,976) un piena pārdošanas cenām (0,972), atspoguļojot ārējā tirgus dinamiku un ietekmi.

Pamatojoties uz faktoranalīzes rezultātiem, nākamajā posmā tika veikta klasteru analīze, lai grupētu vienības pēc līdzības identificētajos faktoros.

Faktoru nozīmība klasteru veidošanā tika pārbaudīta ar dispersijas analīzi (ANOVA), vērtējot dispersiju starp klasteriem un to iekšienē; statistiski nozīmīgas atšķirības tika konstatētas, ja Nozīmības vērtība Sig. (p-vērtība) < 0,05 (Henson, 2015). Iegūtie rezultāti liecina, ka visi trīs faktori ir statistiski nozīmīgi, jo visos gadījumos Sig. < 0,05, kas norāda uz būtiskām atšķirībām starp klasteriem.

Izmantojot Elbow metodi (*Elbow rule*) tika noteikts **klasteru skaits – 6**. Elbow metode balstās uz izkliedes samazinājuma un pieauguma attiecību analīzi, identificējot punktu, kur papildu klasteru pievienošana vairs nenodrošina būtisku izkliedes samazinājumu (Thorndike, 1953).

1. *klasterim* ir raksturīgs izteikts piena ražošanas faktors, kas liecina par ražošanas jaudas dominanci, bet ar ierobežotu tirgus un makroekonomisko faktoru stimulējošo efektu. Šajā klasterī iekļaujas Spānija, Francija, Itālija un Polija. Šajā klasterī esošās valstis izceļas ar augstu piena ražošanas kapacitāti un labi attīstītu pārstrādes nozari. Šīm valstīm ir raksturīgs liels slaucamo govju skaits (2023. gadā Spānijā bija 785 tūkst., Francijā 3164 tūkst., Itālijā 1808 tūkst. un Polijā 2243 tūkst.) un saražotā piena daudzums (kopā 2023. gadā šīs valstis ražoja 56718,61 tūkst. tonnu piena), kas veido ievērojamu daļu ES kopējā saražotā piena daudzuma.

2. *klasterī* ir salīdzinoši zemāki rādītāji visos trijos faktoros, īpaši tirgus aspektos. Šis klasteris raksturo valstis ar ierobežotu nozares kapacitāti un zemāku pieprasījumu. Šajā klasterī atrodas Bulgārija, Grieķija, Horvātija, Rumānija un Latvija. No visām valstīm vistuvāk klastera centram atrodas Bulgārija, savukārt Latvija ir salīdzinoši tālu no 2. klastera centra. Šajā klasterī ietilpstošās valstis raksturo zemāka piena ražošanas intensitāte un vājāka tirgus attīstība. Dati par 2023. gadu liecina, ka šajās valstīs piena ražošana ir būtiski mazāka nekā Eiropas vadošajos piena tirgos. Lielākajā daļā šo valstu arī piena iepirkuma cenas ir zemākas nekā vidējā ES (kas 2023. gadā bija 47 EUR/100 kg), piemēram, Latvijā 2023. gadā cena bija 35 EUR/100 kg un Rumānijā 45 EUR/100 kg.

Pēc piena ražošanas faktora 3. *klasteris* ir līdzīgs 2. klasterim, tomēr šajā klasterī atrodas valstis ar labvēlīgākiem tirgus apstākļiem. Šajā klasterī atrodas visvairāk valstu – 11 –, un vistuvāk centram atrodas Somija. Pārējās valstis ir Beļģija, Igaunija, Kipra, Lietuva, Ungārija, Austrija, Portugāle, Slovēnija, Slovākija, un Zviedrija. Šajā klasterī apvienotas valstis ar vidēju piena ražošanas intensitāti, līdzsvarotu tirgus struktūru un stabilu makroekonomisko vidi, kas kopumā nodrošina efektīvu un noturīgu piena ražošanas modeli. Kopumā šajā valstīs piena ražošanas apjomi ir mēreni, tomēr to kompensē labi organizēts piena tirgus. Baltijas valstis iezīmē skaidru strukturālu atšķirību piena nozares attīstības līmenī, kas atspoguļojas arī klasteru analīzes rezultātos. Igaunija un Lietuva atrodas 3. klasterī, savukārt Latvija 2. klasterī, ko atšķirībā no 3. klastera raksturo vājāks tirgus. Attiecīgi Lietuva un Igaunija atrodas klasterī, kur valstis spēj saglabāt stabilu iepirkuma cenu līmeni, kas nodrošina augstāku ienākumu un konkurētspēju. Savukārt Latvijā saglabājās zemāks iepirkuma cenu līmenis,

kas kopā ar mazāku pārstrādes sektoru un vājāku eksporta pozīciju nosaka tās piederību 2. klasterim.

4. *klasteris* izceļas ar augstu tirgus aspektu vērtību, vidējiem rādītājiem piena ražošanā un nedaudz negatīvu makroekonomisko vidi. Tas ir raksturīgs valstīm ar spēcīgu pieprasījumu (augstāka pirktspēja, iedzīvotāju skaita dinamika), kā arī stabilizētu ražošanas līmeni. Šajā klasterī atrodas Čehija, Dānija, Luksemburga, Malta un Nīderlande; tipiskākā valsts šajā klasterī ir Dānija, bet vismazāk tipiska – Nīderlande. Šajā klasterī piena ražošanas apjomi nav dominējošais aspekts, taču tirgus efektivitāte, cenu stabilitāte un pārstrādes spēja ievērojami pārsniedz ES vidējo līmeni. Tādējādi šo valstu priekšrocība nav ražošanas apjoma palielināšana, bet gan efektīvāka ražošana, lielāka pievienotā vērtība pārstrādē un līdzsvarots tirgus.

5. *klasterim* piemīt augsts ražošanas faktors un ievērojami tirgus aspekti. Tas norāda uz valsti ar izteiktu ražošanu, un klasterī ir tikai viena valsts, kura ir tipiskākā klastera pārstāve, – Vācija –, kurai piemīt ievērojami augstāks ražošanas līmenis ar 31 423 tūkst. tonnu saražotā govju piena daudzuma 2023. gadā, kas veido gandrīz piekto daļu kopējā ES piena ražošanas apjoma. Tomēr Vācijas atrašanās atsevišķajā klasterī nav tikai lielā saražotā piena daudzuma dēļ, bet arī tādēļ, ka valsti raksturo augsta pārstrādes sektora koncentrācija un integrācija starp piena kooperatīviem, rūpniecību un eksportu (Wehner et al., 2022).

Un pēdējā, 6. *klasterī*, dominē makroekonomiskās vides faktors, bet piena ražošanas un tirgus aspekti ir mēreni pozitīvi. Arī šajā klasterī atrodas tika viena valsts, tā ir Īrija. Īrijā ir viens no augstākajiem IKP uz iedzīvotāju (96 290 EUR 2023. gadā) un augsts eksporta īpatsvars (158 656 tonnu 2023. gadā). Tas nozīmē, ka piena lopkopība darbojas valsts kopējās ekonomiskās stabilitātes ietvarā, un attiecīgi saimniecībām ir pieejams finansējums attīstībai un eksporta infrastruktūra. Tāpat Īrijas piena lopkopība ir nozīmīgākais ienākumu avots ģimenes saimniecībām valstī, proti, šī nozare nodrošina visaugstāko saimniecību ienākumu līmeni starp visām lauksaimniecības nozarēm, un tās turpmākā attīstība tiek pamatota ar ganību ražīguma paaugstināšanu, lopu auglības uzlabošanu un barības izmaksu samazināšanu, kas stiprina Īrijas piena lopkopības noturību un ilgtspēju (Teagasc, 2023).

Kopumā klasteru analīzes rezultāti norāda uz būtiskām atšķirībām Eiropas valstu piena lopkopībā. Vienlaikus rezultāti sniedz arī būtisku pamatu turpmākajai scenāriju izstrādei, jo tie skaidri parāda Latvijas piena lopkopības atšķirīgo pozicionējumu salīdzinājumā ar Lietuvu un Igauniju. Latvijas piederība klasterim ar vājākiem strukturālajiem un tirgus rādītājiem ļauj identificēt konkrētās attīstības vājās vietas, kuras ir jāmodelē turpmākajos AGMEMOD scenārijos.

4. METODOLOĢIJA UN REZULTĀTI LATVIJAS PIENA LOPKOPĪBAS SCENĀRIJU MODELĒŠANĀ

Nodaļas saturs darbā aizņem 27 lpp., kurās ietilpst 8 tabulas un 17 attēli.

Ceturtajā nodaļā, izmantojot AGMEMOD modeli, tika analizēta Latvijas piena lopkopības iespējamā attīstība divos scenārijos, izvērtējot slaucamo govju skaita, vidējā izslaukuma un kopējā saražotā piena apjoma dinamiku. Nodaļā aplūkota datu aktualizācijas un vienādojumu pārkalibrēšanas ietekme uz bāzes scenāriju, kā arī izstrādāti un salīdzināti alternatīvi attīstības scenāriji, kas atspoguļo atšķirīgus saimniecību modernizācijas tempus un to ietekmi uz nozares strukturālajām pārmaiņām. Papildu uzmanība pievērsta Baltijas valstu piena iepirkuma cenu veidošanās mehānismiem AGMEMOD modelī. Nodaļas noslēgumā scenāriji validēti, izmantojot TOPSIS metodi, kas ļāva identificēt piemērotāko scenāriju.

AGMEMOD galvenokārt tiek izmantots, lai izveidotu bāzes scenāriju “Baseline”, kas ir lauksaimniecības tirgus turpmākās attīstības scenārijs, pamatojoties uz vēsturisko attīstību. Šāds scenārijs pamatojas uz pieņēmumiem par eksogēniem mainīgajiem, kas tiek noteikti ārpus modeļa (Salamon et al., 2019). Ir būtiski ņemt vērā, ka bāzes scenārijs un arī alternatīvi veidotie scenāriji netiek uzskatīti par nākotnes prognozēm, bet par iespējamiem tirgus attīstības scenārijiem.

Ņemot vērā modeļa mērķi un darbības principus, darbā tika veiktas vairākas metodoloģiskās darbības, kas ļāvu nodrošināt scenāriju identificēšanu, izstrādi un arī analīzi.

1. solis “Ekspertu intervijas”. Autore veica intervijas ar nozares ekspertiem, lai iegūtu dziļāku izpratni par piena lopkopības attīstības tendencēm, problēmām un potenciālajiem virzieniem nākotnē.

2. solis “Scenārija identificēšana”. Autore identificēja divus scenārijus: A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” un A2 “Ierobežota saimniecību modernizācija”.

3. solis “Datubāzes papildināšana”. Autore veica AGMEMOD datubāzes papildināšanu un atjaunošanu ar Latvijas datiem, kas ļāva modelim darboties ar aktuāliem ievades datiem, tādējādi nodrošinot prognožu ticamību tendencēm, problēmām un potenciālajiem virzieniem nākotnē.

4. solis “Vienādojumu pārkalibrēšana un pielāgošana”. Autore veica modeļa Latvijas vienādojumu pārskatīšanu, īpašu uzmanību pievēršot tiem, kas tieši ietekmē scenārija izstrādi un paredzamo rezultātu dinamiku nodrošinot prognožu ticamību tendencēm, problēmām un potenciālajiem virzieniem nākotnē.

5. solis “Scenārija izstrāde”. Autore izveidoja jaunu “Baseline” jeb pamatscenāriju, kurā tika integrēti aktualizētie dati un vienādojumi; tas kalpoja

kā atskaites punkts, attiecībā pret kuru tika salīdzināti turpmāk izstrādātie scenāriji.

6. solis “Iegūto rezultātu novērtēšana”. Autore veica scenārija iegūto rezultātu izvērtēšanu, izmantojot TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) metodi.

Pirmā soļa mērķis bija identificēt aktuālās strukturālās pārmaiņas piena lopkopībā, kā arī apzināt galvenos izaicinājumus un iespējamās attīstības virzienus. Iegūtā informācija kalpoja par pamatu scenāriju strukturēšanai un modelēšanas virzienu izvēlei.

Intervijas tika rīkotas laikposmā no 2025. gada 6. maija līdz 13. jūnijam. Tika intervēti šādi eksperti:

- Raimonds Jakovickis – Zemnieku saeimas lopkopības eksperts;
- Ieva Krustiņa – biedrības “Latvijas Holšteinas šķirnes lopu audzētāju asociācija” izpilddirektore;
- Dr. agr. Daina Jonkus – Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes profesore, vadošā pētniece;
- Aldis Kļaviņš – ZS “Ceriņi” saimnieks.

Izvēlētie eksperti pārstāv atšķirīgus piena lopkopības līmeņus – institucionālo, akadēmisko un praktisko, tādējādi nodrošinot ražošanas, selekcijas, politikas un pētniecības dimensiju pārklājumu. Šāda daudzpusīga pārstāvība ļāva analizēt nozares strukturālās pārmaiņas gan no stratēģiskā un politikas veidošanas skatpunkta, gan no saimnieciskās darbības un produktivitātes perspektīvas.

Lai nodrošinātu sistemātisku pieeju, tika izstrādātas interviju vadlīnijas, kas aptvēra šādus tematiskos blokus: saimniecību struktūras dinamika, tehnoloģiju ieviešana un darbaspēka efektivitāte, piena kvalitātes un selekcijas prioritātes, piena pārstrādes kapacitāte un tirgus izaicinājumi, kā arī klimata politikas ietekme uz nozari.

Lai identificētu galvenos ietekmējošos ārējos faktorus, ir veikta PESTEL (*Political, Economic, Sociological, Technological, Environment and Legal*) analīze, kas pamatojas uz ekspertu interviju rezultātiem.

Veiktā PESTEL analīze ļauj izdarīt būtiskus secinājumus par Latvijas piena lopkopības attīstības tendencēm un ārējās vides ietekmi. Piemēram, politiskā un tiesiskā nenoteiktība rada ievērojamus riskus nozares ilgtspējai, savukārt tehnoloģiskās pārmaiņas paātrina saimniecību strukturālās atšķirības, proti, lielās un modernizētās saimniecības kļūst konkurētspējīgākas, kamēr mazo saimniecību skaits mazinās.

Vienlaikus arī klasteranalīzes rezultāti kalpoja kā pamatojums scenāriju izstrādei, jo tie parādīja, ka Latvijas atrodas 2. klasterī kopā ar valstīm, kurām ir raksturīgi zemāki ražošanas un tirgus rādītāji. Attiecīgi ir jāizstrādā un jāizvērtē tāds scenārijs, kur Latvijas piena lopkopība tiecas uz attīstītāku klasteri (piemēram, 1. klasteri), kā arī tādu, kur nozare saglabā esošo attīstības līmeni un attiecīgi arī klasteri.

Ņemot vērā iepriekšminēto, tika identificēti divi scenāriji.

- **A scenārijs “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija”** atspoguļo situāciju, kurā tiek saglabāts stabils atbalsts saimniecību modernizācijai un lielākā daļa saimniecību spēj īstenot pakāpenisku tehnoloģiju ieviešanu. Modernizācijas process rada priekšnoteikumus ilgtspējas mērķu sasniegšanai, īpaši resursu izmantošanas pilnveidošanas un vides prasību ievērošanas jomā.
- **A2 scenārijs “Ierobežota saimniecību modernizācija”** paredz situāciju, kad ilgtspējas mērķu īstenošanu kavē neskaidrs un mainīgs normatīvais ietvars, kas ierobežo saimniecību investīciju piesaisti. Rezultātā modernizācija notiek lēnāk un ierobežotāk.

Ņemot vērā izstrādāto scenāriju būtību un to ietekmes raksturu, tika identificēti rādītāji, kuriem ir nepieciešama papildināšana vai precizēšana, lai nodrošinātu pilnvērtīgu scenāriju izvērtējumu, – kopējais saražotā piena daudzums, vidējais izslaukums no vienas govns un kopējais slaucamo govju skaits. Tie ļauj skaidri kvantificēt, kā pakāpeniska modernizācija vai stagnācija regulatīvās nenoteiktības dēļ ietekmēs piena ražošanu, efektivitāti un ganāmpulka dinamiku.

4.1. AGMEMOD datubāzes papildināšana, vienādojumu pielāgošana un scenāriju izveide

AGMEMOD modelis pamatojas uz valsts datubāzēm (*country databases*), kurās tiek ievadīti vēsturiskie dati par attiecīgās nozares rādītājiem, tostarp ražošanas apjomiem, cenām, importa un eksporta plūsmām, kā arī citiem būtiskiem indikatoriem. Lai “Baseline” scenārijs tiktu veidots, iekļaujot arī vēsturiskos datus un tendences, ir būtiski aktualizēt datubāzi (papildināt ar trūkstošiem datiem vai aktualizēt esošos datus).

Latvijas piena lopkopības datubāze tika papildināta ar aktuālajiem datiem attiecībā uz kopējo piena ražošanas apjomu, slaucamo govju skaitu, vidējo izslaukumu no vienas govns un piena iepirkumu cenām. Minētie rādītāji tika atjaunoti un papildināti, aptverot 2021.–2023. gadu, lai nodrošinātu modeļa saskaņotību ar jaunākajām nozares tendencēm. Datu pilnveide tika veikta, izmantojot Centrālās statistikas pārvaldes (CSP) publicēto informāciju.

Dati tika atjaunoti iepriekšminētajiem rādītājiem, jo tie ir būtiskākie piena ražošanas procesus raksturojošie indikatoru, kā arī tie veido savstarpēji saistītu sistēmu modeli, kurā, piemēram, kopējais slaucamo govju skaits ir tieši atkarīgs no to produktivitātes līmeņa (izslaukuma uz vienu govni) un kopēja saražota piena apjoma. Līdz ar to kļūdas vai neatbilstības jebkurā no šiem elementiem tieši ietekmē modeļa galarezultātus.

Pēc datu atjaunošanas saražotām piena daudzumam tika novērota būtiska “Baseline” korekcija uz leju (no 1280 tūkst. t uz 1187 tūkst. t), kas norāda uz sākotnēji pārvērtētiem piena ražošanas apjomiem modelī.

Datu precizēšana būtiski ietekmēja arī slaucamo govju skaita prognozi – 2024. gadā “Baseline” paredzēja 174 tūkst. slaucamo govju, savukārt pēc datu atjaunošanas prognoze samazinājās līdz 158 tūkst. govju.

Vidēja piena izslaukuma datu precizēšana ļāva iekļaut vēsturiskus datus prognozē un tā sāka veidoties no 2024. gada, nevis 2006. gada kā bija sākotnēji.

Vēl viens rādītājs, kura dati tika pārskatīti un aktualizēti, ir piena iepirkuma cena. Sākotnēji modelī izmantotie dati neatbilda CSP oficiālajiem rādītājiem, sākot no 2000. gada, līdz ar to tika veikta datu precizēšana. Tāpat datubāze tika papildināta ar trūkstošajiem datiem par 2021.–2023. gadu. Vienlaikus tika konstatēts, ka vienādojums neiekļāva vēsturiskos datus. Pēc datubāzes atjaunošanas prognoze sāka veidoties no 2024. gada.

Datu atjaunošana bija būtisks posms, lai atjaunotu vēsturisko datu nepārtrauktību. Kopumā šāda datu precizēšana ļāva nodrošināt modeļa atbilstību faktiskajiem apstākļiem.

Lai nodrošinātu atbilstošu Latvijas piena lopkopības attīstības atspoguļojumu un kvalitatīvu scenārija izstrādi, tika veikta atsevišķu AGMEMOD modeļa vienādojumu pārkalibrēšana un pielāgošana. Attiecībā uz vienādojumu pārskatīšanu ir būtiski ņemt vērā, ka katrā valstī vienādojumi var atšķirties, ņemot vērā konkrētās valsts specifiku. Latvijas vienādojumi attiecībā uz tādiem rādītājiem kā kopējais saražotā piena daudzums, slaucamo govju skaits un vidējais izslaukums no vienas govs visdrīzāk netika pārskatīti kopš 2017. gada, jo AGMEMOD datnē *ModelEquations* nav iekļauta informācija par aktuālo datumu, kad vienādojums tika pārskatīts.

Autore sāka ar vienādojumu, kas ir attiecināms uz piena izslaukumu uz vienu govi, jo šis rādītājs atspoguļo ražošanas efektivitāti un kalpo kā viens no indikatoriem, lai izvērtētu produktivitātes izmaiņas piena lopkopībā. Pēc tam tika pārskatīts kopējā saražotā piena daudzuma vienādojums.

Abos gadījumos “Baseline” prognoze pēc datu aktualizēšanas tika koriģēta un 2024. gadā būtiski pietuvinājās faktiskajiem CSP novērojumiem (vidējām izslaukumam aprēķinātais izslaukuma rādītājs sasniedz 8124 kg uz vienu govi un šī vērtība ir tuva faktiskajai CSP reģistrētajai vērtībai attiecīgajā gadā – 8239 kg, savukārt kopējām saražotā piena daudzumam starpība veidoja 58 tūkst. t., savukārt iepriekšējā vienādojumā starpība bija būtiskāka – 228 tūkst. t.), tādējādi uzlabojot modeļa atbilstību reālajai situācijai.

Savukārt slaucamo govju skaita vienādojums netika pārskatīts, jo tā pamatā ir saražotā piena daudzums un vidējais piena izslaukums no vienas govs un abi vienādojumi tika iepriekš pārskatīti. Pēc attiecīgo vienādojumu precizēšanas AGMEMOD automātiski pārrēķināja rezultātus attiecīgajam rādītājam.

Tikai pēc AGMEMOD datubāzes papildināšanas un vienādojumu pārskatīšanas tika uzsākta scenāriju izstrāde, jo šie iepriekšējie posmi nodrošina atbilstošu bāzi un metodoloģisko konsekvenci turpmākai modelēšanai.

Scenārija A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” izstrāde

Lauksaimniecības attīstība arvien vairāk pamatojas uz produktivitātes celšanu, izmantojot modernās tehnoloģijas. Šī pieeja tostarp attiecas uz piena lopkopību, kur piena izslaukuma pieaugums ir cieši saistīts ar precīzākām barošanas metodēm, dzīvnieku veselības pārraudzības risinājumiem, automatizāciju un digitalizāciju, kā arī ģenētiskā selekcija ir vēl viens ilgtermiņa produktivitātes virzītājs piena lopkopībā. Pētījumos tika konstatēts, ka izslaukumam ir vidēji augsta mantojuma pakāpe, kas nodrošina efektīvu atlasu un noturīgu ražīguma pieaugumu vairākās paaudzēs. (Hassoun et al., 2023; Abiri et al., 2023; Méndez-Zambrano et al., 2023; Lee et al., 2019).

Šādu tehnoloģiju lietošana ļauj gan mazināt darbaspēka vienības izmaksas, gan uzlabot dzīvnieku labturības rādītājus, laikus identificējot novirzes veselības stāvoklī un pielāgojot vadības lēmumus reāllaikā. Vienlaikus šie risinājumi veicina ilgtspējīgu lauksaimniecību un mazina nozares ietekmi uz vidi (Hassoun et al., 2023; Abiri et al., 2023; Méndez-Zambrano et al., 2023).

Tāpat dažādos ES pārskatos ir norādīts, ka turpmākā izaugsme piena nozarē tiks sasniegta, nevis palielinot ganāmpulku skaitu, bet uzlabojot esošo dzīvnieku produktivitāti, kas ir cieši saistīta ar tehnoloģiju ieviešanu saimniecībās (European Commission, 2024; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2025).

Tāpat klasteranalīzes rezultāti parādīja, ka Latvija šobrīd atrodas klasterī ar zemāku produktivitāti un vājāku tirgu, salīdzinot ar kaimiņvalstīm. Saimniecību modernizācija ļautu palielināt produktivitāti un tādējādi iekļauties konkurētspējīgākā klasterī, kurā dominē valstis ar augstāku tehnoloģisko nodrošinājumu, efektīvākām ražošanas sistēmām un stabilāku pozīciju starptautiskajos tirgos.

Tāpat valstī pastāv garantijas instrumenti lauksaimniecībai, kuru pārvalda AS “Attīstības finanšu institūcija Altum” (ALTUM). Šo instrumentu mērķis ir veicināt finanšu resursu pieejamību lauksaimniecības un lauku uzņēmumiem, īpaši, ja tiem trūkst pietiekama nodrošinājuma banku kredītu saņemšanai (ALTUM, n.d.). Tomēr mazajām un vidējām saimniecībām Latvijā kredītu pieejamība joprojām ir būtiski ierobežota. Galvenie šķēršļi ir nepietiekams nodrošinājums, ierobežots pašu kapitāls un nelielais zemnieku saimniecību finanšu apgrozījums, kas bieži neatbilst komercbanku prasībām (Grivins et al., 2021).

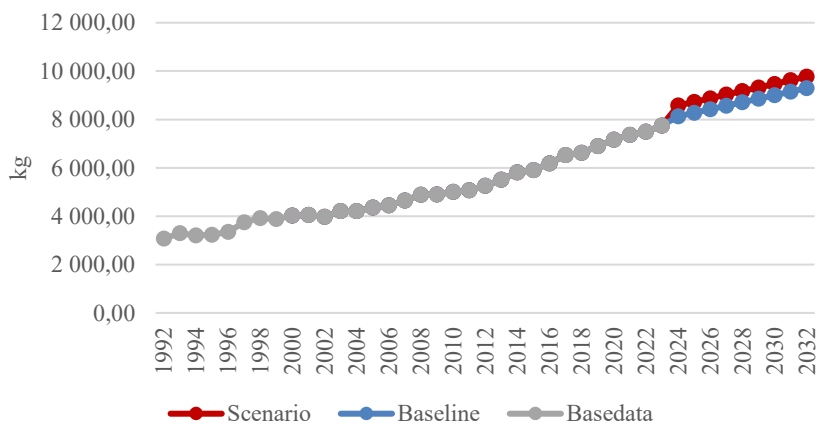
Būtiski ir minēt arī prakses pārņemšanu saimniecībās, kas ļauj iepazīties ar jaunajām tehnoloģijām un redzēt, kā tās darbojas praksē (Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs, n. d.-c).

Ņemot vērā līdz šim novērotās attīstības tendences, kā arī ekspertu intervijās pausto par to, ka Latvijā tiek novērota tehnoloģiju attīstības tendence piena lopkopībā, tiek pieņemts, ka saimniecību modernizācija un tehnoloģiju ieviešana un attīstība Latvijas piena ražošanas nozarē turpināsies arī nākotnē.

Scenārija A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” ietvaros tiek modelēta mērķtiecīga un strukturēta saimniecību modernizācija, kas tostarp iekļauj tehnoloģiju integrāciju ražošanas procesos, paredzot šo pārmaiņu īstenošanos kā būtisku faktoru produktivitātes pieauguma nodrošināšanā ilgtermiņā.

Scenārijs tiek modelēts, izmantojot vidējā izslaukuma no vienas govys vienādojumu, jo gan ekspertu vērtējumi, gan ES politikas dokumenti norāda, ka nozares turpmākā attīstība balstīsies uz ražīguma pieaugumu, nevis ganāmpulka palielināšanu. Modelī vidējais izslaukums ir funkcionāli saistīts ar govju skaitu, tādēļ produktivitātes kāpums ļauj nodrošināt tirgus pieprasījumu ar mazāku dzīvnieku skaitu. Modelī tehnoloģiju un modernizācijas ietekme tiek atspoguļota ar trenda komponenti TREND70, kuras koeficients scenārijā palielināts no 147 līdz 150 (2,04%), modelējot pakāpenisku produktivitātes pieaugumu. Lai saglabātu atbilstību pēdējo novēroto gadu datiem, tika veikta vienādojuma brīvā locekļa kalibrēšana, izmantojot *Intercept Calibration Tool*, nodrošinot vienmērīgu pāreju no vēsturiskajiem datiem uz prognozēto periodu.

Scenārija A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” rezultāti, kuros tika modelēta tehnoloģiju pakāpeniska ieviešana Latvijas piena lopkopības saimniecībās, norāda uz pozitīvu ietekmi uz vidējo izslaukumu no vienas govys ilgtermiņā.



Avots: AGMEMOD rezultāti

4.1. att. Scenārija A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” rezultāti, kg

“Baseline” scenārijs 2032. gadā paredzēja izslaukumu 9295 kg, savukārt saskaņā ar pakāpenisku saimniecību modernizācijas scenāriju šī vērtība pieauga līdz 9769 kg. Tas nozīmē, ka, salīdzinot ar sākotnējo attīstības trajektoriju, prognoze pieaug par 474 kg jeb aptuveni 5,1%. Šāda atšķirība norāda uz mērķtiecīgu tehnoloģisko potenciālu piena ražošanas efektivitātes paaugstināšanā.

Minētā scenārija ietvaros tika ietekmēti arī citi būtiski piena ražošanas parametri – slaucamo govju skaits un kopējais saražotā piena daudzums.

4.1. tabula

Relatīvā atšķirība starp scenāriju A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” un scenāriju “Baseline”, %

Rādītājs	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Slaucamo govju skaits	-5,24	-5,38	-5,33	-5,28	-5,23	-5,18	-5,13	-5,08	-5,03
Kopējais saražotā piena daudzums	0,00	-0,20	-0,20	-0,21	-0,20	-0,20	-0,19	-0,19	-0,19

Avots: AGMEMOD rezultāti.

Tabulā ir redzams, ka pēc tehnoloģiju ieviešanas scenārija slaucamo govju skaits prognozes periodā ir par aptuveni 5,0–5,4% mazāks nekā “Baseline”, tomēr starpība pakāpeniski samazinās (no –5,24% 2024. gadā līdz –5,03% 2032. gadā). Vienlaikus kopējais saražotā piena apjoms praktiski saglabājas nemainīgs (vidējā novirze –0,19%), kas apliecina, ka produktivitātes pieaugums uz vienu govī kompensē ganāmpulka samazinājumu un atbilst nozares strukturālo pārmaiņu virzienam.

Ņemot vērā scenārijā A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” modelēto pakāpenisko tehnoloģiju ieviešanu Latvijas piena lopkopībā, tika modelēts arī alternatīvs attīstības ceļš, kas paredz lēnāku modernizācijas tempu un ierobežotu tehnoloģiju ieviešanu saimniecībās, ko ietekmē institucionālie un arī strukturālie šķēršļi.

Scenārija A2 “Ierobežota saimniecību modernizācija” izstrāde

Lauksaimniecība ES un Latvijā arvien vairāk tiek pakļauta vides un klimata politikas prasībām, ko nosaka tādi dokumenti kā Eiropas zaļais kurss, ES metāna emisiju mazināšanas stratēģija un Latvijas KLP 2023.–2027. gadam. Šīs prasības veicina ilgtspējīgāku ražošanu, taču vienlaikus palielina izmaksu slogu un nenoteiktību saimniecībām, kas plāno investīcijas tehnoloģijās.

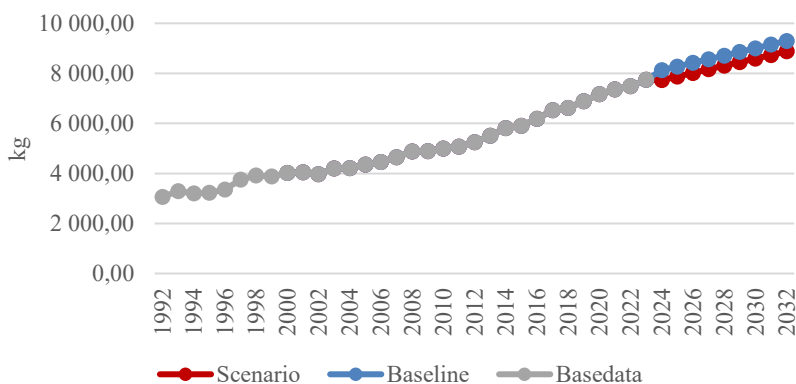
Vienlaikus saskaņā ar Eiropas Revīzijas palātas 2024. gada ziņojumu KLP neatbilst ES klimatiskajām un vides iecerēm un tajā trūkst svarīgu elementu, ar kuriem varētu novērtēt zaļo veiktspēju, kā arī mērķi nav pietiekami skaidri un rādītāji nav vērsti uz rezultātiem. Šajā ziņojumā ir norādīts, ka attiecībā uz

lauksaimniecības SEG emisijām Latvijā KLP stratēģiskajā plānā nav noteikta ne valsts mērķvērtība, ne arī aprakstīts paredzamais ieguldījums šo emisiju mazināšanā (Eiropas Revīzijas palāta, 2024). Tas nozīmē, ka ES nav arī instrumentu, ar ko stimulēt zaļo kursu un tostarp SEG emisiju samazinājumu, un tas rada politikas nenoteiktību (Changing Markets Foundation, 2023).

Latvijā tostarp pastāv laika nobīde starp politikas ieviešanu un investīciju cikliem – piemēram, Atveseļošanas fonda (*The Recovery and Resilience Facility*) finansējums beidzas 2026. gadā, kamēr metāna regulējuma prasības vēl tiek precizētas Finanšu ministrija, 2025). Augstais administratīvais slogs kavē finansējuma apguvi un atsevišķos gadījumos ierobežo pieejamo līdzekļu izmantošanu (Zemkopības ministrija, 2024b).

Vienlaikus saimniecību modernizācijas tempu Latvijā būtiski ierobežo strukturālie faktori, īpaši mazajās saimniecībās, kurām raksturīga zema ekonomiskā aktivitāte, ierobežota pieeja kapitālam un sadrumstalota informācijas pieejamība, kā rezultātā strukturālās pārmaiņas norit lēni (Veiveris & Puzulis, 2018; TVNET, 2024; Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs, n. d.-d). Šī iemesla dēļ mazām saimniecībām ir nepieciešama īpaša politika un mērķtiecīgas investīcijas, kuru mērķis ir stimulēt to attīstību un saglabāšanu.

Ņemot vērā iepriekšminēto, kā arī ekspertu pausto, ka nenoteiktība klimata regulējumā un nozares strukturālās izmaiņas kavē ilgtermiņa investīcijas saimniecībās, tiek izstrādāts alternatīvs scenārijs A2 “Ierobežota saimniecību modernizācija”. Ņemot vērā pieaugumu scenārijā A (no 147 līdz 152), scenārijā A2 TREND70 tiek samazināts par tādu pašu lielumu (2,04%) kā tas tika palielināts scenārijā A. Pēc šīs izmaiņas vienādojums tika kalibrēts, korigējot brīvo locekli, izmantojot AGMEMOD *Intercept Calibration Tool*, lai saglabātu atbilstību pēdējo novēroto gadu datiem.



Avots: AGMEMOD rezultāti.

4.2. att. Scenārija A2 “Ierobežota saimniecību modernizācija” rezultāti, kg

Attēlā ir redzams, ka, pieņemot tehnoloģiju ieviešanas stagnāciju vides prasību un regulatīvās nenoteiktības dēļ, vidējais izslaukums no vienas govju pieaug lēnāk nekā bāzes attīstības gadījumā. Līknes forma saglabā vēsturisko augšupejošo virzienu, tomēr slīpums ir mazāks – pieauguma temps izlīdzinās un attiecīgajos gados starpība starp scenāriju un bāzes līniju pakāpeniski palielinās.

Ņemot vērā slaucamo govju skaita vienādojumu un tā atkarību no vidējā izslaukuma, attiecīgajā scenārijā tika ietekmēts arī šis rādītājs.

4.2. tabula

Relatīvā atšķirība starp scenāriju A2 “Ierobežota saimniecību modernizācija” un scenāriju “Baseline”, %

Rādītājs	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Slaucamo govju skaits	5,09	5,24	5,19	5,14	5,09	5,04	4,99	4,94	4,89
Kopējais saražotā piena daudzums	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19

Avots: AGMEMOD rezultāti.

Ganāmpulka skaits scenārijā līdz 2029. gadam ir vismaz par 5 % lielāks nekā “Baseline”, bet 2032. gadā starpība samazinās līdz 4,89 %. Tas norāda, ka lēnāka produktivitātes pieauguma apstākļos ražošanas apjoma saglabāšanai nepieciešams lielāks govju skaits. Vienlaikus kopējais saražotā piena daudzums visā periodā praktiski nemainās, jo relatīvā atšķirība nepārsniedz 0,20 %.

Triju modelēto scenāriju salīdzinājums parāda, kā atšķirīgs tehnoloģiju ieviešanas temps var ietekmēt produktivitāti. A scenārijs 2032. gadā paredz vidējo izslaukumu uz govi 9769 kg, kas ir par 4,85% vairāk nekā “Baseline” un par 9,12% vairāk nekā A2 scenārijā, kur tehnoloģiju ieviešana tiek bremsēta. Šī starpība neveidojas pēkšņi, bet gan pakāpeniski vairākos gados. Saimniecības, kuras saglabā investīciju aktivitāti un ievieš automatizētos risinājumus, spēj palielināt piena ieguvu uz dzīvnieku, vienlaikus mazinot atkarību no ganāmpulka lieluma.

4.2. Cenas dinamika un korekcijas AGMEMOD modelī

Vēl viens būtisks rādītājs piena lopkopībā ir piena iepirkuma cena. Tā reaģē uz dažādiem ārējiem faktoriem un būtiski ietekmē saimniecību rīcībbspēju, investīciju lēmumus un ražošanas stratēģiju. Cenas tostarp arī veido patērētāju pieprasījumu (Bórawski et al., 2020a).

Piena iepirkuma cenas AGMEMOD modelī tiek noteiktas, izmantojot ekonometriskus vienādojumus, kas atspoguļo cenu veidošanās mehānismus. Tie var pamatoties vai nu uz citu piena produktu (piemēram, vājpiena pulvera,

sviesta, siera) cenām, vai arī uz piena cenām citās valstīs. Šādas sasaistes izvēle spēj ietekmēt arī scenāriju rezultātus piena lopkopībā.

Lai izprastu piena iepirkuma cenu veidošanās mehānismus Latvijā, būtiski ir analizēt arī Lietuvas un Igaunijas cenu veidošanas vienādojumus.

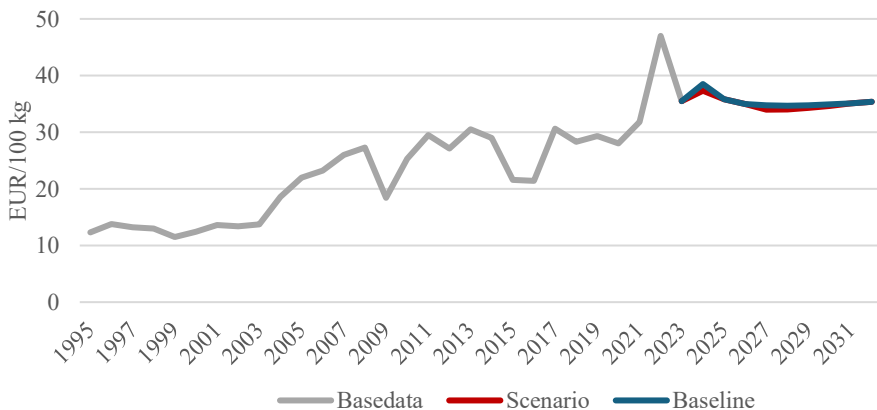
Pirmā valsts, kuras vienādojums tika izvērtēts, ir Lietuva. AGMEMOD *Excel* datnē *ModelEquations* ir redzams, ka šis valsts vienādojums ir veidots tādējādi, ka piena iepirkuma cena ir atkarīga no citu produktu cenām, – šajā gadījumā tā ir sviesta un siera cena. Atkarības no citas valsts cenām šajā vienādojumā nav iekļautas.

Igaunijā piena cena veidojas līdzīgi kā Lietuvā, proti, tā ir atkarīga no citu produktu cenām. Igaunijas gadījumā vienādojumā papildu sviesta un siera cenai vēl ir arī iekļauta vājpiena pulvera cena. Atkarības no citas valsts cenām šajā vienādojumā arī nav iekļautas.

Latvijas piena cenas vienādojums būtiski atšķiras no Lietuvas un Igaunijas, jo cena neveidojas no citu produktu cenām (piemēram, sviesta vai siera), bet gan ir atkarīga no Vācijas piena iepirkuma cenas.

Pamatojoties uz rakstā *Raw Milk Price Transmission in the Selected EU Countries* minēto Grendžera (*Granger*) cēloņsakarību, tika pieņemts, ka Latvijas piena iepirkuma cena ir atkarīga no Vācijas un Polijas piena cenām, kamēr pretēja ietekme netiek konstatēta. Tas nozīmē, ka Latvijas cenas seko vadošajām ES tirgus tendencēm. Savukārt Lietuvas un Igaunijas piena iepirkuma cenas ir mazāk atkarīgas no ārējiem tirgiem un lielākā mērā nosakāmas ar iekšējiem faktoriem vai citu piena produktu cenām.

Tā kā Latvijas piena cena var reaģēt arī uz Polijas piena iepirkuma cenām, autore veica cenas vienādojuma pielāgošanu Polijas cenām, salīdzinot rezultātus ar “Baseline”, kur cenas ir atkarīgas no Vācijas cenām (4.3. att.).



Avots: autores veidots pēc AGMEMOD rezultātiem.

4.3. att. Piena iepirkuma cenas atkarībā no Vācijas un Polijas cenām, EUR/100 kg

Attēlā ar sarkano līkni (“Scenario”) ir redzama Latvijas iepirkuma cenas dinamika, ja tā tiek modelēta kā atkarīga no Polijas cenu līmeņa, savukārt ar zilo līkni (“Baseline”) redzama dinamika, ja cena ir atkarīga no Vācijas piena cenām. Attiecīgais grafiks norāda uz to, ka starpība starp cenām nav būtiska, – 2024. gadā ar atkarību no Vācijas cena ir prognozēti 38,50 EUR/100 kg, savukārt ar atkarību no Polijas cenas – 37,28 EUR/100 kg, bet 2032. gadā Latvijas piena cena sasniedz vienādu vērtību ar abiem vienādojumiem, 35,40 EUR/100 kg. Šī dinamika liecina, ka Latvijas piena iepirkuma cenas cieši korelē ar ārējo tirgu attīstību un tām piemīt spēja pielāgoties gan Vācijas, gan Polijas tirgus izmaiņām, atspoguļojot tirgus integrācijas efektu.

4.3. Iegūto scenāriju validācija, piemērojot TOPSIS metodi

Pēdējais posms, pēc scenāriju rezultātu iegūšanas ir attiecīgo scenāriju validācija. Šādos gadījumos tiek izmantotas daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodes (*Multi-Criteria Decision Analysis*) (MCDA), kas nodrošina strukturētu pieeju alternatīvu vērtēšanai un salīdzināšanai (Belton & Stewart, 2002). MCDA mērķis ir palīdzēt lēmumu pieņēmējiem izvēlēties vispiemērotāko risinājumu, pamatojoties uz kvantitatīviem un/vai kvalitatīviem kritērijiem, vienlaikus nodrošinot caurredzamību un racionālu izvēles pamatojumu (Greco et al., 2016).

Viena no MCDA metodēm ir TOPSIS metode, ko 1981. gadā izstrādāja Hvangs (*Hwang*) un Jūns (*Yoon*). Tā ir īpaši piemērota situācijām, kurās jānovērtē vairākas alternatīvas, pamatojoties uz dažādiem kvantitatīviem vai kvalitatīviem kritērijiem. Metodes pamatideja nosaka, ka optimālais risinājums ir tāds, kas ir vismazākā attālumā no *ideāli pozitīvās alternatīvas* un vislielākajā attālumā no *ideāli negatīvās alternatīvas* (Tzeng & Huang, 2011; Durbach & Stewart, 2012; Zavadskas et al., 2016). Autore ir izmantojusi TOPSIS metodi, lai veiktu piena lopkopības attīstības scenāriju novērtējumu, pamatojoties uz AGMEMOD modeļa rezultātiem. Novērtējuma ietvaros tika analizēti trīs kritēriji: *vidējais piena izslaukums no vienas govys; slaucamo govju skaits; kopējais saražotā piena daudzums*. TOPSIS aprēķinos izmantotas scenāriju punktvērtības 2032. gadam (prognozes perioda noslēguma gadam), lai salīdzinājums atspoguļotu katra scenārija ilgtermiņa stāvokli. Kā alternatīvas tika definēti trīs scenāriji: **“Baseline”**, **A** un **A2**. Darba autore izmanto TOPSIS metodes klasisko versiju (Roszkowska, 2011).

TOPSIS analizē scenāriji tika apkopoti darba matricā ar atbilstošiem novērtēšanas kritērijiem, kas pēc tam tika normalizēti, lai nodrošinātu to savstarpēju salīdzināmību. Kritērijiem tika piešķirti vienādi svāri (1/3), nodrošinot neitrālu un metodoloģiski pamatotu scenāriju salīdzinājumu (Zhou, 2006). Lai uzsāktu TOPSIS metodes piemērošanu, tika izveidota lēmumu

matrica, kas satur sākotnējos (nenormalizētos) datus par izvēlētajām alternatīvām.

4.3.tabula

Lēmumu matrica ar reālajiem izejas datiem (pirms normalizācijas)

Alternatīva	Vidējais izslaukums	Kopējais piena apjoms	Slaucamo govju skaits
Baseline	9295,7	836,6	90,0
A	9769,0	835,9	85,5
A2	8878,0	838,2	94,4

Avots: autores veidots.

Lai gan MCDA metodēs tradicionāli tiek pieņemta kritēriju neatkarība, praksē tie bieži savstarpēji mijiedarbojas, radot gan pastiprinotus, gan pārklājošus efektus. Šāda kritēriju savstarpējā saistība nav uzskatāma par metodoloģisku trūkumu, ja tā ir konceptuāli pamatota un atbilst analizējamās sistēmas loģikai (Greco et al., 2016; Cinelli et al., 2020).

Šajā gadījumā izvēlētos rādītājus var attiecināt uz trim analīzes līmeņiem:

- vidējais izslaukums raksturo mikrolīmeni – ražošanas intensitāti, tehnoloģisko attīstību un efektivitāti saimniecību līmenī;
- slaucamo govju skaits raksturo mezolīmeni – nozares struktūru un mērogu;
- kopējais saražotā piena apjoms raksturo makrolīmeni – kopējo nozares pienu ieguvu un produktivitāti.

Šāda rādītāju kombinācija nodrošina, ka TOPSIS metode aptver gan ražošanas struktūras, gan iznākuma dimensijas, ļaujot iegūt līdzsvarotu priekšstatu par scenāriju relatīvo efektivitāti. Šāda pieeja nodrošina konsekventu vertikālo loģiku starp mikroekonomiskajiem rādītājiem un nozares kopējo pienu ieguvu, tomēr turpmākajos pētījumos metode būtu pilnveidojama ar papildu neatkarīgiem rādītājiem (piemēram, investīciju intensitāti vai emisiju efektivitāti).

4.4. tabula

TOPSIS metodes aprēķinu starprezultāti atbilstoši scenārijiem

Alternatīva	V_{k1}	V_{k2}	V_{k3}	S_i^+	S_i^-	C_i^*
Baseline	0,192	0,192	0,192	0,014	0,013	0,482
A	0,202	0,192	0,183	0,001	0,026	0,980
A2	0,183	0,193	0,202	0,026	0,001	0,020

Avots: autores veidots.

TOPSIS analīzes rezultāti, kas apkopoti 4.4. tabulā skaidri parāda atšķirības starp aplūkotajiem scenārijiem. Visaugstāko relatīvā tuvuma koeficientu ideālajam risinājumam ieguva scenārijs A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” ($C = 0,980$), kas norāda uz tā dominējošo pozīciju un līdzsvarotu sniegumu visos izvēlētajos kritērijos. “Baseline” scenārijs uzrāda vidēju

rezultātu ($C = 0,482$), savukārt scenārijs A2 “Ierobežota saimniecību modernizācija” atrodas vistālāk no ideālā risinājuma ($C = 0,020$). Scenāriju ranžējums (4.3. att.) apstiprina, ka intensīvas un mērķtiecīgas modernizācijas pieeja nodrošina vislabāko kompromisu starp vidējo izslaukumu, kopējo piena apjomu un slaucamo govju skaitu.



Avots: autores veidots.

4.3. att. Scenāriju ranžējums pēc TOPSIS metodes aprēķinu rezultātiem

Rezultātā scenārijs A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” atrodas vistuvāk ideālajam risinājumam, kas norāda uz tā līdzsvarotu sniegumu visos vērtēšanas kritērijos un dominējošo pozīciju starp aplūkotajām alternatīvām. **Tas nozīmē, ka šī scenārija izvēle nodrošinātu optimālāko kompromisu starp atsevišķu rādītāju pozitīvajām un negatīvajām vērtībām.**

GALVENIE SECINĀJUMI

1. Prognozēšana ir būtisks plānošanas un lēmumu pieņemšanas instruments, kas, pamatojoties uz sistemātisku pieeju daudzdimensiju datu analīzei, ļauj sagatavoties nākotnes nenoteiktībai un pieņemt ar pierādījumiem pamatotus lēmumus. Četru posmu cikls (mērķa definēšana, kvalitatīvu datu vākšana, metodes piemērošana un rezultāta interpretācija) nodrošina prognožu precizitāti un to praktisko lietojamību.
2. Prognozēšanas modeļiem ir nozīmīga loma lauksaimniecības nozares regulatīvās un tirgus vides izpētē, jo tie nodrošina iespēju prognozēt iespējamās sistēmas darbības traucējumus un laikus novērst potenciāli destruktīvas sekas. Lauksaimniecības nozares analīzē tiek izmantoti dažādu veidu modeļi, un pārsvarā tie ir vispārējā vai daļējā līdzsvara modeļi. Šāda veida modeļi, piemēram, MAGNET, CAPRI, AGLINK, AGMEMOD, LASAM, sniedz iespēju izvērtēt gan tirgus, gan politikas attīstības scenārijus.
3. Piena lopkopība ieņem stratēģisku lomu lauksaimniecības un pārtikas ražošanas sistēmā kā primārās ražošanas posms, kas veido pamatu piena pārstrādes industrijas un tirgus attīstībai. Vienlaikus nozare saskaras ar dažādiem vides, ekonomiskajiem un sociālajiem izaicinājumiem. Šo faktoru mijiedarbība ietekmē ražošanas attīstību, konkurētspēju un pielāgošanās

spējas mainīgajiem tirgus un politikas apstākļiem gan nacionālā, gan globālā mērogā.

4. Piena lopkopība ir viena no visintensīvāk regulētajām lauksaimniecības nozarēm, un ir cieši saistīta ar ES normatīvo regulējumu, kas nosaka gan vides/klimata mērķus, gan tirgus atbalsta mehānismus, gan citus noteikumus, kas ir jāievēro dalībvalstīm. Ņemot vērā minēto, ES noteikumi un stratēģiskie mērķi tieši ietekmē Latvijas nozares attīstības iespējas, nosakot nepieciešamību integrēt tos nacionālajos normatīvajos aktos un pielāgot politikas instrumentus atbilstoši ES noteiktajām prioritātēm. Vides prasības ir kļuvušas par būtisku regulējuma daļu ES un Latvijas lauksaimniecības nozarē. Normatīvie akti un stratēģijas, piemēram, Eiropas zaļais kurss, “No lauka līdz galdam” un Latvijas klimatneitralitātes stratēģija līdz 2050. gadam, nosaka mērķus attiecībā uz vides prasībām, bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu un pārtikas ilgtspējību. Vienlaikus, ņemot vērā to, ka piena lopkopība ir viena no nozarēm ar augstu metāna un amonjaka emisiju līmeni, īpaša uzmanība tiek pievērsta inovācijām tehnoloģijās, kūtsmēsļu apsaimniekošanā un biogāzes ražošanā, kas ļautu mazināt emisijas.
5. Piena lopkopība Latvijā ir būtiska lauksaimniecības sektora daļa, kas veicina nodarbinātību, nodrošina saimniecību ienākumus, lauku teritoriju attīstību, kā arī nodrošina iedzīvotājus ar piena produktiem. Tomēr tā ir pakļauta ārējiem satricinājumiem, piemēram, Covid-19 pandēmija un Krievijas-Ukrainas karš, kas rada būtisku ietekmi uz piena lopkopības stabilitāti (piemēram, var tikt ietekmētas piegādes ķēdes, pieprasījuma dinamika) un attiecīgi apgrūtina ilgtermiņa saimniecību attīstības plānošanu.
6. Baltijas valstīs ir novērojamas līdzīgas tendences piena lopkopībā – slaucamo govju skaita mazināšana, būtisks izslaukuma pieaugums no vienas gov, kā arī mazo saimniecību skaita samazinājums un vidējo un lielo saimniecību īpatsvara pieaugums. Lai gan visās Baltijas valstīs ir vērojams slaucamo govju skaita un mazo saimniecību skaita samazinājums, piena ražošanas apjoms kopumā ir saglabājies stabils vai pat pieaudzis. Latvijā 2004.–2023. gadā piena ražošanas apjoms pieauga no 786 tūkst. līdz 962 tūkst. tonnu (vienlaikus pēdējos trijos gados tika novērots samazinājums), Igaunijā šajā pašā periodā tika novērota līdzīga tendence – no 652 tūkst. līdz 895 tūkst. tonnu, savukārt Lietuvā ir novērota mērena lejupslīde – no 1849 tūkst. 2004. gadā līdz 1473 tūkst. tonnu 2023. gadā.
7. Sezonalitātes ietekmes uz piena cenām izpēte Baltijas valstīs atklāja, ka ziemas mēnešos, kad tiek saražots mazāks piena apjoms, piena cenas ir augstākas nekā piena iepirkuma vidējā cena (sezonalitātes indekss ir lielāks nekā 1), savukārt vasarā cenas ir zemākas nekā vidējā cena (sezonalitātes indekss ir mazāks nekā 1). Tas norāda uz to, ka govju laktācijas periods un barības pieejamība ietekmē piena lopkopību un attiecīgi vasaras mēnešos ražošana palielinās, veidojas piedāvājuma pārpalikumi un piena iepirkuma cenas mazinās.

8. Tradicionāli piena lopkopība nodrošina primāro piena ražošanu, savukārt piena pārstrādes segments (piemēram, siera, sviesta un paskābināto piena produktu ražošana) veido nākamo posmu piena vērtību ķēdē. Dati par 2021.–2023. gadu liecina, ka Lietuva ir nepārprotams līderis šo produktu ražošanā Baltijas valstīs, ko var skaidrot ar attīstītu pārstrādes infrastruktūru Lietuvā un augstu eksportspēju, jo aptuveni puse saražoto piena produktu tiek eksportēta.
9. Lai identificētu nozares atšķirības ES līmenī, tika veikta klasteranalīze, kuras sākotnējo posmu veidoja faktoranalīze. Tādējādi tika noteikti trīs kompleksie faktori: piena ražošanas faktors (F1), tirgus aspekti (F2) un faktors, kas raksturo makroekonomisko un ārējās tirdzniecības vidi (F3). F1 faktors iekļāva rādītājus, kuri atspoguļo nozares ražošanas potenciālu, piemēram, tam bija augstas pozitīvas korelācijas ar apstrādātā piena izplatīšanas apjomu (0,976), iegūtā piena daudzumu (0,972), siera ražošanu (0,960). F2 faktors raksturo pieprasījumu, un tas ir cieši saistīts ar iedzīvotāju skaita izmaiņām (0,778) un iekšzemes kopproduktu uz vienu iedzīvotāju (0,6771). F3 faktors atspoguļo ārējo tirgus dinamiku un uzrādīja augstas pozitīvas korelācijas ar svaigpiena importu (0,976) un piena pārdošanas cenām (0,972).
10. Klasteranalīze atklāja būtiskas strukturālas atšķirības ES dalībvalstu piena lopkopībā, norādot uz dažādu valstu piederību atšķirīgām attīstības grupām. Attiecīgi tika noteikti seši klasteri: 1. un 5. klasterim ir izteikta labāka ražošana un pozitīvie tirgus aspekti, savukārt 2. un 3. klasterim ir izteikta vājāka ražošana, 4. klasterim ir augsts tirgus aspekts, savukārt 6. klasterī dominē makroekonomiskās vides faktors. Vienlaikus analīze ļāva noteikt, ka atšķirības pastāv arī Baltijas valstu vidū – Lietuva un Igaunija iekļaujas vienā klasterī, savukārt Latvijā – citā. Visas valstis atrodas klasteros ar vāju ražošanu, tomēr Lietuva un Igaunija atrodas klasterī ar salīdzinoši labāku tirgus aspektu.
11. Tehnoloģiju ieviešana piena lopkopībā kļūst par vienu no galvenajiem nosacījumiem konkurētspējas un ilgtspējas nodrošināšanai, taču Latvijā to ieviešanu saimniecībās kavē politikas nenoteiktība un atbalsta mehānismu ieviešanas aizkavēšanās. Tas īpaši ietekmē mazās un vidējās saimniecības, kurām ir nepieciešams stabils un skaidrs atbalsta regulējums, lai uzņemtos risku saistībā ar modernizāciju.
12. AGMEMOD modeļa precīzai darbībai ir nepieciešams vēsturisko datu kopums, kas kalpo par pamatu vienādojumu izmantošanai, veidojot gan bāzes scenāriju, gan alternatīvus attīstības scenārijus. AGMEMOD datubāzes aktualizēšana novērš maksliģu lēcienu rašanos prognožu sākumposmā, nodrošinot, ka aprēķinātās trajektorijas ir ciešāk saskaņotas ar vēsturisko attīstības dinamiku. Vienlaikus pārskatītie vienādojumi būtiski uzlaboja prognozes atbilstību faktiskajiem CSP 2024. gada datiem (vidējā izslaukuma no vienas govts atšķirība samazinājās līdz 115 kg, bet kopējā saražotā piena apjoma starpība līdz 58 tūkst. tonnu).

13. Scenārija A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” rezultāti uzrāda piena lopkopības pakāpeniskas attīstības iespējas, kurās saimniecību modernizācija un tehnoloģiju izmantošana veicina izslaukuma pieaugumu un mazina ganāmpulka krituma ietekmi uz kopējo ražošanu. Savukārt scenārijs A2 “Ierobežota saimniecību modernizācija” atklāj riskus, kas rodas vides regulējuma un politiskās nenoteiktības dēļ, kad inovāciju ieviešanas temps mazinās. Kopumā abu scenāriju analīze liecina, ka nozares konkurētspēja ir saistīta ar stabilu politikas un tehnoloģisko risinājumu ieviešanas intensitāti.
14. Latvijas piena iepirkuma cenas AGMEMOD modelī galvenokārt korelē ar Vācijas piena cenām, nevis ar citu piena produktu cenu dinamiku, kas atšķiras no Lietuvas un Igaunijas gadījuma. Šāda pieceja neņem vērā vietējā pieprasījuma struktūras īpatnības, tādējādi ierobežojot modeļa spēju atspoguļot Latvijas patērētāju jutību pret piena produktu cenu svārstībām, kas savukārt var ietekmēt iekšējā tirgus līdzsvara novērtējumu un politikas pasākumu efektivitātes analīzi.
15. TOPSIS analīze ļāva salīdzināt un izvērtēt izstrādātos scenārijus, nosakot to relatīvo piemērotību dažādos kritērijos. Rezultāti parādīja, ka tehnoloģiju ieviešanas scenārijs ieguva augstāko novērtējumu, savukārt stagnācijas un ierobežojošo prasību gadījumā nozare demonstrē zemāku attīstības potenciālu. Rezultātā scenāriju A “Mērķtiecīga un intensīva saimniecību modernizācija” var uzskatīt par piemērotāko.
16. Promocijas darbā izvirzītā hipotēze “Latvijas piena lopkopības specifikai pielāgota modeļa izmantošana ļauj izstrādāt un izvērtēt iespējamās nozares attīstības scenārijus, kas atspoguļo modernizācijas un politikas pasākumu ietekmi piena ražošanas struktūrā un produktivitātē” ir apstiprinājusies, bet ar ierobežojumiem saistībā ar datu kvalitāti un ārējo tirgus faktoru ietekmi. Attiecīgi var secināt, ka scenāriju rezultāti atspoguļo tendences un dod iespēju salīdzināt dažādus attīstības scenārijus.

PROBLĒMAS UN TO RISINĀJUMI

Pirmā problēma: Latvijas piena lopkopībā pastāv augsta atkarība no izejvielu cenu svārstībām globālā mērogā, tirgus nestabilitātes un ģeopolitiskiem satricinājumiem. Tomēr valstī nav izveidota sistemātiska tirgus risku pārvaldības sistēma, kas apvienotu regulāru tirgus prognozēšanu un savlaicīgu risku identificēšanu, kā arī zināšanu pārnese, kas stiprinātu saimniecību noturību un spēju pieņemt uz pierādījumiem balstītus lēmumus.

Priekšlikumi problēmas risināšanai:

- atbildīgajai ministrijai (ZM) kopā ar nozares ekspertiem un pētniecības institūcijām izstrādāt valsts līmeņa lauksaimniecības tirgus prognozēšanas un cenu uzraudzības sistēmu, kas regulāri apkopo un analizē galvenos riska indikatorus (piemēram, barības un energoresursu cenu indeksus, piena iepirkuma cenu svārstības, eksporta un importa

ierobežojumus utt.) un nodrošina savlaicīgu un analītiski pamatotu informāciju iespējamās ietekmes samazināšanai;

- paplašināt LLKC esošo mācību tematisko piedāvājumu, papildinot tās ar regulāriem semināriem par globālajām tirgus tendencēm, cenu svārstību ietekmi, riska vadības instrumentiem un stratēģisko plānošanu saimniecību līmenī. Šāds paplašinājums papildinātu LLKC esošās apmācības, nodrošinot lauksaimniekiem plašāku redzējumu par tirgus signāliem un pielāgošanās iespējām. Iegūtās zināšanas ļautu saimniecībām izstrādāt ilgtspējīgas attīstības stratēģijas un izvēlēties piemērotākus riska vadības instrumentus;
- LBTU turpināt pētniecību, kas vērsta uz lauksaimniecības un pārtikas ražošanas noturības pret krīzēm stiprināšanu, veidojot zinātnisko bāzi, izstrādājot izglītojošus izglītības materiālus, kā arī e-rīkus risku prognozēšanai un novērtēšanai;
- atbildīgajai ministrijai (ZM) kopā ar LAD pilnveidot un paplašināt piena lopkopībai piemērotus riska apdrošināšanas pakalpojumus, iekļaujot ienākumu stabilizācijas un klimata risku segumu, paredzot elastīgākus valsts līdzfinansējumu mehānismus prēmijām, kas ļautu saimniecībām efektīvāk pārvaldīt ārējos riskus.

Otrā problēma: Latvijas piena lopkopības attīstības plānošanā netiek pilnvērtīgi izmantoti starptautiski prognozēšanas modeļi, kas ļautu modelēt Latvijas piena lopkopības attīstību ES tirgus kontekstā, novērtējot ES politikas un tirgus izmaiņu ietekmi. Tāpat nav ieviesti mehānismi, kas veicinātu šādu prognozēšanas modeļu iekļaušanu politikas plānošanā.

Priekšlikumi problēmas risināšanai:

- veicināt starpinstitucionālu sadarbību, kurā tiek iesaistītas pētniecības institūcijas, nozares eksperti un politikas veidotāji (ZM), paredzot tam ilgtermiņa finansējumu ārpus atsevišķiem projektiem, lai nodrošinātu pastāvīgu cilvēkresursu piesaisti un sadarbības stabilitāti (piemēram, ar LBTU, Agrolesursu un ekonomikas institūta u. c. institūciju starpniecību). Šādas sadarbības ietvaros rīkot kopīgas darba grupas, kurās tiktu modelēti dažādi nozares attīstības scenāriji, tādējādi nodrošinot sistemātisku prognozēšanas rezultātu integrāciju politikas plānošanā;
- atbildīgajai ministrijai (ZM) izstrādāt metodisko ietvaru un vadlīnijas, kas apraksta, kā prognozēšanas modeļu rezultāti var tikt izmantoti un interpretēti politikas dokumentu un nozares stratēģiju sagatavošanā, kā arī atbalsta programmu izvērtējumos;
- LBTU pievienoties AGMEMOD konsorcijam un kļūt par tā oficiālu partneri, tādējādi nodrošinot pieeju galvenajam modelim, un sadarboties ar Vāgeningenas universitātes Sociālo un ekonomisko pētījumu centra (*Wageningen Social & Economic Research*) un Tīnena institūta (*Thünen Institute*) pētniekiem.

Trešā problēma: Latvijas piena lopkopību raksturo salīdzinoši zemāki ražošanas un tirgus attīstības rādītāji ES kontekstā, kā arī izteikta saimniecību strukturālā sadrumstalotība. Tas rada nepieciešamību pēc tādas atbalsta un konsultāciju pieejas, kas ļautu mērķtiecīgāk sasaistīt saimniecību strukturālos raksturlielumus ar to attīstības iespējām un pieejamajiem valsts un ES instrumentiem.

Priekšlikumi problēmas risināšanai:

- LAD sadarbībā ar ZM un LLKC ieviest mērķtiecīgu saimniecību attīstības pieeju (piemēram, “Saimniecību attīstības virzības ceļa karte”), kuras ietvaros, balstoties uz saimniecības strukturālajiem rādītājiem (piemēram, slaucamo govju skaits, izslaukums, apgrozījums un investīciju vēsture), saimniecībai tiek piedāvāts tai atbilstošs attīstības virziens, ar kuru tiek sasaistītas piemērotākās konsultāciju aktivitātes un valsts un ES finansējuma instrumenti, tādējādi nodrošinot konsekventu, kapacitātei atbilstošu un ekonomiski pamatotu saimniecības attīstību;
- piena lopkopības nevalstiskajām organizācijām sadarbībā ar piena ražošanas saimniecību vadītājiem, LLKC un nozares selekcijas un konsultāciju institūcijām veicināt saimniecību orientāciju uz ražošanas efektivitātes paaugstināšanu, nodrošinot mērķtiecīgus ieteikumus govju ģenētikas uzlabošanai, dzīvnieku veselības vadībai un piena kvalitātes rādītāju (piemēram, proteīna un tauku satura) uzlabošanai, balstoties uz saimniecību individuālajiem ražošanas un strukturālajiem rādītājiem;
- LAD sadarbībā ar ZM, LLKC un ALTUM izveidot vienotu digitālu platformu, kas nodrošinātu personalizētu atbalsta un finansējuma iespēju meklēšanu, pamatojoties uz mērķiem un saimniecības profilu (piemēram, platība, apgrozījums, dzīvnieku skaits utt.). Platformā būtu apvienota informācija par pieejamajiem valsts un ES atbalsta instrumentiem, ļaujot lietotājam ātri iegūt informāciju par piemērotāku programmu, tās prasībām, pieteikšanās termiņiem un, ja nepieciešams, kontakinformāciju saziņai.

INTRODUCTION

Throughout history, humanity has sought to mitigate uncertainty by anticipating future events in order to support more informed and well-substantiated decision-making. This pursuit, in turn, led to the development of a range of forecasting methods, spanning from simple empirical observation to the application of analytical tools and technologies. Forecasting processes enable both individuals and institutions to mitigate the risks associated with uncertainty and to enhance their capacity to adapt to potential future changes (Jones et al., 2016; Makridakis & Bakas, 2016). The importance of forecasting becomes particularly pronounced in sectors influenced by multiple external factors, including those that cannot be fully controlled or accurately predicted, such as climatic conditions. Agriculture, encompassing both crop and livestock production, represents one such sector, and constitutes a fundamental basis for food production and economic development (Knips, 2001).

Historically, milk has been one of the principal food products, serving as an essential source of nutrients, and it continues to play a significant role in the daily diets of populations worldwide (Popescu et al., 2019; Poczta et al., 2020). At the same time, dairy farming is among the most highly regulated sectors of agriculture, and its performance is strongly shaped by both economic mechanisms and public policy instruments. At the EU level, dairy farming operates within a stringent regulatory framework that is closely aligned with the objectives of the Common Agricultural Policy (CAP). Latvian dairy farming is also closely integrated into international markets, and its development is strongly influenced by global economic and political developments. Over recent decades, the sector has been affected by several major external shocks. One of the most significant of these was the embargo imposed by the Russian Federation, which had a substantial impact on the agriculture and food sector as a whole.

The COVID-19 pandemic had an equally significant impact, causing widespread disruption to global supply chains and exerting a substantial effect on dairy farming worldwide. These restrictions led to the closure of key production and processing facilities, reduced demand, and declines in both income and production levels (Sridhar et al., 2022). The pandemic highlighted structural weaknesses within dairy farming, notably its reliance on manual labour and its limited capacity for operational planning in an increasingly uncertain market environment.

One of the most recent global events to have had a significant impact on dairy farming is the Russian Federation's full-scale invasion of Ukraine in 2022. This resulted in sharp increases in gas and oil prices, and, given the fact that Ukraine had been one of the largest suppliers of wheat, sunflower oil, fertilisers, and animal feed, Latvian farmers were forced to seek alternative suppliers following the outbreak of the war (Darmayadi & Megits, 2023; Ozili, 2022).

Despite the challenges posed by external factors and the stringent regulatory framework at both the EU and national levels, dairy farming remains a dynamic and evolving sector, adapting to emerging challenges and a changing market environment. One of the most important drivers of development is the adoption of more efficient farming practices and technological innovations, which are increasingly becoming integral to the sector's transformation.

The relevance of this study and the motivation for the choice of the topic stem from the fact that dairy farming is one of the most strategically important agricultural sectors in both the EU and Latvia, making a significant contribution to the national economy. Dairy farming is also increasingly at the centre of policy attention, particularly in the context of environmental and climate policy. EU initiatives such as the European Green Deal and the Farm to Fork Strategy are driving the shift towards more sustainable production; however, they often lack sufficiently specific targets and are subject to variable regulatory implementation, making long-term investment planning challenging. Attracting investment can foster technological innovation; however, it requires not only substantial financial resources but also a predictable and stable policy environment.

In this context, the use of forecasting models to analyse potential scenarios under varying political, economic and technological conditions becomes particularly important. A forecasting approach tailored to the specific characteristics of Latvian dairy farming offers the opportunity to identify risks and to support decision-making by both policymakers and dairy sector stakeholders. This approach enhances the decision-making capacity of policymakers and supports industry actors in adapting their strategies to evolving market conditions. In addition, forecasting models enable the assessment of the impacts of different policy measures, facilitating the evaluation of their relevance in both the short and long term, and thereby strengthening the competitiveness of the dairy sector.

The object of the research is Latvian dairy farming as part of the national agricultural system.

Subject of the research: projections the development of Latvian dairy farming using the AGMEMOD model.

Aim of the research: to develop development scenarios for Latvian dairy farming using the AGMEMOD model.

Research tasks:

1. **to analyse** the potential of forecasting models in the agricultural sector, with particular emphasis on their suitability for sectors characterised by a high degree of uncertainty in the external environment;
2. **to assess** EU and Latvian regulatory frameworks affecting milk production, processing, and market organisation in Latvia;
3. **to analyse** dairy farming in the EU and its development trends in the Baltic states;

4. **to adapt and apply** the AGMEMOD model to Latvian dairy data using an up-to-date input dataset; and
5. **to develop and evaluate** scenarios for dairy farming based on modernisation pathways and policy developments.

Hypothesis: The use of a model tailored to the specific characteristics of Latvian dairy farming enables the development and assessment of alternative sectoral scenarios, reflecting the impacts of modernisation processes and policy measures on the structure and productivity of dairy production.

Research methods used in the development of the thesis:

1. general scientific methods: *bibliometric analysis and contingency analysis* (for examining theoretical aspects and developing scientific discussion); *synthesis and analytical methods* (for summarising, evaluating, and interpreting the research results); *a logically structured analytical approach* (for formulating research findings, conclusions and proposals based on the results); and *graphical methods* for the visualisation of research outcomes;
2. strategic analysis methods: *PEST analysis* was used to identify the factors that have contributed to structural changes among small farms, whereas *PESTEL analysis*, based on expert interviews, was applied to assess macro-environmental factors in the Latvian dairy sector; *AGMEMOD model* (for Baseline scenario assessment and new scenario development), *TOPSIS method* (for scenario comparison);
3. qualitative data analysis methods: *expert interview method* (to find out the experts' point of view on the research problem);
4. quantitative data analysis methods: *descriptive statistics* (using absolute, relative and average values to characterise the key variables under examination); *seasonality analysis* was used to identify and assess the presence of seasonal fluctuations in milk price dynamics; *time-series analysis* (including the calculation of base and chain growth rates); *regression and correlation analysis*; *factor analysis* (to identify groups of indicators underlying common factors and to construct composite variables for cluster analysis); and *cluster analysis* (to group the most closely related objects).

The study draws on regulatory documents of the Republic of Latvia and the EU, scientific literature available in open-access academic databases and the Scopus database, as well as publicly available data sources, including the Agricultural Data Centre (LDC), the Central Statistical Office of Latvia (CSO), Statistics Estonia, the Official Statistics Portal of Lithuania (Oficialiosios statistikos portalas), Eurostat, the CLAL database, and other publicly accessible sources.

Limitations of the research.

The study relies on data from publicly available databases; however, the available statistics are sometimes limited in temporal coverage or vary in their

level of detail. In addition, the training version of the AGMEMOD forecasting model applied in the study incorporates a restricted data range, which may affect the level of detail and the accuracy of the developed scenarios.

Scientific significance and novelty of the research:

1. Classification and evaluation of forecasting models used in agriculture;
2. A comparative analysis of dairy farming in the Baltic countries was performed, identifying differences in production trends;
3. The study undertook a repositioning of Latvian dairy farming within the EU market, enabling the identification of its relative position among comparable countries in terms of production capacity, market dynamics, and development potential;
4. The individual equations of the AGMEMOD model for Latvian dairy farming were revised and adapted to ensure consistency with current trends;
5. For the first time in the Latvian context, a farm modernisation scenario for dairy farming up to 2032 has been developed, identifying its potential impacts on milk production, herd size, and milk yields.

Economic relevance of the research

The results of the thesis may be utilised by agricultural policymakers, including the Ministry of Agriculture (MoA), as well as by agricultural research institutions and industry representatives, to further develop the AGMEMOD model through the incorporation of additional data on other dairy products and the expansion of the range of modelled indicators, and to assess the impacts of different policy, market, and support instruments on the development of the dairy sector. Moreover, given the author's close collaboration with researchers at the Centre for Social and Economic Research at Wageningen University in the Netherlands and the Thünen Institute in Germany, Latvia has the opportunity to join the AGMEMOD consortium as an official partner. This would provide access to the core version of the model, rather than the training version, and enable its further application in research and public policy planning.

Theses:

1. The classification and evaluation of forecasting models applied in agriculture provide a scientific basis for their use in the analysis and scenario development of Latvian dairy farming.
2. Latvian dairy farming operates within a highly regulated environment, which can significantly influence its development opportunities.
3. Latvia's dairy sector faces both structural and economic challenges; however, its productivity and competitiveness can be enhanced through targeted technology adoption and a stable support policy framework.
4. Trends in dairy farming in the Baltic states indicate that, despite a decline in the number of dairy cows, increases in productivity can offset reductions in herd size.

5. The application of the AGMEMOD model, adapted to the specific characteristics of Latvian dairy farming, enables the development of robust development scenarios, thereby providing practical support for policymaking and the strategic planning of the sector.

1. THEORETICAL ASPECTS OF AGRICULTURAL FORECASTING

The chapter consists of 23 pages, comprising 5 tables and 8 figures.

Chapter 1 analyses the theoretical aspects of agricultural forecasting, outlining its evolution, methodological foundations, and relevance for decision-making within the agricultural sector. The scientific discussion in the chapter focuses on the historical development of forecasting, the classification of forecasting methods and their practical applications, as well as the distinctions among different agricultural models. Further attention is devoted to the theoretical foundations of the AGMEMOD model and its advantages for agricultural policy analysis. The chapter also includes a conceptual overview of dairy farming and an analysis of the complex factors shaping the dynamics of its development.

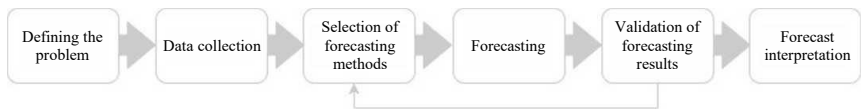
1.1. Historical development of agricultural modelling

Uncertainty has been a persistent feature throughout human history, and forecasting can be traced back to early civilisations, where efforts were made to predict weather conditions (Makridakis & Bakas, 2016). Forecasting approaches have evolved substantially over time, progressing from early empirical observations to advanced methods and technologies. Accordingly, foresight has long been an essential element of planning and decision-making, as uncertainty about the future generates both opportunities and challenges (Petropoulos et al., 2022). This development has been not only technological but also conceptual: as methods became more sophisticated, researchers increasingly sought to define precisely what forecasting entails and how it differs from planning, in order to ensure that the information generated supports effective decision-making under conditions of uncertainty.

As defined by David Forbes Hendry and Neil Ericsson, a forecast is an estimate of future developments and can be either short term or long term (Hendry & Ericsson, 2003). John Scott Armstrong points out that decision-makers only require forecasts when there is uncertainty about the future. He emphasises that forecasting predicts what *will be*, while planning determines what *should be*, and this distinction makes forecasting an essential part of rational planning (Armstrong, 2001).

Forecasting processes enable both individuals and organisations to mitigate the risks associated with uncertainty and to enhance their capacity to adapt to potential future changes. This approach is particularly important in sectors such as agriculture, the activities of which are influenced by numerous external factors, including those that cannot be fully controlled or accurately predicted, such as climatic conditions. Agriculture is one such sector.

For forecasting in sectors characterised by high external uncertainty, such as agriculture, to function as a reliable tool for decision-making, it is essential that such is grounded in a clearly structured methodology. According to John Scott Armstrong's analysis, it is important to follow certain forecasting steps to ensure the accuracy of forecasts. Such an approach involves a systematic and structured forecasting process (Armstrong, 2001).



Source: author's compilation based on Armstrong, 2001.

Fig. 1.1. Forecasting steps

According to John Scott Armstrong, the initial steps in forecasting involve identifying the purpose of the forecast and understanding how it will be used in the decision-making process. The subsequent step involves collecting data relevant to the predictor variables and ensuring data quality and consistency. Once the data have been collected, the selected method must be applied to generate forecasts, followed by validation of the results and, where necessary, adjustment of the method to improve its accuracy. The final step involves interpreting the forecast and using the results to inform decision-making, including policy formulation.

To understand the evolution of forecasting approaches, it is essential to examine the historical development of econometrics. Mary Susanna Morgan identified five main phases in the development of forecasting methods: early attempts in the late nineteenth century to explain economic cycles through natural phenomena; the measurement of business cycles in the 1920s; the introduction of mathematical methods in the 1930s; the development of macroeconomic models; and the establishment of probability theory within econometrics (Morgan, 1991). These stages laid the foundation for modern forecasting approaches, enabling the more accurate and flexible analysis of economic processes.

To determine the most appropriate forecasting method for a given context, it is essential to understand the range of available forecasting methods and their key differences. Thus, Kenneth Holden, David A. Peel and John L. Thompson made important contributions to the structuring of forecasting methods (Holden et al., 1990). Accordingly, the methods were divided into two groups: subjective

methods and model-based methods. And while model-based methods could be subdivided into other methods, subjective methods could not, as they are based on assumptions, intuition and prior experience (Holden et al., 1990).

1.2. Agricultural models and application of the AGMEMOD model

The agricultural sector is a highly regulated component of the economy, which has led to a significant increase in the use of economic models in agricultural policy analysis over recent decades (Hamulczuk & Hertel, 2009).

European governments exert substantial influence over and provide significant financial support to the agricultural sector, which has led to increased attention being devoted to the critical assessment of these policies. In this context, analytical models of agricultural systems play a crucial role by enabling the assessment of the effectiveness and appropriateness of policy measures in situations where empirical data are not yet available. This is particularly true in the areas of climate change impact analysis, the development of hypothetical policy change scenarios, or the forecasting of future market developments (Huber et al., 2018). There can be different approaches to analysing the impact of policies, such as quota abolition, direct payments, terms of trade, etc. (Zrakić, 2015).

In the field of agricultural economics, simulation methods are widely used to model the behaviour of individual farms or decision-makers (Berger, 2001). The choice of modelling method is largely determined by the purpose of the research and the question to be analysed.

The field of agricultural modelling has produced a range of models designed to analyse the sector's responses to various changes, primarily in policy variables (Adenauer, 2008).

MAGNET is a global computable general equilibrium model developed on the basis of the LEITAP model and is widely used in policy analysis. MAGNET offers greater flexibility in data collection and broader possibilities for modifying model structure; it utilises the GTAP (Global Trade Analysis Project) database (Pilvere, 2016; Zeverte-Rivza et al., 2017; Woltjer & Kuiper, 2014).

CAPRI employs non-linear mathematical programming techniques to assess the impacts of Common Agricultural Policy (CAP) support instruments on the open economy as accurately as possible. CAPRI consists of a supply module and a market module, which interact iteratively. The supply module covers approximately 50 crop and livestock groups, and its optimisation models can be interpreted as representative farms that maximise profit by selecting the optimal combination of outputs and inputs at given prices (Witzke et al., 2009).

AGLINK is a comprehensive global equilibrium model used to generate projections for many OECD and FAO countries. The model is an important tool for analysing domestic and trade policies. AGLINK forms part of the AGLINK-

COSIMO model and was developed by the OECD Secretariat in collaboration with OECD member countries and selected non-OECD countries, covering a subset of developing economies (Araujo Enciso et al., 2015).

GEM-E3 is a general equilibrium model that simultaneously represents the global economy, its major regions, and the 28 EU Member States. GEM-E3 is dynamic and recursive in time and uses the GTAP and EUROSTAT databases. GEM-E3 aims to capture the interlinkages between the economy, the energy system, and the environment (Capros et al., 2013).

AGMEMOD is an econometric, dynamic, partial equilibrium model that can be used to run simulations and generate forecasts for the evaluation of agricultural support instruments, programmes, and policies at both the EU and national levels (AGMEMOD, 2013). Building on a common core framework, national models incorporating country-specific features have been developed to reflect individual agricultural contexts and subsequently integrated into the combined AGMEMOD model. This approach captures the heterogeneity of farming systems across the EU while maintaining analytical consistency across national models (Sepp, 2011).

ESIM is a multi-country partial equilibrium model of agricultural production and consumption, incorporating a limited share of first-stage processing for selected products. ESIM only models the agricultural sector; therefore, macroeconomic variables such as income levels or exchange rates are treated as exogenous (Grethe et al., 2012).

GLOBIOM-EU is a global, recursive, dynamic, partial equilibrium, bottom-up model integrating the agriculture, bioenergy, and forestry sectors (Frank et al., 2013). The model is used to analyse the existence of competition in land use between agriculture, forestry and bioenergy (International Institute for Applied Systems Analysis, n.d.).

AgriPoliS is an agent-based model that simulates changes in regional agricultural structure. The model is based on the understanding of the regional agricultural structure as a complex and evolving system (Happe et al., 2006). The model aims to illustrate how farm structures in the region evolve in response to policy changes, including through the assessment of the impacts of the CAP on agricultural landscapes, biodiversity, and ecosystem services (AgriPoliS Project, n.d.).

LASAM was developed in 2016 as an econometric model designed to generate forecasts for Latvian agriculture. The model is specifically designed for small open economies, in which changes in supply levels are assumed not to affect price formation mechanisms. The LASAM model offers several significant advantages: its structure enables detailed projections at different sub-sectoral levels, allowing the analysis of agricultural sector development while accounting for the specific characteristics of different farm size classes (Pilvere et al., 2022).

The author evaluated various models used for forecasting in the agricultural sector and selected two models for detailed comparison: AGMEMOD, which is widely applied at the EU level to generate forecasts and provide comprehensive analyses of EU Member States and international trade; and LASAM, which has a more limited national focus and is specifically tailored to forecasting and policy evaluation for the Latvian agricultural sector.

These two models were selected for comparison because, while both are designed to analyse the agricultural sector, they differ in scale, methodology, and scope of application.

While the LASAM model is suitable for the analysis of Latvian agricultural policy, the author considers AGMEMOD to be a more effective tool for modelling dairy sector scenarios, as it provides a broader economic and policy context and allows for the forecasting of how EU-level policy decisions may affect the Latvian agricultural sector, including dairy farming.

The AGMEMOD model employs an integrated framework in which production, consumption, import, and export equations are interlinked to assess the agricultural sector's response to economic and policy-related factors. The variables used in the model, such as agricultural prices, cost indices, and market equilibrium indicators, enable the development of the sector to be analysed in close connection with the EU common market. This structure allows real market interactions to be captured, which is particularly important for Latvian dairy farming given its high dependence on global market trends. The LASAM model, on the other hand, mainly focuses on the assessment of national policies and trends. While this perspective is important for national planning, it provides a more limited link to international market processes.

The AGMEMOD model provides an opportunity to analyse the development of Latvian dairy farming within the EU single market. This approach provides a basis for further analysis, including the examination of efficiency and production adjustment processes, thereby reflecting the long-term direction of modernisation and structural development within the sector.

Overall, both LASAM and AGMEMOD enable the forecasting of agricultural trends and the assessment of the impacts of different policy decisions, and can therefore be used to support policy planning. However, publicly available information does not indicate that the results of such projections have been systematically integrated into Latvian policy and strategic documents. This may suggest that the potential of forecasting tools is not being fully exploited within the public policymaking process.

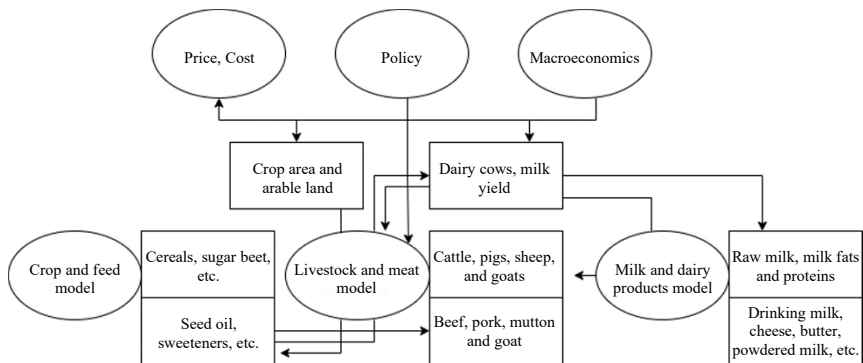
As mentioned above, one of the models used in the agricultural sector is the AGMEMOD model. The AGMEMOD partnership concept aims to establish and maintain a large-scale partial equilibrium modelling system covering all EU Member States for harmonised agricultural policy and market analysis (Salamon et al., 2008a).

The AGMEMOD model has been developed to provide an integrated modelling approach that takes the significant differences among the agricultural systems of individual Member States into account (Salamon et al., 2008a).

The model is a multinational, partial equilibrium framework designed to forecast agricultural and food markets within the EU. The model not only generates scenarios for agricultural markets but also enables the assessment of the impacts of policy measures on the sector. This includes aspects such as the impact of the direct payment system on the structure of the agricultural sector, the effects of trade liberalisation on different commodity groups, and the influence of climate change on production potential (Salamon et al., 2017). The model employs a separate template for each country, thereby ensuring analytical consistency across countries. At the country level, the model reflects agricultural policies that are specified on the basis of historical time-series data (Nehrey et al., 2019).

Overall, the AGMEMOD model serves as an important tool for agricultural policy analysis and strategic planning, offering detailed and evidence-based insights (Salamon et al., 2017).

The AGMEMOD model is based on a common national model structure that is adapted to the specific agricultural context of each country. Each individual commodity model comprises behavioural equations and identities that explain supply formation, demand formation, and price determination (Banse et al., 2011). To facilitate a clearer understanding of the structure of AGMEMOD and the effects of various economic, policy and market factors on agricultural sectors, consider Figure 1.2.



Source: compiled, translated and adapted by the author from Laquai, 2023a; Salamon et al., 2008b.

Fig. 1.2. General interrelationships in the AGMEMOD model

Figure 1.2 illustrates the factors influencing agricultural production and markets that are incorporated into the model, including macroeconomic variables as well as price and cost dynamics. The model also incorporates factors that capture interactions between crop and livestock production, thereby shaping the flows of feed and inputs across different sectors. For example, cereals and sugar beet are used for both human consumption and animal feed. The figure illustrates the interlinkages among different agricultural sectors, enabling analysis of the impacts of policy and economic decisions on food production and market development.

The model utilises both endogenous and exogenous variables to forecast the evolution of the agricultural sector and to analyse the impacts of policy measures on the market. Endogenous variables in the model are determined on the basis of historical data and interactions with other variables, whereas exogenous variables are treated as external factors not determined within the model but used as inputs for agricultural projections.

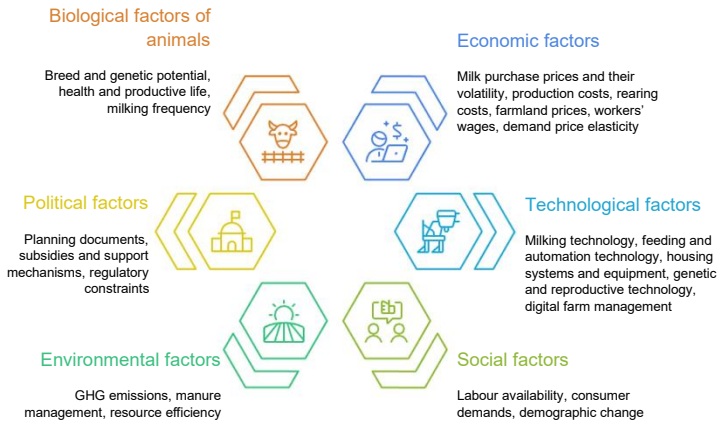
Another important feature of the model is that it defines the EU-level price (“key price”) as the price of a given commodity in the most significant national market within the EU. The national models are designed to reflect the specific characteristics of agriculture in individual countries, taking national market factors and economic conditions into account. These models are based on a common framework but are adapted to the specific characteristics of each country and subsequently integrated into a single EU-wide AGMEMOD model (Chantreuil, 2005; Banse et al., 2011).

1.3. Dairy farming and the complex factors influencing its dynamics

Cow’s milk production is regarded as a strategically important economic activity in many countries, as it not only contributes to the development of primary agriculture but also supports the processing industry, thereby generating employment across multiple economic sectors. The importance of dairy production extends beyond the primary agricultural sector, as it has a direct impact on the food industry and trade, thereby contributing to economic growth and market stability (Bełdycka-Bórawska et al., 2021).

Dairy farming is generally very dynamic. It is also important to bear in mind that the sector is made up of a complex interplay of factors that together determine its sustainability and productivity (Wattiaux, 2023).

The development of dairy farming is shaped by a complex set of interrelated factors, including political, economic, technological, social, and environmental dimensions. The interaction of these factors determines trends in dairy farming and its capacity to adapt to global economic, environmental, and societal challenges.



Source: developed by the author

Fig. 1.3. Groups of factors affecting dairy farming

The performance of dairy farming is influenced by a range of factors, the analysis of which enables a more precise understanding of the dynamics of sectoral development and competitive conditions (Naglova et al., 2017). Each major group of factors presented in Figure 1.3 comprises several sub-factors which, taken together, define the substance of that factor.

The group of economic factors includes the milk purchase price and its volatility, which constitute both a primary source of farm income and a significant source of risk. Price volatility increases uncertainty regarding returns on investment, thereby constraining farms' capacity to modernise (Pilvere et al., 2020; Schulte et al., 2018). Production costs also play an important role, especially feed, electricity and fuel prices, which have a significant impact on milk costs and farm profitability (Koutouzidou, 2022; O'Connor et al., 2014; Golas, 2017). Additional economic factors include the cost of cultivation, farmland prices and labour wages, which determine both competitiveness and the ability of new producers to enter the sector (Tozer & Heinrichs, 2001).

Technological factors, including robotic milking systems, digital monitoring tools, and biometric sensors, can significantly enhance productivity, enable the early identification of herd-level issues, and optimise the use of farm resources (Naglova et al., 2017; Lovarelli, 2020). Such technologies have the potential to reduce labour costs, improve the monitoring of animal health, and enhance the stability of milk yields.

Key social factors influencing the development of dairy farming include demographic changes in rural areas. The existing farming population is ageing, while the younger generation shows relatively low interest in conventional farming, leading to a contraction of the rural workforce (Ryan, 2023; Pilvere et al., 2020). Notwithstanding technological advances that enable farmers to

employ fewer workers, farms are still unable to operate entirely without employees.

Another important social factor influencing dairy farming is the growing public and consumer interest in animal welfare, which has led to increased demand for higher welfare standards and has required farms to adapt to more stringent requirements (Grandin, 2014; Yeates, 2024). At the same time, global population growth is increasing demand for dairy products, fuelling the expansion of dairy farming while also intensifying pressure on the environment (Grout, 2020).

Increasing public concern for environmental protection is exerting a significant influence on the future direction of dairy farming. Dairy farming is associated with substantial greenhouse gas emissions, intensive water and feed use, and challenges to soil quality and biodiversity conservation. Consequently, there is growing emphasis on the importance of sustainable solutions to mitigate the climate change impacts associated with the sector. Dairy processing activities, including the production of cheese, butter, and other dairy products, also generate significant quantities of wastewater and by-products, the management of which requires innovative technological solutions to reduce environmental pressures (Castillo, 2018; Gerber et al., 2013; Nardone et al., 2010).

Political and regulatory factors play a central role in the development of dairy farming, influencing production and trade patterns at the global and regional levels. Concurrently, effective responses to environmental and climate challenges require clearly defined frameworks with measurable targets and deliverables, alongside financial support mechanisms to assist farmers in adapting, adopting new technologies, and developing relevant knowledge (Gerber et al., 2013; European Parliament, 2024).

As dairy farming depends on the productivity of animals, animal biological factors play a significant role in shaping the sector. Cow breed represents a key factor, as it determines milk yield potential, milk composition, and longevity (Siliņa & Jonkus, 2023; Brito et al., 2021). In addition, the productive lifespan of dairy cows and the frequency of milking are important factors influencing milk volume and composition, as well as animal health status (De Vries & Marcondes, 2020; Cielava et al., 2016; Stockdale, 2006; Wall, 2011).

Analysis of the interactions among these factors indicates that they are closely interrelated and multidirectional: economic factors shape farms' investment capacity and, consequently, technological development, while adequate funding supports modernisation and innovation. Technological factors exert a significant influence on biological factors. For instance, surveillance systems can reduce disease risk and increase productivity, meaning that adverse changes in one dimension may have repercussions for others.

The factors discussed above collectively shape the conditions that are directly reflected in the performance of dairy farming. Average milk yield per cow, total

dairy cow numbers, overall milk production, and the number of livestock holdings represent key indicators of the potential and competitiveness of the dairy farming sector. Together, these indicators enable an objective assessment of developments in production capacity, resource-use efficiency, and technological progress within the sector.

Average milk yield per dairy cow represents the most widely used indicator of productivity in dairy farming, as it determines production efficiency independently of herd size (Viira et al., 2015; Olini et al., 2020; Song et al., 2024). This indicator captures both on-farm development strategies and the degree of utilisation of genetic potential (Olini et al., 2020). Average milk yield can also be used as an indicator of the degree of farm modernisation and technological progress. The adoption of integrated farm technologies, including automated milking systems and precision livestock farming solutions, can positively influence average milk yield per cow by facilitating more frequent and flexible milking regimes, enhancing feed and health management, and enabling the early identification of yield-limiting factors (Jacobs & Siegford, 2012; Bianchi et al., 2022; Trapanese et al., 2025).

Another important indicator is the average number of dairy cows, which determines the milk production potential of a farm (Oleggini et al., 2001). Furthermore, sustainable milk production at the farm level is closely associated with the longevity of dairy cows, that is, their productive lifespan (Dallago et al., 2021). It serves as an indicator of animal health, welfare conditions, and breeding efficiency. An extended productive lifespan of dairy cows reduces replacement requirements and, consequently, environmental pressures.

Total milk production is derived from the product of the number of dairy cows and the average milk yield per cow. Thus, while dairy cow numbers and milk yield constitute basic indicators, total milk production serves as a derived but equally important indicator of the sector's overall production capacity.

Another important indicator is the total number of livestock holdings, which describes the structure of dairy farming and its development trends. One of the key characteristics of dairy production is the presence of economies of scale, which leads to significant differences between farms of varying sizes. As a result, small dairy farms tend to be less competitive than larger farms, since higher unit production costs constrain efficiency and long-term market viability. At the same time, smaller farms also have advantages, such as the possibility to pay more attention to each animal (Bórawski et al., 2020b).

Collectively, these interlinked indicators capture the capacity, structural transformation, and sustainability potential of dairy production. The AGMEMOD model also incorporates these indicators within the dairy module, allowing them to be used in scenario development and policy impact assessment.

2. DAIRY FARMING POLICY AND REGULATORY FRAMEWORK

The chapter consists of 20 pages, comprising 6 tables and 3 figures.

The second chapter examines the policy and regulatory framework governing dairy farming, outlining the European Union (EU) and Latvian legal frameworks that establish the fundamental principles of milk production, processing, and market organisation. The scientific discussion of the chapter centres on the key objectives of EU agricultural policy, animal welfare, food safety, and environmental requirements. Particular attention is devoted to EU sustainability and climate policy documents, including the European Green Deal, alongside Latvia's national regulatory and institutional framework for the implementation of these requirements. The impact of the international context on Latvian dairy farming was also assessed.

2.1. Principles of EU dairy farming policy and regulation

Historically, agriculture, including dairy farming, has been characterised by significant volatility and market failures, which constrain sustainable development in the absence of policy intervention by the EU and its Member States (Bouamra et al., 2007). An appropriate regulatory framework is essential for promoting the sustainable development of dairy farming and fair competition, as it can prevent market distortions and offer adaptation mechanisms aligned with the specific characteristics of dairy farming at the national level.

Dairy farming has long played an important role within the EU's Common Agricultural Policy (CAP), both as an economic sector and as a provider of key public goods, including the preservation of rural areas, food security, and environmental sustainability. EU dairy policy not only seeks to promote market competitiveness and development, but also to ensure equitable development across EU Member States (Clay et al., n.d.).

At the same time, dairy policy is increasingly linked to the EU's environmental and climate goals. The abolition of allowances contributed to increased production, which in several Member States was accompanied by a significant increase in emissions, thereby requiring the EU to develop a framework aimed at climate neutrality (Läpple et al., 2021).

In pursuit of these objectives, several key EU agricultural policy planning documents have been established to guide the development of the sector:

- **The European Green Deal** focuses on building a sustainable economy, achieving climate neutrality by 2050 and resource efficiency (European Commission, n.d.).

- The **Farm to Fork (F2F)** strategy aims to promote an integrated food policy that covers all stages from production to consumption, while ensuring environmental, health and economic benefits (Wesseler, 2022).
- **European Climate Law** requires EU Member States to achieve climate neutrality – defined as a state in which human activities have a net-zero impact on the climate system – by 2050, with net greenhouse gas emissions reduced to zero (European Parliament and Council, 2021; Cabinet of Ministers, 2020a).
- According to the **EU Methane Emissions Reduction Strategy (2021)**, a range of mitigation technologies has been identified with the potential to enable decoupled reductions in emissions. These primarily include technologies related to improvements in animal nutrition, herd management, manure management, breeding approaches, herd health, and animal welfare. One potential mitigation solution is new approaches to catering, which is also identified in the Field to Fork Strategy (European Parliament, 2021).
- The **Action Plan to Combat Antimicrobial Resistance (AMR) 2021–2025** was developed to address the growing threat of AMR in the food and agriculture sectors. The primary objectives of this plan are to limit the spread of AMR and slow the development of resistance throughout the food chain and the wider food and agriculture sectors, while preserving the capacity to treat infections with effective and safe antimicrobials in support of food and agricultural production (Food and Agriculture Organization of the United Nations, n.d.).

Beyond the planning documents outlined above, the EU has enacted a number of laws and regulations that regulate the agricultural sector in general and dairy farming in particular. This legislation, adopted in line with the objectives set out in the planning documents discussed above, defines common requirements and standards and thereby provides a comprehensive legal framework for ensuring the sustainable and high-quality functioning of the agricultural sector. Table 2.1 summarises the main laws and regulations governing the agricultural sector, including milk production and processing processes in the EU.

Table 2.1.

Objectives set by EU dairy legislation

Document	Objective	Impact
Regulation (EC) No. 178/2002	Sets out the general principles of food law; establishes the European Food Safety Authority	Requires traceability, safety assurance and documentation throughout the milk production chain

Table 2.1, continued

Document	Objective	Impact
Regulation (EC) No. 852/2004	Defines food hygiene requirements	Requires a high level of hygiene in milking, milk collection, storage and pre-treatment; lays down requirements for premises, equipment, water quality, and hygiene of human resources
Regulation (EC) No. 853/2004	Sets specific hygiene regulations for food of animal origin	Specifies the quality requirements for raw milk (cell and bacterial counts, temperature)
Regulation (EC) No. 2017/625	Establishes official controls in the field of food and animal health	Reinforces national monitoring of animal health, veterinary checks, hygiene, milk quality, and feed safety
Regulation (EC) No. 1308/2013	Establishes the common organisation of the market in agricultural products and includes requirements for regulating the milk and milk product market	Regulates income stabilisation mechanisms, market intervention, and milk price support instruments
Regulation (EC) No. 1333/2008	Regulates the use and safety of food additives	Establishes permitted additives, safety criteria, and labelling requirements

Source: compiled by the author, based on the European Parliament and Council, 2002, 2004a, 2004b, 2008a, 2013, 2017; Chapla et al., 2023.

Through the adoption of regulations and directives and the process of harmonisation, uniform requirements are applied across all Member States for the production, storage and marketing of milk and milk products, thereby reducing the risk of introducing infectious diseases dangerous to livestock or humans.

Overall, EU dairy farming regulation encompasses several key dimensions, including sustainable resource use, climate neutrality goals, emissions reduction, and the protection of public health.

2.2. Latvian dairy farming planning documents and regulatory framework

As in all EU countries, Latvia has a number of key national planning documents directly related to dairy farming.

One of the most important planning documents is *Latvia's CAP Strategic Plan 2023–2027 (CAP 2023–2027)*. This plan aims to maintain adequate support for farmers, enabling them to ensure access to safe, high-quality, and affordable food produced in Latvia. This strategic plan affects dairy farming through a set of interlinked policy instruments. Direct payments, such as coupled income support for dairy cows and support for new farmers, contribute to cash flow stability, which is essential in a sector exposed to various forms of risk (Ministry of Agriculture, 2024a).

Another key Latvian planning document is the *National Energy and Climate Plan 2021–2030*, which outlines Latvia's objectives and the measures envisaged to achieve them across a range of sectors and activities, including greenhouse gas emissions reduction and carbon dioxide sequestration, the increased use of renewable energy sources, improved energy efficiency, enhanced energy security, the development of energy market infrastructure, and the promotion of innovation, research and competitiveness. In the context of livestock production, enhancements to manure management systems and animal nutrition are directly relevant and consistent with both Latvia's climate neutrality strategy for 2050 and the EU regulatory framework (Ministry of Climate and Energy, 2025).

Dairy farming is also directly covered by medium-term policy planning documents, such as the *Action Plan to Reduce Air Pollution 2020–2030*. The plan requires the agricultural sector (especially cattle farming) to reduce ammonia emissions. The plan is detailed and sets out specific sub-tasks, actions for implementation, and deadlines (Cabinet of Ministers, 2020b).

Achieving the objectives established in international and national policy planning documents for dairy farming development requires a coherent legal framework to support the implementation and monitoring of relevant measures. The EU has had a major impact on Latvia's legal system, especially since Latvia became an EU Member State on 1 May 2004.

In Latvia, the agricultural sector as a whole is regulated by the **Law on Agriculture and Rural Development**, adopted on 7 April 2004. This law aims to provide a legal foundation for agricultural development and to define a long-term agricultural and rural development policy aligned with the European Union's Common Agricultural Policy and Common Fisheries Policy. The law establishes mechanisms for the implementation, monitoring and evaluation of agricultural and rural development policy, with the aim of promoting sustainable development (Parliament, 2004).

The **Veterinary Medicine Law** provides a comprehensive framework for animal health protection, defining procedures for the prevention and control of infectious diseases, veterinary practice, the movement of products of animal origin, and import and transit control, together with the rights and obligations of the state, local authorities, and individuals (Parliament, 2001). Another important law is the **Law On Breeding and Animal Production**, which aims to ensure the genetic potential of farm animals. The relevant law establishes the procedure for

the selection, monitoring and breeding of livestock, including the conservation and development of breeds (Parliament, 2018). The **Animal Protection Law** establishes the procedure for keeping and using farm animals, welfare requirements, as well as the rights and obligations of the owner of a farm animal (Parliament, 1999).

On the basis of the agricultural legal framework, the Cabinet of Ministers has adopted regulations specifying the requirements and procedures governing dairy farming:

1. Regulation No. 597 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia of 6 September 2016, *Veterinary, Hygiene, and Harmlessness Requirements for the Handling of Raw Milk*, lays down the hygiene and safety requirements for the production, storage and transport of raw milk.
2. Regulation No. 73 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia of 19 February 2019, *Requirements for the Handling of Small Quantities of Raw Cow and Goat Milk*, regulates the procedure for the marketing of milk in small quantities and hygiene requirements for small farms.
3. Regulation No. 5 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia of 2 January 2008, *General Welfare Requirements for Farm Animals*, lays down general welfare requirements for the keeping and use of cows.
4. Regulation No. 228 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia of 28 May 2019 on the *Procedure for the Supervision and Performance Testing of Dairy Cows and Dairy Goats* regulates the breeding, performance testing, and data registration of dairy cows.
5. Regulation No. 116 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia of 25 February 2025, *Procedure for the Registration of Livestock and Aquaculture Animals, Their Herds and Housing, and the Procedure for Marking of Livestock*, lays down the procedure for the registration and marking of animals, herds and animal housing.
6. Regulation No. 834 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia of 23 December 2014, *Requirements Regarding the Protection of Water, Soil and Air from Pollution Caused by Agricultural Activity*, regulates the protection of water, soil and air from nitrates and ammonia.
7. Regulation No. 829 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Latvia of 23 December 2014, *Special Requirements for the Performance of Polluting Activities in Animal Housing*, lays down special requirements for polluting activities in animal housing.

In conclusion, the Latvian regulatory framework for dairy farming encompasses a set of Cabinet of Ministers' regulations addressing hygiene and safety requirements for raw milk, procedures for the marketing of small-scale milk production, animal welfare, dairy cow breeding and performance testing, livestock registration and identification, and pollution prevention and environmental protection in livestock housing.

2.3. International context and its impact on Latvian dairy farming

Latvian dairy farming is embedded within the international market and regulatory environment, which significantly shapes its operation and development. For this reason, it is exposed to international developments that affect market dynamics and competitiveness.

Latvia's accession to the European Union in 2004 represented a major turning point for the agricultural sector, creating new export opportunities through access to the EU single market and increasing competitive pressures. The *Russian import embargo (2014)* had a major impact on dairy farming in all EU countries, including Latvia. The ban covered most fruit and vegetables, meat, fish and dairy products, which accounted for a third of Russian agri-food imports before the ban (Chaptea & Caigne, 2018). Although the *abolition of milk quotas in 2015* was introduced as an EU regulatory measure, it had substantial geopolitical repercussions, resulting in a pronounced decline in milk prices throughout Europe, including Latvia. Milk quotas were the maximum amount of milk a farmer could produce and market without having to pay tax (HM Revenue & Customs, n.d.; Jongeneel & Gonzalez-Martinez, 2022). *Brexit (2021)* (the UK's exit from the EU) led to a disruption of EU legislative governance, which also affected the Latvian dairy market. The introduction of new laws and regulations on trade between the two countries made exports more costly and time-consuming, resulting in more complex supply chains and increased requirements for producers to demonstrate product origin (Brooks et al., 2021). Another event that had a major impact on dairy farming, not only in Latvia but worldwide, is *the COVID-19 pandemic (2020–2021)*, when the industry faced a crisis caused by the pandemic. The global restrictions led to industry closures around the world, affecting the entire supply chain from farmer to consumer. Supply chain disruptions and demand contractions led to lower incomes for farmers, lower production, and higher inventories (Sridhar et al., 2022). During late 2021 and early 2022, expectations of economic recovery following the COVID-19 pandemic increased, prompting many countries to prioritise inflation control and economic stimulus, including measures targeting the agricultural sector. The *full-scale Russian invasion of Ukraine in 2022* intensified geopolitical tensions between Russia and the West, leading to increased uncertainty regarding global growth prospects as a result of concerns about disruptions to global supply chains (Ozili, 2022).

It can be concluded that Latvian dairy farming has undergone significant changes in the last decade, triggered by international events. Collectively, these developments have altered market demand, production conditions, and export opportunities, prompting the need to address emerging challenges. Nevertheless, the sector has shown resilience in adapting to global trends, including rising demand for organic products and the integration of sustainable farming practices.

3. STRUCTURE AND DEVELOPMENT TRENDS OF LATVIAN DAIRY FARMING IN THE BALTIC AND EU CONTEXT

The chapter consists of 26 pages, comprising 8 tables and 17 figures.

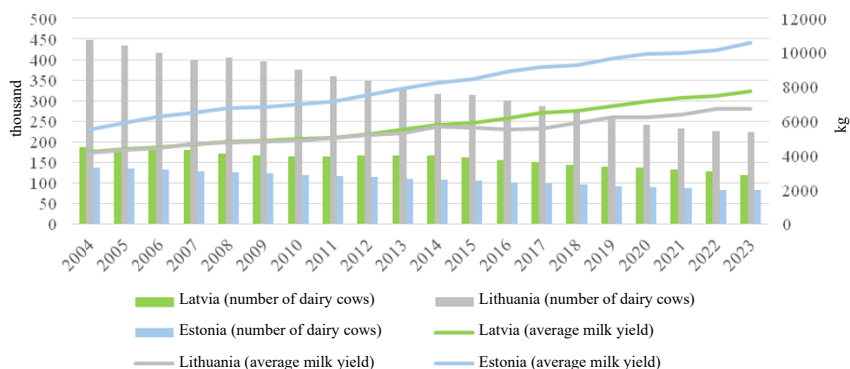
The third chapter presents a comparative analysis of dairy farming in the Baltic states, examining the dynamics and structural changes in the indicators characterising the sector. The scientific discussion of the chapter centres on trends in dairy cow numbers, average milk yield and milk production, alongside changes in farm structure. Additional focus is given to the volatility of milk prices and the growing importance of plant-based milk alternatives. The cluster analysis enabled the classification of EU countries based on similarities in the structure of dairy sector development.

3.1. Analysis of indicators of dairy farming development

Given the high degree of economic integration among the Baltic states, an analysis of dairy farming in Latvia necessitates a comparative assessment with Lithuania and Estonia. Dairy farms in these countries operate under similar geographical, climatic and regulatory conditions, while market dynamics are frequently shaped by common factors, including EU policies and global price trends. Moreover, comparing dairy farming across the Baltic states allows an assessment of Latvia's competitiveness in relation to the other countries.

Dairy farming is characterised by a number of indicators: total milk produced, number of dairy cows, average milk yield per cow, and total number of livestock holdings.

In light of the declining number of dairy cows in all the Baltic states in recent years, it is important to examine whether this trend has affected overall milk production efficiency (Figure 3.1). This necessitates an examination of average milk yield dynamics to assess whether declining dairy cow numbers across the Baltic states have translated into reduced total milk production. Given the fact that total dairy cow numbers and average milk yield per cow are key indicators of dairy farming efficiency and productivity, their cross-comparison is essential for understanding trends within the sector.



Source: author's compilation based on data from CSB n.d.-a, b; Statistics Lithuania n.d.; Statistics Estonia n.d.-a, b.

Figure 3.1. Number of dairy cows (thousands) and average milk yield (kg) in the Baltic states, 2004–2023

As illustrated in the figure, average milk yield increased across all the Baltic states between 2004 and 2023. From 2020 to 2023, Latvia saw a marked decline in dairy cow numbers, accompanied by a steady increase in average milk yield per cow. Since 2000, when the average milk yield per cow was 3,898 kg, this figure has increased significantly, reaching 7,748 kg in 2023.

Lithuania exhibits a comparable trend, characterised by a decrease in dairy cow numbers alongside a general increase in average milk yield per cow. The total number of dairy cows in Lithuania decreased over the whole period under consideration, from 494 thousand in 2000 to 224 thousand in 2023. Meanwhile, the average milk yield per cow increased significantly, reaching 6,724 kg in 2022.

In Estonia, the trend is similar to Latvia and Lithuania – the total number of dairy cows is decreasing, while the average milk yield per cow is increasing. Since 2020, when the number of dairy cows in Estonia was 150 thousand, it has been decreasing, reaching 82.5 thousand in 2023. At the same time, the average milk yield per cow increased from 4,660 kg in 2020 to 10,608 kg in 2023. Overall, milk yield growth was stable and moderate throughout the period.

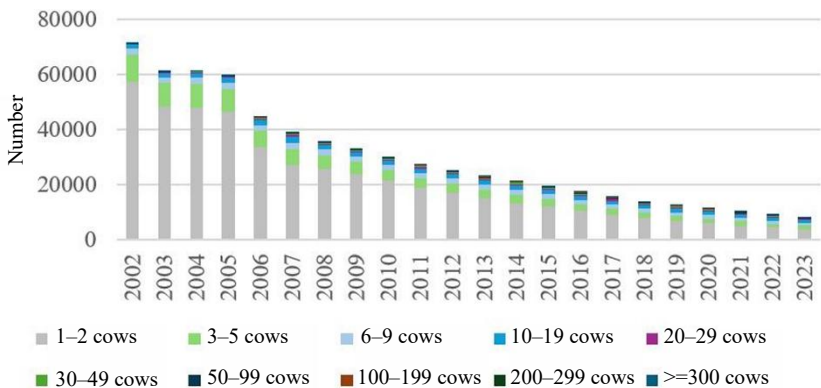
One factor contributing to this trend is the availability of Structural Fund financing following the accession of the Baltic states to the EU. Farmers benefit from a broad range of support instruments, such as direct payments, investment in agricultural production and processing, and training initiatives. Through various forms of EU funding, farmers are able to modernise their holdings by adopting advanced technologies and innovative practices, thereby enhancing farm development (Svoboda et al., 2016; Czubak, 2021).

With improved financial capacity, farmers have begun to manage their holdings more precisely and select cows with superior genetic potential for increased milk production during lactation. Genetic selection has resulted in

significant increases in milk yield, thereby contributing to higher levels of dairy productivity (Hansen, 2000; Berry et al., 2003).

Similarly, the increase in average milk yield can be attributed to changes in farm structures, whereby the number of small farms with lower milk yields has declined over time, leading to higher average productivity on medium-sized and large farms characterised by technologically advanced and intensive farming systems. Larger farms have been the primary beneficiaries of financial support, particularly following the CAP reforms, which have facilitated the development of modern animal housing systems, improvements in feed quality, and the adoption of precision livestock farming (Bórawski et al., 2020a; European Commission, n.d.-h).

Another indicator of the overall trends and dynamics within the sector is the distribution of farms by size group and the number of dairy cows. Figure 3.2 shows the number of farms by farm size group according to the number of dairy cows in Latvia.



Source: author's compilation based on the Central Statistical Bureau (CSB) n.d.-c.

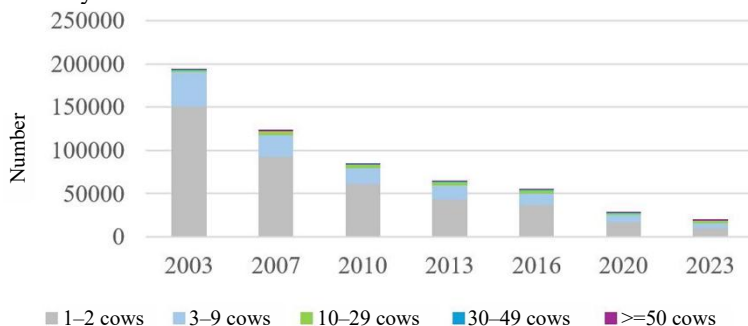
Figure 3.2. **Number of farms by size group according to number of dairy cows and total number in Latvia, 2002–2023**

Between 2002 and 2023, the dairy farming sector in Latvia underwent substantial restructuring, as evidenced by a sharp decline in the total number of dairy farms – from 71,300 in 2002 to 8,500 in 2023 – reflecting significant changes in the sector's structural composition. The most pronounced decline was observed among small farms, with the number of holdings with 1–2 and 3–5 cows decreasing by 93.28% and 87.01%, respectively, between 2002 and 2023. Latvia's accession to the EU and the subsequent introduction of requirements relating to milking hygiene, animal welfare, and manure management have also contributed to the exit of small farms, as compliance necessitated investments in farm modernisation that many small holdings lacked the capacity to undertake. Consequently, milk production has become increasingly concentrated in

medium-sized and large farms, enabling improvements in both cow productivity and the quality and hygiene of the milk produced.

In Lithuania, data on the number of farms are only available for selected years – 2003, 2007, 2010, 2013, 2020, and 2023 – but these data are sufficient to identify the overall trends in the sector.

In Lithuania, as in Latvia, the number of small and medium-sized farms decreased, while the number of large farms increased. Thus, the number of farms with 1–9 cows in 2003 was 190 thousand, while in 2023, the number of these farms had dropped to 10 thousand; thus, the number of farms with 1–9 cows decreased by 94.74% between 2002 and 2023.

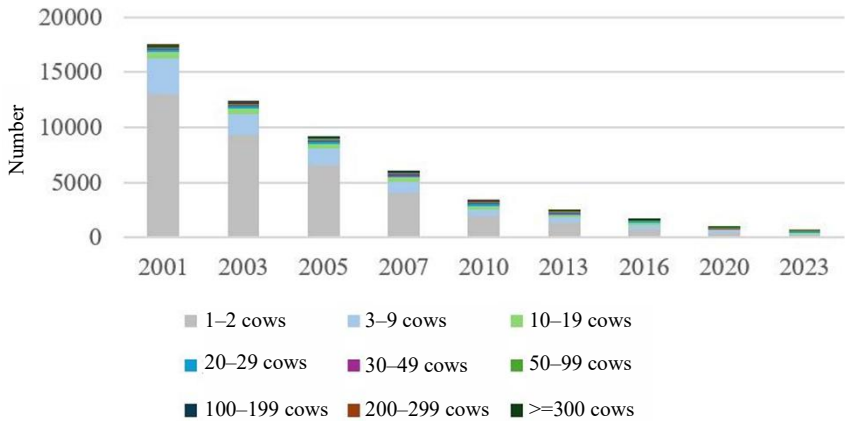


Source: based on Statistics Lithuania n.d.

Figure 3.3. Number of farms by size group according to the number of dairy cows in Lithuania in 2003, 2007, 2010, 2013, 2016, 2020, and 2023

The situation was different on farms with 30–49 cows and on farms with 50 or more cows. An increase was observed in this category of farms; for example, the number of holdings with 30–49 cows rose from 197,000 in 2003 to 592,000 in 2023.

Although data on the number of farms by size group, based on the number of dairy cows, are also fragmentary in Estonia and only available for selected years (2001, 2003, 2005, 2007, 2010, 2013, 2016, 2020, and 2023), it is nevertheless possible to identify a clear trend. The situation in Estonia has been similar to Latvia and Lithuania (see Figure 3.5).



Source: based on Statistics Lithuania n.d.

Figure 3.4. Number of farms per size group according to the number of dairy cows in Estonia in 2001, 2003, 2005, 2007, 2010, 2013, 2016, 2020, and 2023

The number of small farms has declined continuously since 2001, while trends among medium-sized and large farms have been more volatile, exhibiting both increases and decreases in certain years. Overall, the total number of farms decreased between 2001 and 2023, with the exception of holdings with 300 cows or more. The largest decreases between 2001 and 2023 were observed on farms with 1–2 cows (98.02% decrease) and on farms with 3–9 cows (95.63% decrease). However, only farms with 300 cows or more showed a steady increase, from 76,000 in 2001 to 84,000 in 2023.

In this context, it is important to analyse how these structural changes are reflected in overall milk production. Table 3.1 shows the quantities of milk produced in Latvia, Lithuania and Estonia (in thousands of tonnes) from 2004 to 2023. These data allow for the assessment and comparison of production trends across countries, and for the evaluation of whether increases in milk yield are offsetting declines in herd size and changes in farm structure.

Table 3.1.

Milk production and annual growth rates in the Baltic states, thous. tonnes

Year	Latvia	Growth rate (%)	Lithuania	Growth rate (%)	Estonia	Growth rate (%)
2004	786.4		1848.7		652.4	
2005	810.3	3.04	1861.6	0.69	670.4	2.75
2006	815.1	0.59	1891.3	1.59	691.7	3.17
2007	841.6	3.25	1936.6	2.39	692.4	0.10

Table 3.1, continued

Year	Latvia	Growth rate (%)	Lithuania	Growth rate (%)	Estonia	Growth rate (%)
2008	835.5	-0.72	1883.7	-2.73	694.2	2.59
2009	831.5	-0.47	1791	-4.92	671	-3.34
2010	834.5	0.36	1736.5	-3.04	671	0.00
2011	845.2	1.28	1786.4	2.87	692.9	3.26
2012	873.8	3.38	1778.1	-0.46	721.2	4.08
2013	915.1	4.72	1723.1	-3.09	772	7.04
2014	971.8	6.19	1795.1	4.17	805.2	4.30
2015	978.1	0.64	1738.5	-3.15	783.2	-2.73
2016	986.2	0.82	1627.7	-6.37	783.1	-0.01
2017	1000.1	1.40	1570.7	-3.50	790.6	0.95
2018	982.9	-1.71	1571.8	0.07	797.6	0.88
2019	978.9	-0.40	1551.1	-1.31	821.47	2.99
2020	988.2	0.95	1491.7	-3.82	848.06	3.23
2021	990.3	0.21	1476.9	-0.99	839.39	-1.02
2022	973.8	-1.66	1521.9	3.04	848.63	1.10
2023	962.2	-1.19	1472.9	-3.21	894.71	5.42

Source: author's compilation based on data from CSB n.d.–d; Statistics Lithuania n.d.; Statistics Estonia n.d.–d

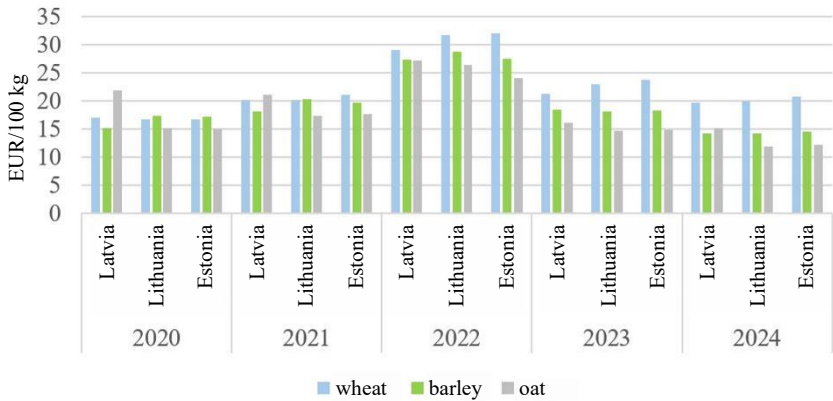
Milk production in Latvia has been stable with a slight upward trend throughout the period under review, starting from 786 000 tonnes in 2004. In 2023, milk production reached 962 000 tonnes. In 2007, milk production reached its highest level at 1,000,000 tonnes; although it declined by 1.83% in 2018, total production remained higher than in Estonia.

Estonia exhibits dynamics similar to those observed in Latvia, characterised by relatively stable and moderately increasing milk production. In 2004, milk production in Estonia amounted to 652,000 tonnes and increased to 895,000 tonnes by 2023, a level comparable to that recorded in Latvia in the same year.

In comparison with Latvia and Estonia, Lithuania exhibits substantially higher levels of milk production. Throughout the period under review, Lithuania recorded the highest levels of milk production; although production experienced periods of decline, it remained substantially higher than in the other Baltic countries. In 2004, Lithuania produced 1,849 thousand tonnes of milk, dropping to 1,473 thousand tonnes in 2023. Despite the moderate decline, total milk production is still significantly higher than in neighbouring countries.

Overall, productivity has not declined and has, in some countries, increased, despite reductions in herd size and the number of small farms.

One of the most important factors affecting milk production is the availability, quality and price of feed.



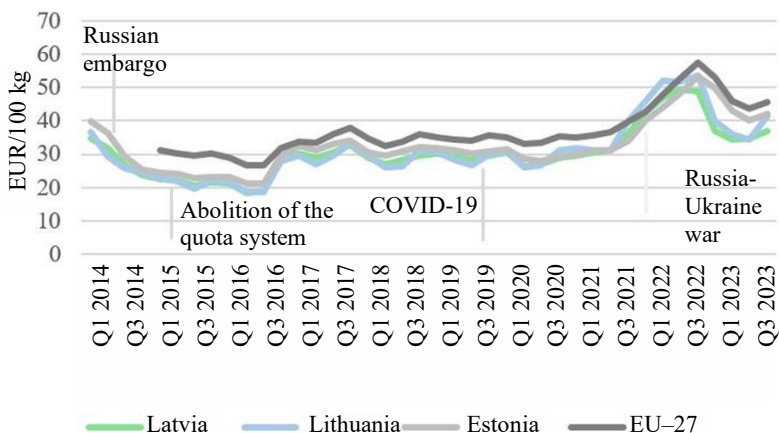
Source: author's compilation based on EUROSTAT n.d.–a data.

Figure 3.5. Cereal price developments in the Baltic countries, 2020–2024

The figure illustrates the evolution of cereal prices in the Baltic countries over the past five years, reflecting market dynamics of relevance to the dairy sector. In 2022, all three countries experienced sharp price increases, with average prices of EUR 30 per 100 kg for wheat, EUR 27.90 per 100 kg for barley, and EUR 25.85 per 100 kg for oats. In the year under review, the increase in milk prices was closely associated with global economic and geopolitical developments, particularly the Russian invasion of Ukraine, rising energy prices, and disruptions to supply chains. In 2023 and 2024, prices exhibited a declining trend, stabilising and gradually approaching pre-crisis levels. Throughout the period under review, wheat recorded the highest prices among cereals, followed by barley, while oats consistently had the lowest prices.

3.2. Milk prices in the Baltic states: analysis and trends

Production volumes and milk prices are closely interrelated, reflecting the interaction between market supply and demand. Milk prices vary across regions and are influenced by a range of economic, social, environmental, and political factors (Popescu et al., 2019). The dairy sector is a relatively volatile industry, characterised by periodic crises in which milk purchase prices fall below production costs, and influenced by a wide range of factors, from weather conditions affecting feed availability and animal welfare to broader global developments (Augustyńska-Grzymek et al., 2017). As a result, the purchase price of milk in Latvia is volatile and changes frequently, as the purchase price of milk in the Baltic countries is closely linked to the world and EU milk prices.



Source: author's compilation based on EUROSTAT n.d.–a data.

Figure 3.6. **Impact of world events on the weighted average milk purchase price in EUR/100 kg in Latvia, Lithuania, Estonia, and the EU-27**

The EU dairy market was hit by the milk crisis, with milk prices at their lowest level on record in 2014–2016. This price crisis also affected the Baltic countries, with the farm-gate purchase price of milk declining significantly during this period. This price decline was driven by the import embargo on EU agricultural products imposed by the Russian government, which entered into force on 7 August 2014, as well as by volatility in the global dairy market, particularly the sharp contraction in demand in Asian markets, most notably China, at the end of 2014 (Salois, 2016). Given the fact that China is one of the world's largest milk producers, its influence on the global dairy market, including the Baltic states, is substantial (Bai et al., 2018). During this period, the European Commission implemented a range of measures to mitigate the effects of the milk price crisis, including increased investment in the modernisation of dairy farms to keep pace with technological progress, as well as incentives to promote the breeding of high-yielding cows for the intensive production of high-quality milk (Popescu et al., 2019).

However, the highest price increases were observed in the second half of 2022. This sharp increase was driven by the Russia-Ukraine war, which disrupted production and supply chains, resulting in substantial rises in fertiliser, grain, and energy prices; these increases, in turn, raised dairy processing costs and were reflected in higher dairy product prices. Export and import restrictions also had a significant impact on milk prices, as countries were compelled to renegotiate their trading partnerships (Hassen & Bilali, 2022).

Another factor influencing dairy farming is the lactation cycle and the availability of feed resources (Paura & Arhipova, 2016). Consequently, during

spring, summer, and autumn – when fresh fodder with higher protein content is available, and calving typically occurs – milk production increases, leading to lower milk prices. By contrast, in winter, milk production declines due to generally lower feed quality and the stage of lactation, resulting in reduced market supply and higher milk prices. The impact of seasonality on milk prices in the Baltic countries and the EU-27 was examined.

As a result, milk prices exceed the average farm-gate price during the winter months – when milk production is lower – as indicated by a *seasonality index greater than 1*. This trend is particularly evident in Latvia and the EU-27 as a whole. By contrast, during the summer months, prices fall below the average level – reflected in a seasonality index of less than 1 – likely due to higher milk production, surplus supply, and lower milk purchase prices. The Baltic countries show very similar price trends, indicating a similar seasonal pattern.

3.3. Plant-based milk alternatives

When analysing traditional dairy farming and its development, it is also important to consider the growing significance of the plant-based milk alternatives sector. The plant-based dairy alternatives sector has experienced rapid global growth, driven in part by increasing consumer demand for lactose-free products. Veganism and related dietary practices have also contributed to this trend, as consumers increasingly choose to avoid or reduce the consumption of animal products, thereby diversifying their diets and substituting animal-based products with plant-based alternatives. Growing consumer demand is prompting food companies to develop plant-based alternatives to milk (Park, 2021; Pontonio & Rizzello, 2021). Plant milks are derived from a variety of plant-based ingredients such as cereals, legumes, nuts, and fruits (Pontonio & Rizzello, 2021). Soy milk, coconut milk, almond milk, rice milk, and oat milk are the most popular types of plant-based milk (Shori & Al Zahrani, 2022).

In line with rising demand, sales of plant-based milk alternatives have also increased, with an overall upward trend observed in selected European countries between 2020 and 2022 (€ 2.85 billion in 2020, € 2.06 billion in 2021, and € .21 billion in 2022).

This increase reflects the growing consumer interest in beverages made from plant-based raw materials. In 2022, Germany recorded the highest sales of plant-based milk, exceeding € 500 million, while sales in Poland amounted to € 82.5 million (Good Food Institute Europe, n.d.).

Accordingly, plant-based milk and dairy alternatives (such as yoghurt, cottage cheese, and cheese) are no longer perceived as niche products limited to vegans or lactose-intolerant consumers. Instead, this trend reflects a broader structural shift in food consumption patterns and is prompting traditional dairy businesses to pursue new adaptation strategies, including the diversification of their product portfolios to incorporate plant-based alternatives (Haas et al.,

2019). It should be noted that several dairy processors in the EU and the Baltic states have successfully adapted their traditional business models by incorporating plant-based milk alternatives into their product portfolios. Examples include Valio in Finland, which offers a wide range of Oddlygood oat-based drinks and desserts, and Tere in Estonia. In Latvia, Rīgas piena kombināts, a company within the Food Union Group, has introduced plant-based drinks and desserts under the Lakto Oat brand; however, only a single product is currently produced under this brand. As a result, the domestic range of such products remains limited, and the majority of plant-based dairy alternatives available in Latvia are imported.

The increase in the production of plant-based milk alternatives is also associated with environmental benefits. In particular, animal-based food production, including traditional dairy farming, places significant pressure on ecosystems due to high greenhouse gas emissions, intensive land use, and substantial freshwater consumption (Geburt et al., 2022).

While demand for plant-based milk alternatives is increasing and these products generally have a lower environmental impact, the sector faces several challenges, including regulatory constraints within the EU, issues related to product composition, and complexities associated with milk production processes. For example, under current EU law, only products of animal origin may be labelled as “milk”, “cheese”, or “butter”. Regulation (EU) No. 1308/2013 of the European Parliament and of the Council specifies that the term “milk” refers exclusively to normal mammary secretions (European Parliament and Council, 2013). This approach restricts plant milk producers to using the term “plant drink” instead of “milk”.

Also, despite their growing popularity and demand, the nutritional value of such products is very different from cow’s milk. Most plant-based beverages contain lower levels of complete proteins, fatty acids, and bioactive components, and lack bioactive substances such as lactoferrin, immunoglobulins, phospholipids, and nucleotides that are naturally present in cow’s milk (Park, 2021). Consequently, their biological value is lower than that of cow’s milk due to the absence of an optimal combination of essential amino acids (Karoui & Bouaicha, 2024). However, it should be noted that plant-based beverages contain other bioactive compounds, such as polyphenols and antioxidants, which may confer different physiological benefits but are not directly comparable to the bioactive components specific to milk (Aydar et al., 2020; Vashisht et al., 2024). Accordingly, plant alternatives cannot be considered nutritionally equivalent to cow’s milk.

In summary, the development of plant-based dairy alternatives in Europe indicates a significant shift in food consumption patterns, driven by both evolving consumer preferences and environmental sustainability considerations.

3.4. Identifying clusters in dairy farming in the EU

To better understand and analyse differences in dairy farming across the EU, cluster analysis – a data mining technique used to identify groups of similar entities based on multiple characteristics – was employed. This approach enables the identification of previously unknown groupings and the classification of countries according to similarities in dairy development indicators, without reliance on predefined categories (Landau & Ster, 2010).

The first stage involved factor analysis, the primary objective of which was to structure and summarise the data in order to facilitate a clearer interpretation of the relationships and patterns among variables. This method is commonly used to consolidate variables into a limited number of correlated groups based on shared variance (Young & Pearce, 2013). In the second stage, cluster analysis was conducted, grouping the sample elements in such a way that variance within clusters was minimised while differences between clusters were maximised, thereby addressing this limitation. This method allows for the simultaneous inclusion of several variables in determining the configuration (Ketchen & Shook, 1996).

The analysis uses both indicators already discussed in this thesis, as well as additional ones compiled. The clustering of EU countries was based on EUROSTAT 2023 data, with missing values in some cases replaced by data from previous years or, where statistically justified, by data from neighbouring countries.

Table 3.2

Classification of data collected for cluster analysis into groups and indicators

Group	Indicator
Milk production capacity	Number of dairy cows, volume of cow's milk collected, distribution of processed milk, cheese production, butter production, production of acidified milk products, skimmed milk powder, whey
Market dynamics indicators	Milk selling prices, crop selling prices, raw milk exports, raw milk imports, workers' remuneration, farmland prices, organic cow milk prices
Economic and demographic indicators	GDP per capita, GDP growth, employment rate, unemployment rate, share of agriculture in GDP, population change, population, land area, share of agriculture in employment

Source: developed by the author

To conduct the cluster analysis, factor analysis was first performed, resulting in the construction of composite factors. Two statistical measures are commonly

used to assess the suitability of data for factor analysis: the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure and Bartlett's test of sphericity.

Accordingly, the suitability of the input data matrix for factor analysis was assessed using the KMO measure and Bartlett's test of sphericity. The KMO value was 0.632, exceeding the minimum acceptable threshold of 0.5 and indicating that the dataset was sufficiently suitable for further analysis. Bartlett's test of sphericity yielded a p-value of 0.000, which is < 0.05 , indicating that the correlations among the variables were statistically significant and that the data were suitable for factor analysis.

To optimise the results of the analysis, a correlation analysis was conducted to identify and exclude indicators that exhibited insufficient correlation with other variables in the dataset. During the analysis, several indicators were identified as exhibiting weak correlations with the remaining variables and were therefore excluded from further analysis. These included whey prices, crop selling prices, farmland prices, organic cow milk prices, GDP growth, and the unemployment rate. The correlation should be 0.30 or higher to indicate a strong relationship between variables (Yong & Pearce, 2013). For these indicators, the maximum correlation with other variables did not exceed 0.3 and was, in some cases, negative. This result indicates low shared variance with the remainder of the dataset and a limited capacity to contribute to a robust representation of the underlying latent structure.

To better understand the relationships among the variables, a correlation matrix was constructed, the interpretation of which enabled the identification of groups of variables exhibiting strong positive or negative correlations. Incorporating these results into the factor analysis revealed a three-factor structure explaining 68.19% of the total variance, with a pooled mean value of 0.632, exceeding the commonly cited reliability threshold of 0.60 for the Kaiser criterion.

The first composite factor (F1) captures the scale and capacity utilisation of milk production and can be interpreted as a *milk production factor*. This factor exhibits very strong positive correlations with the volume of processed milk distributed (0.976), total milk production (0.972), cheese production (0.960), the number of dairy cows (0.959), employee compensation (0.959), production of acidified milk products (0.933), butter production (0.886), and skimmed milk powder production (0.849).

The second composite factor (F2) mainly describes the demand for dairy farming and can be interpreted as a *market dimension*. This factor is also strongly correlated with population change (0.778), employment (0.687), and gross domestic product per capita (0.677), indicating the important role of economic prosperity and demographic dynamics in shaping market demand.

The third composite factor (F3) describes the macroeconomic and foreign trade environment. It shows very high positive correlations with raw milk

imports (0.976) and milk selling prices (0.972), reflecting the dynamics and impact of the external market.

Based on the results of the factor analysis, a cluster analysis was subsequently conducted to group the observations according to similarities across the identified factors. The significance of the factors in the clustering process was assessed using analysis of variance (ANOVA), which evaluated the variance between and within clusters. Statistically significant differences were identified where the p-value was less than 0.05 (Henson, 2015). The results indicate that all three factors are statistically significant, as the p-values in all cases were below 0.05, confirming the presence of significant differences between clusters.

The **number of clusters** was set to **6** using the Elbow rule. The Elbow rule is based on analysing the relationship between the number of clusters and the reduction in dispersion, identifying the point at which adding further clusters no longer yields a substantial decrease in within-cluster variance (Thorndike, 1953).

Cluster 1 is characterised by a strong milk production factor, reflecting the dominance of production capacity, but with a limited influence of market and macroeconomic factors. Spain, France, Italy, and Poland are part of this cluster. The countries in this cluster are distinguished by their high milk production capacity and well-developed processing industries. These countries are characterised by large dairy cow populations (785,000 in Spain, 3,164,000 in Germany, 1,808,000 in Italy, and 1,500,000 in France in 2023, as well as 2,243,000 in Poland), and high levels of milk production. In 2023, these countries collectively produced 56,718.61 thousand tonnes of milk, representing a substantial share of total EU milk production.

Cluster 2 has relatively lower scores for all three factors, especially market aspects. This cluster is characterised by countries with limited industry capacity and lower demand. Bulgaria, Croatia, Greece, Romania, and Latvia are in this cluster. Bulgaria is located closest to the centre of Cluster 2, whereas Latvia is positioned relatively far from the cluster centre. The countries in this cluster are characterised by lower milk production intensity and weaker market development. Data for 2023 indicate that milk production in these countries is substantially lower than in Europe's leading milk-producing markets. In most of these countries, milk purchase prices are also below the EU average (€ 47 per 100 kg in 2023); for example, prices amounted to € 35 per 100 kg in Latvia and € 45 per 100 kg in Romania in 2023.

Cluster 3 is similar to Cluster 2 in terms of the milk production factor, but this cluster contains countries with more favourable market conditions. The cluster has the largest number of countries – 11 – with Finland closest to the centre. The other countries are Belgium, Estonia, Cyprus, Lithuania, Hungary, Austria, Portugal, Slovenia, Slovakia, and Sweden. This cluster comprises countries characterised by medium levels of milk production intensity, a balanced market structure, and a stable macroeconomic environment, which together support an efficient and sustainable milk production model. Milk

production in these countries is generally moderate; however, this is offset by a well-organised dairy market. The Baltic countries exhibit clear structural differences in the level of development of their dairy sectors, a pattern that is also reflected in the results of the cluster analysis. Estonia and Lithuania are in Cluster 3, while Latvia is in Cluster 2, which is characterised by a weaker market than Cluster 3. Accordingly, Lithuania and Estonia are grouped within a cluster of countries that are able to maintain relatively stable procurement prices, contributing to higher incomes and greater competitiveness. Latvia, by contrast, has maintained lower procurement prices, which, combined with a smaller processing sector and a weaker export position, explain its classification within Cluster 2.

Cluster 4 is characterised by a high market value, average performance in milk production, and a slightly negative macroeconomic environment. This pattern is characteristic of countries with strong demand, reflected in higher purchasing power and favourable population dynamics, alongside stabilised production levels. The Czech Republic, Denmark, Luxembourg, Malta, and the Netherlands are in this cluster; Denmark is the most typical country in this cluster, while the Netherlands is the least typical. Milk production is not the dominant feature of this cluster; however, market efficiency, price stability, and processing capacity are well above the EU average. The advantage for these countries, therefore, lies not in increased production but in greater production efficiency, higher value added through processing, and a more balanced market structure.

Cluster 5 has a high production factor and significant market aspects. This cluster is characterised by a strong manufacturing presence and includes a single country, Germany, that is most representative of its features. Germany exhibits a markedly higher level of manufacturing output, amounting to € 31,423,000, and accounts for nearly one-fifth of the total EU cow's milk production in 2023. However, Germany's placement in a distinct cluster is not solely attributable to its high milk production volume, but also to the strong concentration of the processing sector and the high degree of integration between dairy cooperatives, industrial processing, and export activities (Wehner et al., 2022).

In the final cluster (*Cluster 6*), macroeconomic conditions are the dominant characteristic, while milk production and market-related factors exhibit moderately positive levels. There is also one country in this cluster, Ireland. Ireland has one of the highest GDP per capita (€ 96,290 in 2023) and a high share of exports (158,656 tonnes in 2023). This indicates that dairy farming operates within the context of overall economic stability, which, in turn, facilitates access to development finance and export infrastructure for farms. Irish dairy farming is also the most important source of income for family farms in the country, generating the highest farm income among agricultural sectors. Its future development is supported by strategies aimed at increasing pasture productivity,

improving livestock fertility, and reducing feed costs, thereby enhancing the resilience and sustainability of Irish dairy farming (Teagasc, 2023).

Overall, the results of the cluster analysis show significant differences in dairy farming between European countries. At the same time, the results provide an important basis for future scenario development, as they clearly demonstrate the distinct positioning of Latvian dairy farming in comparison with Lithuania and Estonia. Latvia's inclusion in a cluster characterised by weaker structural and market indicators enables the identification of specific development bottlenecks to be modelled in future AGMEMOD scenarios.

4. METHODOLOGY AND RESULTS OF LATVIAN DAIRY FARMING SCENARIO MODELLING

The chapter consists of 27 pages, comprising 8 tables and 17 figures.

In the fourth chapter, the AGMEMOD model was applied to analyse the potential development of Latvian dairy farming under two scenarios, assessing the dynamics of dairy cow numbers, average milk yield, and total milk production. The chapter examines the effects of data updates and equation recalibration on the baseline scenario, and develops and compares alternative scenarios reflecting differing rates of farm modernisation and their implications for structural change within the sector. Additional attention is devoted to the mechanisms of milk price formation within the AGMEMOD model for the Baltic countries. At the end of the chapter, the scenarios were validated using the TOPSIS method, enabling the identification of the most appropriate scenario.

AGMEMOD is primarily used to construct the baseline scenario, which projects the future development of the agricultural market on the basis of historical trends. This scenario is based on assumptions about exogenous variables that are determined outside the model (Salamon et al., 2019). It is important to note that neither the baseline scenario nor the alternative scenarios are intended as forecasts of future outcomes, but rather as representations of possible market developments.

Given the purpose and operating principles of the model, a series of methodological steps was undertaken to enable the identification, development and analysis of scenarios.

Step 1 Expert interviews. Interviews with industry experts were conducted to gain deeper insight into the trends, challenges and potential future directions of dairy farming.

Step 2 Scenario identification. The author identified two scenarios: A "Targeted and intensive modernisation of farms" and A2 "Limited modernisation of farms".

Step 3 Database update. The AGMEMOD database was updated with Latvian data, enabling the model to operate with current inputs and thereby enhancing the reliability of analyses concerning trends, challenges and potential future developments.

Step 4 Recalibrating and adjusting the equations. A review of the model's Latvian equations was conducted, with particular attention given to those directly influencing scenario development and outcome dynamics, thereby ensuring the credibility of projections regarding future trends, challenges and potential directions.

Step 5 Developing the scenario. A new baseline scenario was developed, incorporating the updated data and equations and serving as a reference against which alternative scenarios were compared.

Step 6 Evaluating the results. The results of the scenarios were evaluated using the TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method.

The first step aimed to identify current structural changes in dairy farming, as well as the main challenges and potential development pathways. The information collected served as a basis for structuring the scenarios and selecting the modelling pathways.

The interviews took place between 6 May and 13 June 2025. The following experts were interviewed:

- Raimonds Jakovickis, Livestock expert of the association Farmers' Parliament;
- Ieva Krustiņa, Executive Director of the Latvian Holstein Breeders Association;
- *Dr agr.* Daina Jonkus, Professor, leading researcher at Latvia University of Life Sciences and Technologies;
- Aldis Kļaviņš, owner of the farm *Ceriņi*.

The selected experts represent different levels of the dairy sector – institutional, academic, and practical – thereby ensuring coverage of the production, breeding, policy, and research dimensions. Such multidimensional representation enabled the analysis of structural changes in the sector from both a strategic and policy-making perspective, as well as from the standpoint of farm operations and productivity.

To ensure a systematic approach, interview guidelines were developed encompassing the following thematic areas: farm structural dynamics; technology adoption and labour efficiency; milk quality and breeding priorities; milk processing capacity and market challenges; and the impact of climate policy on the sector.

A PESTEL (*Political, Economic, Sociological, Technological, Environmental, and Legal*) analysis based on expert interviews was conducted to identify the main external influencing factors.

The PESTEL analysis enables the formulation of important conclusions regarding development trends in Latvian dairy farming and the influence of the external environment. For example, political and legal uncertainty poses significant risks to the sustainability of the sector, while technological change is accelerating structural differentiation among farms, with larger and more modernised operations becoming increasingly competitive as the number of small farms declines.

At the same time, the results of the cluster analysis provided a foundation for the scenario design, as they indicated that Latvia belongs to Cluster 2 alongside countries characterised by lower production levels and weaker market performance. Accordingly, it is necessary to develop and assess a scenario in which Latvian dairy farming converges towards a more developed cluster (e.g., Cluster 1), as well as a scenario in which the sector maintains its current level of development and, consequently, its existing cluster position.

Against this background, two scenarios were identified.

- **Scenario A, “Targeted and Intensive Modernisation of Farms”**, represents a situation in which support for farm modernisation remains stable, enabling the majority of farms to implement the gradual adoption of new technologies. The modernisation process creates the preconditions for achieving sustainability objectives, particularly through improvements in resource-use efficiency and compliance with environmental requirements.
- **Scenario A2, “Limited Modernisation of Farms”**, envisages a situation in which the implementation of sustainability objectives is constrained by an unclear and evolving regulatory framework that reduces the attractiveness of investment in farms. As a result, modernisation is slower and more limited.

Taking the nature of the developed scenarios and their anticipated impacts into account, the key indicators requiring completion or clarification to ensure a comprehensive assessment were identified as total milk production, average milk yield per cow, and the total number of dairy cows. These indicators enable a clear quantification of the effects of gradual modernisation or regulatory-induced stagnation on milk production, production efficiency, and herd dynamics.

4.1. AGMEMOD database update, equation adjustment, and scenario development

The AGMEMOD model is based on country-level databases that incorporate historical data on the performance of a given sector, including production volumes, prices, import and export flows, and other relevant indicators. Updating the database – by adding missing observations or revising existing data – is

essential to ensure that the baseline scenario is constructed using consistent historical data and observed trends.

The Latvian dairy database was updated with the most recent data on total milk production, the number of dairy cows, average milk yield per cow, and milk procurement prices. These indicators were updated and extended to cover the period from 2021 to 2023, ensuring that the model reflects the latest industry trends. The data was completed using information published by the Central Statistical Bureau (CSB).

The data for the above indicators were updated, as they represent the most relevant measures of milk production processes and constitute an interlinked system within the model; for example, the total number of dairy cows is directly related to their level of productivity (milk yield per cow) and the overall volume of milk produced. Errors or inconsistencies in any of these elements, therefore, have a direct impact on the final results of the model.

Following the data update, a substantial downward adjustment in the baseline milk production estimate – from 1,280 thousand tonnes to 1,187 thousand tonnes – was observed, indicating that milk production had initially been overestimated in the model.

The data update also had a substantial impact on the dairy cow forecast: the baseline estimate for 2024 was revised from 174,000 to 158,000 cows.

Updating the average milk yield data enabled the incorporation of historical information into the forecast, which consequently begins in 2024 rather than in 2006, as originally specified.

Another indicator for which the data have been revised and updated is the purchase price of milk. The data initially used in the model did not correspond to the official CSB figures from 2000 onwards, so the data were updated. The database was also updated with missing data for 2021–2023. At the same time, it was found that the equation did not include historical data. Following the database update, the forecast period was shifted to commence in 2024.

Data recovery constituted an essential step in re-establishing the continuity of the historical data series. Overall, this refinement of the data ensured that the model was consistent with actual conditions.

To ensure an adequate representation of developments in the Latvian dairy sector and to support robust scenario development, selected AGMEMOD model equations were recalibrated and adjusted. With regard to the revision of the equations, it is important to note that they may differ across countries, reflecting the specific characteristics of each national context. The Latvian equations for key indicators – such as total milk production, the number of dairy cows, and average milk yield per cow – appear not to have been revised since 2017, as the AGMEMOD ModelEquations file does not record the dates of equation revisions.

The author began with the equation relating to milk yield per cow, as this indicator reflects production efficiency and serves as a key measure for assessing

productivity changes in dairy farming. The equation for total milk production was then revised.

In both cases, the baseline forecast was revised following the data update and, for 2024, was substantially closer to the actual observations reported by the CBO. Specifically, the average milk yield estimate of 8,124 kg per cow closely approximated the observed value of 8,239 kg per cow recorded by the CBO in that year, while the deviation for total milk production amounted to 58,000 tonnes. The discrepancy was considerably larger in the previous specification, reaching 228 thousand tonnes. Overall, these revisions improved the consistency of the model with observed developments.

However, the equation for the number of dairy cows was not revised, as it is derived from the total volume of milk produced and the average milk yield per cow, both of which were revised previously. After the relevant equations were refined, AGMEMOD automatically recalculated the results for the relevant indicator.

Scenario development only commenced after the AGMEMOD database had been updated and the equations revised, as these preliminary steps provide an appropriate foundation and ensure methodological consistency for subsequent modelling.

Development of scenario A “Targeted and Intensive Modernisation of Farms”

Agricultural development is increasingly driven by productivity gains achieved through the adoption of modern technologies. This approach is particularly applicable to dairy farming, where increases in milk yield are closely associated with more precise feeding practices, advanced animal health monitoring solutions, automation, and digitalisation, while genetic selection represents an additional driver of long-term productivity gains in the sector. Studies have shown that milk yield exhibits a moderately high degree of heritability, which enables effective selection and supports sustained productivity gains over successive generations (Hassoun et al., 2023; Abiri et al., 2023; Méndez-Zambrano et al., 2023; Lee et al., 2019).

The adoption of such technologies can both reduce unit labour costs and enhance animal welfare outcomes by enabling the early detection of health deviations and facilitating real-time management adjustments. At the same time, these solutions contribute to more sustainable agricultural practices and help to reduce the environmental impact of the sector (Hassoun et al., 2023; Abiri et al., 2023; Méndez-Zambrano et al., 2023).

Similarly, various EU reports indicate that future growth in the dairy sector is unlikely to be driven by increases in herd size, but rather by improvements in the productivity of existing animals, which are closely linked to the adoption of new technologies on farms (European Commission, 2024; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2025).

The cluster analysis further indicated that Latvia is currently grouped within a cluster characterised by lower productivity and weaker market conditions compared with those of its neighbouring countries. Farm modernisation would enable productivity gains and facilitate a transition towards a more competitive cluster dominated by countries with higher levels of technological sophistication, more efficient production systems, and a more stable position in international markets.

The country also has guarantee instruments for the agricultural sector, which are managed by the Development Finance Institution ALTUM. These instruments aim to facilitate access to financial resources for agricultural and rural enterprises, particularly in cases where insufficient collateral limits access to bank lending (ALTUM, n.d.). However, access to credit for small and medium-sized farms in Latvia remains severely limited. The principal obstacles are insufficient collateral, limited equity capital, and the low financial turnover of farms, which frequently does not satisfy the requirements imposed by commercial banks (Grivins et al., 2021).

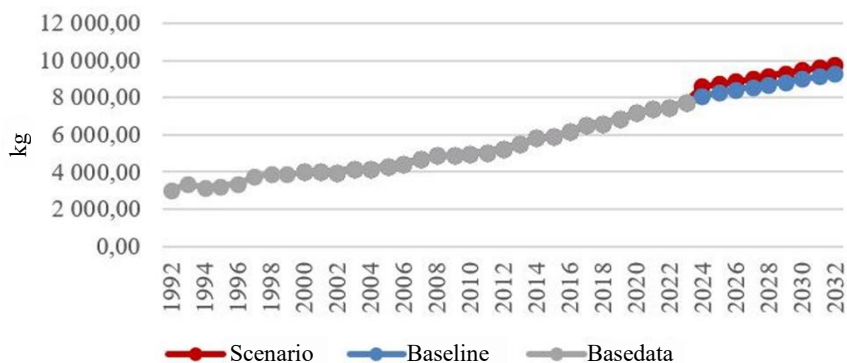
It is also important to highlight the adoption of practices at the farm level, as this enables familiarisation with new technologies and their practical implementation (Latvian Rural Advisory and Education Centre, n.d.–c).

In light of the development trends observed to date and the technological trajectory of Latvian dairy farming identified through expert interviews, it is assumed that farm modernisation and the continued adoption and development of technologies within the Latvian dairy sector will persist.

Scenario A, “Targeted and Intensive Farm Modernisation”, depicts a targeted and structured model of farm modernisation, incorporating technological integration into production processes as a key determinant of long-term productivity growth.

The scenario is modelled using an average milk yield per cow equation, consistent with expert assessments and EU policy documents indicating that the future development of the sector will be driven by productivity growth rather than herd expansion. Within the model’s framework, average milk yield is functionally related to the number of cows, with productivity improvements enabling market demand to be met using fewer animals. The impact of technology and modernisation is captured in the model through the trend component TREND70, whose coefficient is increased from 147 to 150 (2.04%) under the scenario, thereby modelling a gradual increase in productivity. To maintain consistency with the most recent observed years, the free term of the equation was calibrated using the Intercept Calibration Tool, thereby ensuring a smooth transition from the historical data to the forecast period.

The results of Scenario A, “Targeted and Intensive Farm Modernisation”, which simulates the gradual introduction of technologies in Latvian dairy farms, indicate a positive long-term impact on average milk yield per cow.



Source: AGMEMOD results

Figure 4.1. Results of scenario A “Targeted and Intensive Modernisation of Farms”, kg

Under the baseline scenario, the milk yield in 2032 is assumed to be 9,295 kg, whereas under the gradual farm modernisation scenario, this value increases to 9,769 kg. This means that the projection increases by 474 kg or about 5.1% compared to the original trajectory. This difference points to a targeted technological potential to improve the efficiency of milk production.

Other important parameters of milk production – number of dairy cows and total milk production – were also affected in this scenario.

Table 4.1.

Relative difference between scenario A “Targeted and Intensive Modernisation of Farms” and the “Baseline” scenario, %

Indicator	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Number of dairy cows	-5.24	-5.38	-5.33	-5.28	-5.23	-5.18	-5.13	-5.08	-5.03
Total quantity of milk produced	0.00	-0.20	-0.20	-0.21	-0.20	-0.20	-0.19	-0.19	-0.19

Source: AGMEMOD results

The table below shows that, over the projection period, the number of dairy cows under the technology adoption scenario is approximately 5.0–5.4% lower than under the baseline scenario; however, this difference gradually narrows, declining from –5.24% in 2024 to –5.03% in 2032. At the same time, total milk production remains virtually unchanged (average deviation of –0.19%), indicating that increases in productivity per cow compensate for the reduction in herd size and are consistent with the direction of structural change in the sector.

Taking the gradual introduction of technologies in Latvian dairy farming modelled in Scenario A into account, “Targeted and Intensive Farm Modernisation”, an alternative development pathway was also modelled, assuming a slower pace of modernisation and a more limited adoption of technologies on farms, constrained by institutional and structural barriers.

Development of scenario A2 “Limited Modernisation of Farms”

Agriculture in the EU and Latvia is increasingly subject to environmental and climate policy requirements, as set out in documents such as the European Green Deal, the EU Methane Emissions Reduction Strategy, and the Latvian CAP 2023–2027. These requirements contribute to more sustainable production but also increase cost burdens and uncertainty for farms planning investments in technology.

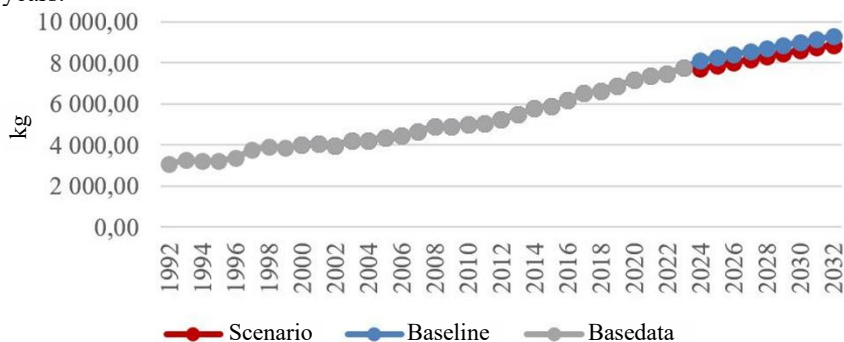
At the same time, according to the European Court of Auditors’ 2024 report, the CAP does not meet the EU’s climate and environmental ambitions, as it lacks key elements for measuring environmental performance, sufficiently clear targets, and result-oriented indicators. The report further notes that, with regard to agricultural GHG emissions in Latvia, the CAP Strategic Plan neither sets a national target nor specifies the expected contribution to reducing these emissions (European Court of Auditors, 2024). This also implies that the EU lacks effective instruments to stimulate a green development pathway, including reductions in GHG emissions, thereby creating policy uncertainty (Changing Markets Foundation, 2023).

In Latvia, there is also a time lag between policy implementation and investment cycles; for example, the Recovery and Resilience Facility expires in 2026, while methane-related regulatory requirements are still being finalised (Ministry of Finance, 2025). The high administrative burden hinders the uptake of funding and, in some cases, limits the use of available funds (Ministry of Agriculture, 2024b).

At the same time, the pace of farm modernisation in Latvia is significantly constrained by structural factors, particularly among small farms, which are characterised by low levels of economic activity, limited access to capital, and fragmented access to information, resulting in slow structural change (Veveris & Puzulis, 2018; TVNET, 2024; Latvian Rural Advisory and Education Centre, n.d.–d). For this reason, small farms require dedicated policy measures and targeted investments to stimulate their development and ensure their continued viability.

In light of the above, and reflecting expert views that uncertainty in climate regulation and ongoing structural changes in the sector are constraining long-term investment in farms, an alternative Scenario A2, “Limited Modernisation of Farms”, is developed. Given the increase applied in Scenario A (from 147 to 152), the TREND70 coefficient in Scenario A2 is reduced by the same magnitude (2.04%) as it was increased in Scenario A. Following this adjustment, the equation was calibrated by modifying the free term using the AGMEMOD

Intercept Calibration Tool to maintain consistency with the most recent observed years.



Source: AGMEMOD results

Figure 4.2. Results of scenario A2 “Limited Modernisation of Farms”, kg

The figure shows that, under the assumption of stagnation in technology adoption due to environmental requirements and regulatory uncertainty, average milk yield per cow increases more slowly than in the baseline scenario. The shape of the curve maintains its historical upward trend, but with a lower slope: the growth rate flattens, and the gap between the scenario and the baseline scenario gradually widens over time.

Given the equation for the number of dairy cows and its dependence on average milk yield, this indicator is also affected under the scenario.

Table 4.2.

Relative difference between scenario A “Limited Modernisation of Farms” and “Baseline” scenario, %

Indicator	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Number of dairy cows	5.09	5.24	5.19	5.14	5.09	5.04	4.99	4.94	4.89
Total quantity of milk produced	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19

Source: AGMEMOD results

Livestock numbers under the scenario are at least 5% higher than in the baseline scenario by 2029; however, by 2032, the difference decreases to 4.89%. This indicates that, in a context of slower productivity growth, more cows are needed to maintain production. At the same time, total milk production remains virtually unchanged over the entire period, with a relative difference of less than 0.20%.

A comparison of the three scenarios shows how different rates of technology adoption can affect productivity. In 2032, Scenario A records an average milk yield per cow of 9,769 kg, which is 4.85% higher than under the baseline scenario and 9.12% higher than in Scenario A2, where technology adoption is slowed. This gap does not emerge abruptly but develops gradually over several years. Farms that maintain investment activity and adopt automated solutions are able to increase milk yield per animal while reducing their dependence on herd size.

4.2. Price dynamics and adjustments of AGMEMOD

Another important indicator in dairy farming is the purchase price of milk. It responds to a wide range of external factors and has a significant impact on farm capacity, investment decisions and production strategy. Prices also shape consumer demand (Bórawski et al., 2020a).

Milk purchase prices in the AGMEMOD model are determined using econometric equations that reflect underlying price formation mechanisms. These equations may be based either on the prices of other dairy products (e.g., skimmed milk powder, butter and cheese) or on milk prices in other countries. The choice of such linkages can also influence the outcomes of dairy farming scenarios.

In order to better understand the mechanisms of milk price formation in Latvia, it is also important to analyse the pricing equations applied in Lithuania and Estonia.

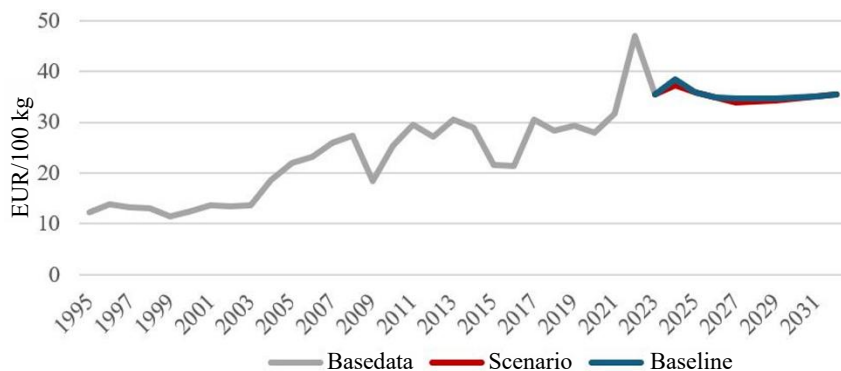
The first country to have its equation evaluated is Lithuania. The AGMEMOD Excel file ModelEquations indicates that the country-specific equation is specified such that the milk purchase price depends on the prices of other products, namely butter and cheese. Dependencies on prices in other countries are not included in this equation.

In Estonia, the milk price is similar to that in Lithuania, i.e., it depends on the prices of other products. In the case of Estonia, the price of skimmed milk powder is included in the equation in addition to the price of butter and cheese. Dependencies on prices in other countries are not included in this equation.

The Latvian milk price equation differs markedly from those of Lithuania and Estonia, as the price is not derived from the prices of other dairy products (e.g., butter or cheese) but is instead linked to the German milk purchase price.

Based on the Granger causality analysis presented in Raw Milk Price Transmission in Selected EU Countries, it is assumed that the Latvian milk purchase price depends on German and Polish milk prices, while no reverse relationship is identified. This means that Latvian prices are following leading EU market trends. In Lithuania and Estonia, however, milk purchase prices are less dependent on external markets and more determined by internal factors or the prices of other dairy products.

As the Latvian milk price may also respond to Polish milk prices, the author adjusted the price equation to incorporate Polish prices and compared the results with the Baseline scenario, in which prices depend on German prices (Figure 4.3).



Source: author's compilation based on AGMEMOD results.

Figure 4.3 Milk purchase prices in relation to German and Polish prices, EUR/100 kg

The red curve (“Scenario”) illustrates the dynamics of the Latvian purchase price when it is modelled as dependent on the Polish price level, while the blue curve (“Baseline”) shows the dynamics when the price is linked to German milk prices. The corresponding graph shows that the price difference is not substantial: in 2024, the German price is forecast at EUR 38.50 per 100 kg, while the Polish price is projected at EUR 37.28 per 100 kg; by 2032, the Latvian milk price converges to the same level under both equations, reaching EUR 35.40 per 100 kg. These dynamics indicate that Latvian milk procurement prices are closely correlated with developments in external markets and are able to adjust to changes in both the German and Polish markets, reflecting the effects of market integration.

4.3. Validation of the resulting scenarios using the TOPSIS method

The final step, after the scenario results have been obtained, is the validation of the scenarios. In such cases, Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) methods are used, which provide a structured approach to evaluating and comparing alternatives (Belton & Stewart, 2002). MCDA aims to support decision-makers in selecting the most appropriate option based on quantitative and/or qualitative criteria, while ensuring transparency and a rational justification for the choice (Greco et al., 2016).

One of the MCDA methods is the TOPSIS method, developed by Hwang and Yoon in 1981. It is particularly well-suited to situations in which multiple alternatives must be evaluated on the basis of diverse quantitative and qualitative criteria. The basic idea of the method is that the optimal solution is the one that is the least distance from the *ideal positive alternative* and the greatest distance from the *ideal negative alternative* (Tzeng & Huang, 2011; Durbach & Stewart, 2012; Zavadskas et al., 2016). The author has used the TOPSIS method to assess dairy scenarios based on the results of the AGMEMOD model. Three criteria were analysed as part of the assessment: *average milk yield per cow*; *number of dairy cows*; *total milk produced*. The TOPSIS calculations use the scenario point values for 2032, the final year of the projection period, thereby ensuring that the comparison reflects the long-term position of each scenario. Three scenarios were defined as alternatives: **baseline**, **A** and **A2**. The author uses the classical version of the TOPSIS method (Roszkowska, 2011).

In the TOPSIS analysis, the scenarios were aggregated into a decision matrix with the corresponding evaluation criteria, which were then normalised to ensure comparability across criteria. The criteria were weighted equally (1/3), ensuring a neutral and methodologically sound comparison of scenarios (Zhou, 2006). To initiate the application of the TOPSIS method, a decision matrix containing the initial (non-normalised) data for the selected alternatives was constructed.

Table 4.3.

Decision matrix with real outputs (before normalisation)

Alternative	Average milk yield	Total milk volume	Number of dairy cows
Baseline	9295.7	836.6	90.0
A	9769.0	835.9	85.5
A2	8878.0	838.2	94.4

Source: developed by the author

Although MCDA methods traditionally assume independence among criteria, in practice these criteria often interact, giving rise to both reinforcing and overlapping effects. This interrelationship between criteria does not constitute a methodological flaw if it is conceptually sound and consistent with the logic of the system under analysis (Greco et al., 2016; Cinelli et al., 2020).

In this case, the selected indicators can be related to three levels of analysis:

- Average milk yield describes the micro-level – production intensity, technological development and efficiency at the farm level;
- The number of dairy cows is a proxy for the meso level – the structure and scale of the sector;
- Total milk production is a macro-level measure of the total milk production and productivity of the sector.

This combination of indicators ensures that the TOPSIS method captures both production structure and output dimensions, thereby enabling a balanced assessment of the relative efficiency of the scenarios. This approach provides a

consistent vertical linkage between microeconomic indicators and total sectoral milk production; however, future research should enhance the method by incorporating additional independent indicators (e.g., investment intensity or emission efficiency).

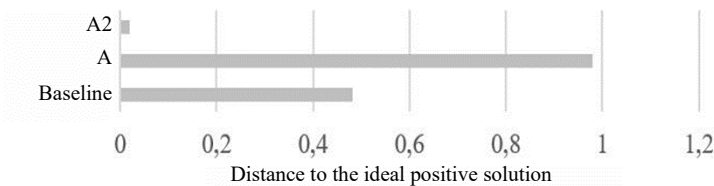
Table 4.4.

Intermediate results of TOPSIS method calculations according to the scenarios

Alternative	V_{k1}	V_{k2}	V_{k3}	S_i^+	S_i^-	C_i^*
Baseline	0.192	0.192	0.192	0.014	0.013	0.482
A	0.202	0.192	0.183	0.001	0.026	0.980
A2	0.183	0.193	0.202	0.026	0.001	0.020

Source: developed by the author

The results of the TOPSIS analysis summarised in Table 4.4, clearly show the differences between the scenarios considered. Scenario A, “Targeted and Intensive Farm Modernisation” ($C = 0.980$), exhibits the highest relative proximity coefficient to the ideal solution, indicating its dominant position and balanced performance across all selected criteria. The baseline scenario demonstrates an intermediate outcome ($C = 0.482$), while Scenario A2, “Limited Modernisation of Farms”, is the furthest from the ideal solution ($C = 0.020$). The ranking of scenarios (Figure 4.3) confirms that an intensive and targeted modernisation approach provides the most favourable trade-off between average milk yield, total milk production, and the number of dairy cows.



Source: developed by the author

Figure 4.3. **Ranking of scenarios by TOPSIS results**

As a result, Scenario A, “Targeted and Intensive Farm Modernisation”, is closest to the ideal solution, indicating balanced performance across all evaluation criteria and a dominant position among the alternatives considered. **This implies that selecting this scenario would yield the most optimal trade-off between the positive and negative values of the individual indicators.**

KEY FINDINGS

1. Forecasting is an essential planning and decision-making tool which, through a systematic approach to the analysis of multidimensional data, enables preparation for future uncertainties and supports evidence-based decision-making. A four-step cycle – defining the objective, collecting qualitative data, applying the method, and interpreting the results – ensures both the accuracy of the forecasts and their practical usability.
2. Forecasting models play an important role in analysing the regulatory and market environment of the agricultural sector, as they enable the identification of potential system malfunctions and the timely prevention of potentially destructive consequences. Different types of models are used to analyse the agricultural sector, mostly general or partial equilibrium models. Models such as MAGNET, CAPRI, AGLINK, AGMEMOD, and LASAM provide the opportunity to assess both market and policy scenarios.
3. Dairy farming plays a strategic role in the agricultural and food production system as a primary production stage, forming the foundation for the development of the dairy processing industry and the market. At the same time, the sector faces various environmental, economic, and social challenges. The interaction of these factors affects production development, competitiveness, and the capacity to adapt to changing market and policy conditions at both national and global levels.
4. Dairy farming is among the most intensively regulated agricultural sectors, and is closely embedded within the EU regulatory framework, which establishes environmental and climate targets, market support mechanisms, and other rules with which Member States must comply. In view of the above, EU regulations and strategic objectives exert a direct influence on the development opportunities of the Latvian dairy sector, necessitating their integration into national legislation and the adaptation of policy instruments in line with EU priorities. Environmental requirements have become an essential part of EU and Latvian agricultural regulation. Legislation and strategic frameworks, such as the European Green Deal, the Farm to Fork Strategy, and the Latvian Climate Neutrality Strategy 2050, establish targets for environmental protection, biodiversity conservation, and food system sustainability. At the same time, as dairy farming is among the sectors with high methane and ammonia emissions, particular attention is being directed towards innovations in technology, manure management, and biogas production to reduce emissions.
5. Dairy farming in Latvia constitutes an important component of the agricultural sector, contributing to employment, farm incomes, rural development, and the supply of dairy products to the population. However, it is exposed to external shocks such as the COVID-19 pandemic and the Russia-Ukraine war, which have significant implications for the stability of

- dairy farming (e.g., disruptions to supply chains and shifts in demand dynamics), thereby complicating long-term farm development planning.
6. The Baltic countries exhibit similar trends in dairy farming, including a decline in the number of dairy cows, a substantial increase in milk yield per cow, a reduction in the number of small farms, and a growing share of medium-sized and large farms. While all Baltic countries have experienced declines in the number of dairy cows and small farms, overall milk production has remained stable or has even increased. In Latvia, milk production increased from 786,000 tonnes to 962,000 tonnes over the period 2004–2023. Estonia exhibited a similar trend during the same period, with production rising from 652,000 tonnes to 895,000 tonnes. In Lithuania, by contrast, a moderate decline was observed, with milk production decreasing from 1,849,000 tonnes in 2004 to 1,473,000 tonnes in 2023.
 7. An analysis of seasonality effects on milk prices in the Baltic countries shows that during the winter months, when milk production is lower, milk prices exceed the average procurement price (seasonality index greater than 1), whereas in summer, prices fall below the average level (seasonality index less than 1). This indicates that cows' lactation cycles and feed availability influence dairy production dynamics, leading to higher production levels during the summer months, the accumulation of supply surpluses, and a consequent decline in milk procurement prices.
 8. Traditionally, dairy farming constitutes the primary stage of milk production, while dairy processing activities – such as the production of cheese, butter, and fermented milk products – form the subsequent link in the milk value chain. Data for 2021–2023 indicate that Lithuania is the clear leader in the production of these dairy products among the Baltic countries, which can be attributed to its well-developed processing infrastructure and strong export performance, with approximately half of total dairy output being exported.
 9. A cluster analysis was carried out to identify sectoral differences at the EU level, the initial step of which consisted of a factor analysis. Thus, three complex factors were identified: the milk production factor (F1), the market aspects (F2) and the factor characterising the macroeconomic and foreign trade environment (F3). The F1 factor comprised indicators reflecting the production potential of the sector, exhibiting strong positive correlations with processed milk volumes (0.976), total milk production (0.972), and cheese production (0.960). The F2 factor describes demand and is strongly correlated with population change (0.778) and gross domestic product per capita (0.6771). The F3 factor reflects external market dynamics and showed high positive correlations with raw milk imports (0.976) and milk selling prices (0.972).
 10. The cluster analysis revealed significant structural differences in dairy farming across EU Member States, indicating that countries belong to distinct development groups. Accordingly, six clusters were identified: Clusters 1 and

5 have a strong production performance and positive market aspects, while clusters 2 and 3 have a significantly weaker production performance, cluster 4 has a high market aspect and cluster 6 is dominated by the macroeconomic environment factor. At the same time, the analysis showed clear differences among the Baltic countries: Lithuania and Estonia belong to one cluster, whereas Latvia forms a separate cluster. All countries are in clusters with weak manufacturing, but Lithuania and Estonia are in clusters with relatively better market aspects.

11. Technology adoption in dairy farming is increasingly becoming a key determinant of competitiveness and sustainability; however, in Latvia, its implementation at the farm level is constrained by policy uncertainty and delays in the deployment of support mechanisms. This has a particular impact on small and medium-sized farms, which need a stable and clear support framework to take the risks of modernisation.
12. The accurate functioning of the AGMEMOD model requires a set of historical data that serves as the basis for the equations applied in both the baseline and alternative scenarios. Updating the AGMEMOD database prevented artificial jumps in the initial stages of the projections, thereby ensuring that the estimated trajectories are more closely aligned with historical dynamics. At the same time, the revised equations significantly improved the consistency of the forecasts with the actual CSB 2024 data, reducing the discrepancy in average milk yield per cow to 115 kg and the difference in total milk production to 58,000 tonnes.
13. Scenario A, “Targeted and Intensive Farm Modernisation”, demonstrates the potential for gradual development in dairy farming, whereby farm modernisation and technology adoption contribute to higher milk yields while mitigating the impact of herd decline on overall production. Scenario A2, “Limited Farm Modernisation”, highlights the risks associated with environmental regulation and policy uncertainty when the pace of innovation slows. Overall, the analysis of both scenarios indicates that the competitiveness of the sector is closely linked to a sustained intensity of policy support and technological deployment.
14. In the AGMEMOD model, Latvian milk prices are primarily correlated with German milk prices rather than with the dynamics of other dairy product prices, in contrast to the cases of Lithuania and Estonia. This approach does not account for the specificities of domestic demand structure, thereby limiting the model’s ability to capture Latvian consumers’ sensitivity to dairy price fluctuations, which may in turn affect assessments of internal market balance and the analysis of policy effectiveness.
15. The TOPSIS analysis allowed the scenarios to be compared and evaluated in terms of their relative suitability under different criteria. The results indicate that the technology adoption scenario achieved the highest score, whereas the stagnation and restrictive requirements scenarios exhibited lower

development potential. As a result, Scenario A, “Targeted and Intensive Farm Modernisation”, can be regarded as the most appropriate option.

16. The hypothesis that the use of a model adapted to the specific characteristics of Latvian dairy farming enables the development and evaluation of alternative sectoral development scenarios, reflecting the effects of modernisation and policy measures on the structure and productivity of dairy production, is confirmed, albeit with limitations related to data quality and the influence of external market factors. Accordingly, it can be concluded that the scenario results capture prevailing trends and facilitate comparative analysis across scenarios.

PROBLEMS AND SOLUTIONS

First problem: Latvian dairy farming is highly dependent on global commodity price fluctuations, market volatility, and geopolitical shocks. However, the country lacks a systematic market risk management framework that integrates regular market forecasting with timely risk identification and effective knowledge transfer to strengthen farm resilience and support evidence-based decision-making.

Proposed solutions:

- The responsible Ministry (MoA), in cooperation with industry experts and research institutions, should develop a national agricultural market forecasting and price monitoring system that regularly collects and analyses key risk indicators (e.g., feed and energy price indices, milk procurement price volatility, and export and import restrictions) and provides timely, analytically robust information to mitigate potential adverse impacts.
- The existing training provision of the LACF should be expanded by introducing regular seminars on global market trends, the implications of price volatility, risk management tools, and strategic planning at the farm level. Such an expansion would complement the existing training provided by the LFCC, offering farmers a broader perspective on market signals and available adaptation options. The knowledge gained would enable farms to formulate sustainable development strategies and select more appropriate risk management tools.
- LBTU should continue research aimed at strengthening the resilience of agriculture and food production to crises by consolidating the scientific evidence base and developing educational materials and e-tools for risk forecasting and assessment.
- The responsible Ministry (MoA), in cooperation with the Rural Support Service, should develop and expand risk insurance services tailored to dairy farming, including income stabilisation instruments and climate risk

coverage, supported by more flexible public co-financing mechanisms for insurance premiums to enable farms to manage external risks more effectively.

Second problem: International forecasting models that would enable the development of Latvian dairy farming to be modelled within the broader EU market context, and the impacts of EU policy and market changes to be assessed, are not yet fully utilised in Latvian dairy sector planning. Nor are there mechanisms in place to facilitate the integration of such forecasting models into policy planning processes.

Proposed solutions:

- Inter-institutional cooperation among research institutions, sector experts, and policymakers (MoA) should be promoted through long-term funding arrangements that extend beyond individual projects, thereby ensuring the sustained engagement of human resources and the stability of collaborative frameworks (e.g., through LBTU, the Institute of Agresources and Economics, and other institutions). Within the framework of such cooperation, joint working groups could be established to model alternative sectoral development scenarios, thereby ensuring the systematic integration of foresight outcomes into policy planning.
- The responsible ministry (MoA) should develop a methodological framework and guidelines outlining how the results of forecasting models can be applied and interpreted in the preparation of policy documents and sectoral strategies, as well as in the evaluation of support programmes.
- LBTU should join the AGMEMOD consortium and become an official partner, thus providing access to the core model, and collaborate with researchers from the Wageningen University Social & Economic Research Centre and the Thünen Institute.

Third problem: Latvian dairy farming is characterised by comparatively lower production and market development indicators in the EU context, alongside a high degree of structural fragmentation among farms. This calls for a more targeted approach to support and advisory services, linking farm structural characteristics to development potential and to the national and EU instruments available.

Proposed solutions:

- The Rural Support Service, in cooperation with the MoA and the Latvian Rural Advisory and Education Centre, should introduce a targeted farm development approach (e.g., a “Farm Development Roadmap”) which, based on a farm’s structural indicators (e.g., number of dairy cows, milk yield, turnover, and investment history), proposes an appropriate development pathway and links the farm to suitable advisory services and national and EU funding instruments, thereby ensuring consistent, capacity-appropriate, and economically sound farm development.

- Dairy NGOs, in cooperation with dairy farm managers, the Latvian Rural Advisory and Education Centre, and breeding and advisory institutions, should promote farm-level orientation towards improving production efficiency by providing targeted advice on enhancing cow genetics, animal health management, and milk quality indicators (e.g., protein and fat content), tailored to individual farm production and structural characteristics.
- The Rural Support Service, in cooperation with the MoA, Latvian Rural Advisory and Education Centre, and ALTUM, should establish a unified digital platform enabling personalised searches for support and funding opportunities based on farm objectives and profiles (e.g., land area, turnover, and the number of animals). The platform would consolidate information on available national and EU support instruments, enabling users to quickly identify the most suitable programmes, their requirements, application deadlines, and, where necessary, relevant contact details.