

Latvijas Lauksaimniecības universitāte  
Latvia University of Life Sciences and Technologies

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"  
Latvian State Forest Research Institute "Silava"

Mg.oec. Kristaps Makovskis

**ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU IZVĒRTĒJUMS  
KOKSNES BIOMASAS RAŽOŠANAI  
NEIZMANTOTĀS LAUKSAIMNIECĪBAS  
ZEMĒS LATVIJĀ**

**FAST-GROWING WOODY CROP  
EVALUATION FOR BIOMASS  
PRODUCTION ON UNUSED  
AGRICULTURAL LANDS IN LATVIA**

Promocijas darba KOPSAVILKUMS  
zinātniskā doktora grāda zinātnes doktors (*Ph.D*) ekonomikā  
un uzņēmējdarbībā iegūšanai

**SUMMARY**

of the Doctoral thesis for acquiring a Doctoral degree in  
Economics and Business (*Ph.D*)

Jelgava, 2021

Latvijas Lauksaimniecības universitāte  
*Latvia University of Life Sciences and Technologies*

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”  
*Latvian State Forest Research Institute “Silava”*

*Mg. oec.* **Kristaps Makovskis**

**ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU IZVĒRTĒJUMS  
KOKSNES BIOMASAS RAŽOŠANAI NEIZMANTOTĀS  
LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS LATVIJĀ**

*FAST-GROWING WOODY CROP EVALUATION FOR  
BIOMASS PRODUCTION ON UNUSED AGRICULTURAL  
LANDS IN LATVIA*

Promocijas darba **KOPSAVILKUMS**  
zinātniskā doktora grāda zinātnes doktors (*Ph. D*) ekonomikā un  
uzņēmējdarbībā iegūšanai

**SUMMARY**  
*of the Doctoral thesis for acquiring a Doctoral degree in  
Economics and Business (Ph. D).*

**Autors / Author** \_\_\_\_\_

**Jelgava 2021**

## INFORMĀCIJA

**Promocijas darbs izstrādāts** Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā “Silava” un Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU) Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Ekonomikas un reģionālās attīstības institūtā.

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

**Promocijas darba zinātniskā vadītāja** – LLU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes asociētā profesore, Prof. *Dr. oec.* Dina Popluga.

**Promocijas darba zinātniskā konsultante** – Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” vadošā pētniece, *Dr. silv.* Dagnija Lazdiņa.

**Promocijas darba zinātniskā aprobācija noslēguma posmā:**

- Apspriests un aprobēts LLU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Ekonomikas un reģionālās attīstības institūta akadēmiskā personāla pārstāvju sēdē 2020. gada 27. oktobrī.
- Apspriests un aprobēts LLU Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultātes Ekonomikas un reģionālās attīstības institūta, Uzņēmējdarbības un vadībzinātnes institūta, Finanšu un grāmatvedības institūta, un Informācijas tehnoloģiju fakultātes Vadības sistēmu katedras akadēmiskā personāla pārstāvju apvienotā akadēmiskā sēdē 2021. gada 5. janvārī.
- Atzīts par pilnīgi sagatavotu un pieņemts LLU Ekonomikas un uzņēmējdarbības Promocijas padomē 2021. gada 18. martā.

**Oficiālie recenzenti:**

1. *Dr. oec.* **Elīta Jermolajeva** – promocijas padomes eksperte, LLU ESAF Uzņēmējdarbības un vadībzinātņu institūta vadošā pētniece, Latvijas Zinātnes padomes eksperte.
2. *Dr. silv.* **Endijs Bādērs** – Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” pētnieks, Latvijas Zinātnes padomes eksperts.
3. *Dr.* **Julija Konstantinavičiene** – Lietuvas lauksaimniecības un mežsaimniecības pētījumu centra, Mežsaimniecības institūta jaunākā pētniece.

**Promocijas darba aizstāvēšana notiks:** 2021. gada 18. jūnijā, plkst. 9:00.

**Ar promocijas darbu var iepazīties** LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā ielā 2, Jelgavā.

**Atsauksmes sūtīt** Promocijas padomes sekretārei – Svētes ielā 18, Jelgavā, LV-3001, tālr. 63025170, e-pasts: *anita.auzina@llu.lv*. Atsauksmes vēlams sūtīt ieskenētā veidā ar parakstu.

**Padomes sekretāre:** LLU asociētā profesore *Dr. oec.* Anita Auziņa.

## INFORMATION

**The doctoral dissertation** has been elaborated in Latvian State Forest Research Institute “Silava” and at the Institute of Economics and Regional Development, Faculty of Economics and Social Development, Latvia University of Life Sciences and Technologies (LLU).

**Doctoral Study Programme** – Agrarian and Regional Economics, sub-branch of science – Agrarian Economics.

**Scientific supervisor of the doctoral dissertation:** assoc. professor of Faculty of Economics and Social Development, LLU, *Dr. oec.* Dina Popluga.

**Scientific consultant of the doctoral dissertation:** senior researcher in Latvian State Research Institute “Silava”, *Dr. silv.* Dagnija Lazdina.

**Scientific approbation of the doctoral thesis at the final stage.**

- Presented and discussed at the seminar of academic staff representatives of the Institute of Economics and Regional Development of the Faculty of Economics and Social Development on October 27<sup>th</sup>, 2020.
- Discussed and approbated at the interdepartmental meeting of academic staff of the Faculty of Economics and Social Development (Institute of Business and Management Sciences, Institute of Economics and Regional Development, and Institute of Finance and Accounting) and Faculty of Information Technologies, LLU on January 5<sup>th</sup>, 2021.
- Recognised and fully prepared and accepted by the LLU Promotion Council for Economics and Business, on March 18<sup>th</sup>, 2021.

**Official reviewers:**

1. *Dr. oec.* **Elita Jermolajeva** – expert of the Promotion Council, Lead Researcher at Latvia University of Life Sciences and Technologies, Latvian Council of Science Expert.
2. *Dr. silv.* **Endijs Baders** – Researcher in Latvian State Forest Research Institute “Silava”, Expert of Latvian Council of Science.
3. *Dr.* **Julija Konstantinavičiene** – Junior Researcher at Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry (LAMMC), Institute of Forestry.

**The defence of the doctoral thesis:** on June 18<sup>th</sup>, 2021, 9 a.m.

The doctoral thesis is available at the Fundamental Library of LLU.

**You are welcome to send your comments** to the secretary of the Promotion Council – Svetes street 18, Jelgava, LV-3001, phone: +371 63025170; e-mail: *anita.auzina@llu.lv*. It is advised to send your comments in a scanned form and undersigned.

**Secretary of the Promotion Council** – LLU assoc. professor, *Dr. oec.* Anita Auzina.

# SATURS

INFORMĀCIJA PAR PUBLIKĀCIJĀM UN ZINĀTNISKI PĒTNIECISKO DARBU .....	6
IEVADS .....	14
1. TEORĒTISKAIS APSKATS PAR SABIEDRĪBAS ATTĪSTĪBAS UN KOKSNES BIOMASAS IZMANTOŠANAS ATJAUNOJAMĀS ENERĢIJAS RAŽOŠANAI KOPSAKARĪBĀM, VIDES UN EKONOMISKAJIEM ASPEKTIEM, UN ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU VĒSTURISKO ATTĪSTĪBU .....	19
1.1. Sabiedrības attīstības un koksnes biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanai kopsakarības .....	19
1.2. Koksnes biomasas izmantošana atjaunojamās enerģijas ražošanai: vides un ekonomiskie aspekti.....	22
1.3. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu definīcijas un vēsturiskā attīstība .....	24
1.4. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanā normatīvo aktu un plānošanas dokumentu bāze Latvijā .....	26
2. KĀRKLU, APŠU HIBRĪDU UN BALTALKŠŅA ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU UN IERĪKOŠANAS AGROTEHNOLOĢISKO KRITERIJU IZVĒRTĒJUMS AUDZĒŠANAI NEIZMANTOTĀS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS LATVIJĀ .....	29
2.1. Kārklu stādījumi .....	29
2.2. Apšu hibrīdu stādījumi .....	31
2.3. Baltalkšņa stādījumi .....	34
2.4. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas agrotehnoloģisko kritēriju izvērtējums .....	36
3. KĀRKLU, APŠU HIBRĪDU UN BALTALKŠŅA ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU IERĪKOŠANAS EKONOMISKAIS IZVĒRTĒJUMS UN IEGŪSTAMĀIS BIOMASAS APJOMS POTENCIĀLAJĀS PLATĪBĀS LATVIJĀ .....	39
3.1. Latvijas apstākļiem piemērotu ātraudzīgo kokaugu stādījumu ekonomiskais izvērtējums .....	39
3.1.1. Kārklu stādījumu ekonomiskais izvērtējums .....	41
3.1.2. Apšu hibrīdu stādījumu ekonomiskais izvērtējums .....	45
3.1.3. Baltalkšņa stādījumu ekonomiskais izvērtējums .....	48
3.2. Potenciālās platības, iegūstamais biomasas apjoms un ekonomiskā vērtība ātraudzīgo kokaugu stādījumos Latvijā .....	51
GALVENIE SECINĀJUMI .....	58
PROBLĒMAS UN PRIEKŠLIKUMI TO RISINĀŠANAI .....	60
GALVENO IZMANTOTO LITERATŪRAS AVOTU SARAKSTS .....	108

# CONTENT

INFORMATION ON PUBLICATION AND RESEARCH WORK .....	10
INTRODUCTION.....	62
1. THEORETICAL OVERVIEW OF SOCIETY DEVELOPMENT AND WOOD BIOMASS FOR RENEWABLE ENERGY PRODUCTION, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS, AND FAST GROWING WOODY CROP PLANTATION HISTORICAL DEVELOPMENT .....	67
1.1. Coherence between community development and wood biomass usage in renewable energy production.....	67
1.2. Wood biomass for renewable energy production: environmental and economic aspects .....	70
1.3. Fast-growing woody crop plantation definitions and historical development.....	72
1.4. Documentary base for the fast-growing woody crop plantations biomass usage in renewable energy production in Latvia .....	74
2. WILLOW, HYBRID ASPEN AND GREY ALDER WOODY CROP PLANTATION GROWING MODELS AND AGROTECHNOLOGICAL CRITERIA EVALUATION FOR GROWING IN UNUSED AGRICULTURAL LANDS IN LATVIA.....	76
2.1. Willow plantations .....	77
2.2. Hybrid aspen plantations .....	79
2.3. Grey alder plantations .....	81
2.4. Evaluation of agrotechnological criteria for the establishment of fast-growing woody crop plantations .....	84
3. WILLOW, HYBRID ASPEN AND GREY ALDER WOODY CROP PLANTATION ECONOMIC EVALUATION AND AMOUNT OF BIOMASS TO BE OBTAINED IN POTENTIAL AREAS IN LATVIA.....	86
3.1. Evaluation of economic profitability for fast-growing woody crop plantations in Latvia conditions.....	87
3.1.1. Willow plantation economic evaluation.....	88
3.1.2. Hybrid aspen plantation economic evaluation .....	92
3.1.3. Grey alder plantation economic evaluation .....	95
3.2. Potential areas, amount of biomass and economic value to be obtained in plantations of fast-growing woody crop species in Latvia.....	97
MAIN CONCLUSIONS .....	104
PROBLEMS AND PROPOSALS USED FOR SOLUTIONS.....	106
LIST OF MAIN REFERENCES.....	108

## INFORMĀCIJA PAR PUBLIKĀCIJĀM UN ZINĀTNISKI PĒTNIECISKO DARBU

*Pētījuma rezultāti publicēti zinātniskajos izdevumos 13 rakstos, no tiem 5 raksti indeksēti SCOPUS un 8 raksti Web of Science datubāzēs:*

1. Daugaviete M., Lazdina D., Bambe B., Lazdins A., **Makovskis K.**, Daugavietis U. (2020) Plantation Forests: A Guarantee of Sustainable Management of Abandoned and Marginal Farmlands. *Energy Efficiency and Sustainable Lighting – a Bet for the Future*, pp.1-33, ISBN 978-1-78985-960-7.
2. **Makovskis K.**, Lazdiņa D., Popluga D. (2019) Cut-away peatland re-cultivation with fast growing woody plantations: cost-benefit analysis. In: *Rural Development 2019: Research and Innovation for Bioeconomy: Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Scientific Conference Rural Development 2019*. Vilnius: Vytautas Magnus University Agriculture Academy, pp. 305-312. pISSN 1822-3230, eISSN 2345-0916. Indeksēta **Clarivate Analytics Web of Science (CA WoS), EBSCO (Academic Search Complete)**.
3. **Makovskis K.**, Lazdiņa D., Popluga D. (2019) Ātraudzīgo koku stādījumu izvērtējums, izmantojot AHP metodi. *Akadēmiskā Dzīve* 55: 22-26, ISSN 0516-3145. Indeksēta **EBSCO**.
4. **Makovskis K.**, Lazdina D., Arsanica A., Solodovniks V. (2016) Mechanical durability and water absorption of pellets made from different tree species – a case study. *Agronomy Research* 14(1): 134-142. ISSN 1406-894X. Indeksēta **Scopus, Web of Science BIOSIS Citation Index, EBSCOhost Academic Search Complete, CAB Abstracts**.
5. Lazdina D., Senhofa S., Zeps M., **Makovskis K.**, Bebre I., Jansons A. (2016) The early growth and fall frost damage of poplar clones in Latvia. *Agronomy Research* 14(1): 109-122. ISSN 1406-894X. Indeksēta **Scopus, Web of Science BIOSIS Citation Index, EBSCOhost Academic Search Complete, CAB Abstracts**.
6. **Makovskis K.**, Lazdina D. (2015) Potential areas of low productivity agriculture lands for SRC energy wood production in Vidzeme region. In: *Research for Rural Development 2015*. Jelgava: LLU, pp. 288-292, ISSN 1691-4031. Indeksēta **Scopus, Web of Science, EBSCOhost Academic Search Complete**.
7. Lazdiņa D., Rancāne S., **Makovskis K.** (2015) Agromežsaimniecības sistēmu ierīkošanas pirmo trīs gadu pieredze. In: *Proceedings of the Scientific and Practical Conference Harmonious Agriculture, Jelgava, 19–20 February, 2015*. Jelgava: LLU, pp. 44-49.

8. Rancane S., **Makovskis K.**, Lazdina D., Daugaviete M., Gutmane I., Berzins P. (2014) Analysis of economical, social and environmental aspects of agroforestry systems of trees and perennial herbaceous plants. *Agronomy Research* 12(2): 589-602. ISSN 1406-894X. Indeksēta **Scopus, Web of Science BIOSIS Citation Index, EBSCOhost Academic Search Complete, CAB Abstracts.**
9. **Makovskis K.**, Lazdina D., Bite L. (2012) Economic calculations of short rotation willow plantations in Latvia. In: *Proceedings of Annual 18<sup>th</sup> International Scientific Conference "Research for Rural Development 2012"*. Jelgava: LLU, Vol. 2, pp. 224-229. ISSN 1691-4031. Indeksēta **Scopus, Web of Science, EBSCOhost Academic Search Complete.**
10. Lazdiņa D., Zālītis T., Dzedons J., Bārdulis A., Lībiete-Zālīte Z., Bārdule A., **Makovskis K.** (2012) Productivity and Biomass Parameters of Annual and Biennial Plantings of Willows in Latvia's Western Coastal Area. In: *Proceedings of the 8<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystem and Sustainable Development (EEES12)*. Faro, Portugal: pp. 125-129. ISBN 978-1-61804-088-6.
11. Bite L., Muška A., **Makovskis K.** (2011) Possibilities of Establishing Hybrid Aspen Plantations in Latvia. In: *Proceedings of the Conference Rural Development 2011(5)*, Kaunas, Lithuania: pp. 57-61. Indeksēta **Web of Science.**
12. Bite L., Mazure G., **Makovskis K.** (2011) Possibilities to Use Latvia Wood Resources for Heat Energy Production. In: *Proceedings of the International Scientific Conference: Economic Science for Rural Development 2011*. Pp. 38-47. ISSN 16913078; ISBN 9789984999760. Indeksēta **Web of Science.**
13. Bite L., **Makovskis K.** (2011) Thermal energy potentially to be obtained from the energy wood in final fellings and thinnings of Latvia. *Research paper in: Management theory and studies for rural business and infrastructure development 2011(3)*, pp. 32-40. ISSN 1822-6760.

**Par pētījuma rezultātiem ziņots 12 starptautiskās zinātniskās konferencēs:**

1. **Makovskis K.** Cut-away peatland re-cultivation with fast growing woody plantations: cost-benefit analysis. The 9<sup>th</sup> International Scientific Conference *Rural Development*. Kauņa: Vytautas Magnas University (Lietuva), 2019. gada 27. septembrī.
2. **Makovskis K.** Different tree species and management system economics as buffer zones in Baltic climate conditions. *4<sup>th</sup> World Congress on Agroforestry*. Montpellier (Francija), 2019. gada 21. maijā.



3. **Makovskis K.** Cost-Benefit analysis of cut-away peatland re-cultivation with fast growing woody plantations. *EUBCE 2019*. 27<sup>th</sup> European biomass conference. Lisabona: EUBCE (Portugāle), 2019. gada 30. maijā.
4. **Makovskis K.** Cut-away peatland re-cultivation with fast growing tree species. International conference of young scientist *Young scientists for advance of agriculture*. Viļņa: Lithuanian Academy of Sciences (Lietuva), 2018. gada 5. novembrī.
5. **Makovskis K.** Ecosystem services and tree growth on Hybrid aspen (*Populus tremula* × *tremuloides*) plantings under different fertilization and planting schemes. *Conference – Coppice forests in Europe: ecosystem services, protection and nature conservation*. Antverpene: University of Antwerp (Beļģija), 2016. gada 16. jūnijā.
6. **Makovskis K.** Small scale pellet production cost calculations in Baltic countries. The Biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics *Forest-based sector into the bioeconomy*. Drobok (Norvēģija), 2016. gada 26. maijā.
7. **Makovskis K.** Mechanical durability and water absorption of pellets made from different tree species – a case study. 7<sup>th</sup> International Conference *Biosystem Engineering*. Tartu: Estonian University of Life Science (Igaunija), 2016. gada 12. maijā.
8. **Makovskis K.** The early growth and fall frost damage of poplar clones in Latvia. 7<sup>th</sup> International Conference *Biosystem Engineering*. Tartu: Estonian University of Life Science (Igaunija), 2016. gada 12. maijā.
9. **Makovskis K.** Biomass and growth parameters of willow clones from the first rotation-research data from an industrial experimental plantations in Latvia. *Conference Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems*. Rīga: LSFRI Silava (Latvija), 2015. gada 23. aprīlī.
10. **Makovskis K.** Potential areas of low productivity agriculture lands for SRC energy wood production in Vidzeme region. 21<sup>th</sup> International Scientific Conference *Research for Rural Development*. Jelgava: LLU (Latvija), 2015. gada 13. maijā.
11. **Makovskis K.** Potential lands for short rotation coppice plantation establishment in Vidzeme region. 9<sup>th</sup> Baltic Theriological conference *Forest Ecosystems and its management: towards understanding the complexity*. Daugavpils: Daugavpils Universitāte (Latvija), 2014. gada 15. oktobrī.
12. **Makovskis K.** Economic calculations of short rotation willow plantations in Latvia. 18<sup>th</sup> International Scientific Conference *Research for Rural Development*. Jelgava: LLU (Latvija), 2012. gada 23. maijā.

***Dalība projektos, kuri ir saistīti ar pētījuma tēmu:***

1. Biomateriālu izmantošanas stratēģijas un ceļveži ES lauku un reģionālās attīstības uzlabošanai (BE-Rural) (2019-2022). Pētījuma finansētājs: Eiropas komisija programma Horizon 2020; projekta partneris Latvijā: LVMI Silava; projekta numurs: 818478.
2. Augsnes ielabošana ar bioloģiskās izcelsmes saturošiem materiāliem (2019-2021). Pētījuma finansētājs: Eiropas Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai (ELFLA) Latvijas Lauku attīstības programmas (LAP) 2014.-2020. gadam; projekta partneris: LVMI Silava; projekta numurs: 18-00-A01620-000050.
3. Lauksaimniecībai mazpiemērotas (marginālas) platības: apgrūtinājuma pārvēršana iespējā (MAGIC) (2017-2021). Pētījuma finansētājs: Eiropas komisija; projekta partneris Latvijā: LVMI Silava; projekta numurs: 727698.
4. Latvijas lauksaimniecības siltumnīcefekta gāzu emisiju robežsamazinājuma izmaksu līkņu (MACC) sasaiste ar oglekļa piesaisti un tā uzkrāšanu aramzemes, ilggadīgajos zālajos un mitrajos (2018). Pētījuma finansētājs: Valsts pētījumu programma; projekta izpildītājs: Latvijas Lauksaimniecības universitāte; projekta numurs: 10.9.1-11/18/929-e.
5. Short Rotation Woody Crops (SRC) plantations for local supply chains and heat use (SRCplus) (2014-2017). Pētījuma finansētājs: Eiropas Komisijas programma "Intelligent Energy – Europe" (IEE); projekta partneris Latvijā: LVMI Silava; projekta numurs: IEE-13-574.
6. Daudzfunkcionālu lapu koku un enerģētisko augu plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas modeļu izstrāde (2010-2013). Pētījuma finansētājs: Eiropas Reģionālās attīstības fonds; projekta numurs: 2010/0268/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/118.
7. Bērza koksnes plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas tehnoloģiju izstrāde (2010-2013). Pētījuma finansētājs: Eiropas Reģionālās attīstības fonds; projekta partneris: LVMI Silava; projekta numurs: 2010/0319/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/136.

## INFORMATION ON PUBLICATION AND RESEARCH WORK

*The research results were reported in 13 research papers published in scientific publications, of which 5 were indexed by the SCOPUS database and 7 by the Web of Science database:*

1. Daugaviete M., Lazdina D., Bambe B., Lazdins A., **Makovskis K.**, Daugavietis U. (2020) Plantation Forests: A Guarantee of Sustainable Management of Abandoned and Marginal Farmlands. *Energy Efficiency and Sustainable Lighting – a Bet for the Future*, pp.1-33, ISBN 978-1-78985-960-7.
2. **Makovskis K.**, Lazdiņa D., Popluga D. (2019) Cut-away peatland re-cultivation with fast growing woody plantations: cost-benefit analysis. In: *Rural Development 2019: Research and Innovation for Bioeconomy: Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Scientific Conference Rural Development 2019*. Vilnius: Vytautas Magnus University Agriculture Academy, pp. 305-312. pISSN 1822-3230, eISSN 2345-0916. Indexed by **Clarivate Analytics Web of Science (CA WoS)**, **EBSCO (Academic Search Complete)**.
3. **Makovskis K.**, Lazdiņa D., Popluga D. (2019) Ātraudzīgo koku stādījumu izvērtējums, izmantojot AHP metodi. *Akadēmiskā Dzīve* 55: 22-26. ISSN 0516-3145. Indexed by **EBSCO**.
4. **Makovskis K.**, Lazdina D., Arsanica A., Solodovniks V. (2016) Mechanical durability and water absorption of pellets made from different tree species – a case study. *Agronomy Research* 14(1): 134-142. ISSN 1406-894X. Indexed by **Scopus, Web of Science BIOSIS Citation Index, EBSCOhost Academic Search Complete, CAB Abstracts**.
5. Lazdina D., Senhofa S., Zeps M., **Makovskis K.**, Bebre I., Jansons A. (2016) The early growth and fall frost damage of poplar clones in Latvia. *Agronomy Research* 14(1): 109-122. ISSN 1406-894X. Indexed by **Scopus, Web of Science BIOSIS Citation Index, EBSCOhost Academic Search Complete, CAB Abstracts**.
6. **Makovskis K.**, Lazdina D. (2015) Potential areas of low productivity agriculture lands for SRC energy wood production in Vidzeme region. In: *Proceedings of Research for Rural Development*. Jelgava: LLU, pp. 288-292. ISSN 1691-4031. Indexed by **Scopus, Web of Science, EBSCOhost Academic Search Complete**.

7. Lazdiņa D., Rancāne S., **Makovskis K.** (2015) Agromežsaimniecības sistēmu ierīkošanas pirmo trīs gadu pieredze. In: *Proceedings of the Scientific and Practical Conference Harmonious Agriculture, Jelgava, 19–20 February, 2015*. Jelgava: LLU, pp. 44-49.
8. Rancane S., **Makovskis K.**, Lazdina D., Daugaviete M., Gutmane I., Berzins P. (2014) Analysis of economical, social and environmental aspects of agroforestry systems of trees and perennial herbaceous plants. *Agronomy Research* 12(2): 589-602. ISSN 1406-894X. Indexed by **Scopus, Web of Science BIOSIS Citation Index, EBSCOhost Academic Search Complete, CAB Abstracts**.
9. **Makovskis K.**, Lazdina D., Bite L. (2012) Economic calculations of short rotation willow plantations in Latvia. In: *Proceedings of Annual 18<sup>th</sup> International Scientific Conference Research for Rural Development 2012*. Jelgava: LLU, Vol. 2, pp. 224-229. ISSN 1691-4031. Indexed by **Scopus, Web of Science, EBSCOhost Academic Search Complete**.
10. Lazdiņa D., Zālītis T., Dzedons J., Bārdulis A., Lībiete-Zālīte Z., Bārdule A., **Makovskis K.** (2012) Productivity and Biomass Parameters of Annual and Biennial Plantings of Willows in Latvia's Western Coastal Area. In: *Proceedings of the 8<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystem and Sustainable Development (EEES12)*. Faro, Portugal: pp. 125-129. ISBN 978-1-61804-088-6.
11. Bite L., Muška A., **Makovskis K.** (2011) Possibilities of Establishing Hybrid Aspen Plantations in Latvia. In: *Proceedings of the Conference: Rural Development 2011(5)*. Kaunas, Lithuania: pp. 57-61. Indexed by **Web of Science**.
12. Bite L., Mazure G., **Makovskis K.** (2011) Possibilities to Use Latvia Wood Resources for Heat Energy Production. *Proceedings of the International Scientific Conference: Economic Science for Rural Development 2011(25)*. Pp. 38-47. ISSN 16913078, ISBN 9789984999760. Indexed by **Web of Science**.
13. Bite L., **Makovskis K.** (2011) Thermal energy potentially to be obtained from the energy wood in final fellings and thinnings of Latvia. *Research paper in: Management theory and studies for rural business and infrastructure development 2011(3)*. Pp. 32-40. ISSN 1822-6760.

*The research results were presented in 12 international scientific conferences:*

1. **Makovskis K.** Cut-away peatland re-cultivation with fast-growing woody plantations: cost-benefit analysis. The 9<sup>th</sup> International Scientific

- Conference *Rural Development*. Kaunas: Vytautas Magnas University (Lithuania), 27 September, 2019.
2. **Makovskis K.** Different tree species and management system economics as buffer zones in Baltic climate conditions. *4<sup>th</sup> World Congress on Agroforestry*. Montpellier (France), 21 May, 2019.
  3. **Makovskis K.** Cost-Benefit analysis of cut-away peatland re-cultivation with fast growing woody plantations. *EUBCE 2019. 27<sup>th</sup> European biomass conference*. Lisbon: EUBCE (Portugal), 30 May, 2019.
  4. **Makovskis K.** Cut-away peatland re-cultivation with fast growing tree species. International conference of young scientists *Young scientists for advance of agriculture*. Vilnius: Lithuanian academy of sciences (Lithuania), 5 November, 2018.
  5. **Makovskis K.** Ecosystem services and tree growth on Hybrid aspen (*Populus tremula* × *tremuloides*) plantings under different fertilization and planting schemes. Conference *Coppice forests in Europe: ecosystem services, protection and nature conservation*. Antwerpen: University of Antwerp (Belgium), 16 June, 2016.
  6. **Makovskis K.** Small scale pellet production cost calculations in Baltic countries. The Biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics *Forest-based sector into the bioeconomy*. Drobok (Norway), 26 May, 2016.
  7. **Makovskis K.** Mechanical durability and water absorption of pellets made from different tree species – a case study. *7<sup>th</sup> International Conference Biosystem Engineering*. Tartu: Estonian University of Life Science (Estonia), 12 May, 2016.
  8. **Makovskis K.** The early growth and fall frost damage of poplar clones in Latvia. *7<sup>th</sup> International Conference Biosystem Engineering*. Tartu: Estonian University of Life Science (Estonia), 12 May, 2016.
  9. **Makovskis K.** Biomass and growth parameters of willow clones from the first rotation-research data from an industrial experimental plantations in Latvia. Conference *Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems*. Riga: LSFRI Silava (Latvia), 23 April, 2015.
  10. **Makovskis K.** Potential areas of low productivity agriculture lands for SRC energy wood production in Vidzeme region. *21<sup>th</sup> International Scientific Conference Research for Rural Development*. Jelgava: LLU (Latvia), 13 May, 2015.
  11. **Makovskis K.** Potential lands for short rotation coppice plantation establishment in Vidzeme region. *9<sup>th</sup> Baltic theriological conference Forest Ecosystems and its management: towards understanding the*

*complexity*. Daugavpils: Daugavpils University (Latvia), 15 October, 2015.

12. **Makovskis K.** Economic calculations of short rotation willow plantations in Latvia. 18<sup>th</sup> International Scientific Conference *Research for Rural Development*. Jelgava: LLU (Latvia), 23 May, 2012.

***Participation in projects related to the research topic:***

1. Bio-based strategies and roadmaps for enhanced rural and regional development in the EU (BE-Rural) (2019-2022). Project funded by the European Commission Horizon 2020 framework; project partner in Latvia: LSFRI Silava; project No. 818478.
2. Improvement of soil properties by the use of biological materials (2019–2021). Project funded by European Agricultural Fund for Rural Development and Latvian Rural Development Program 2014-2020; project partner: LSFRI Silava; project No. 18-00-A01620-000050.
3. Marginal lands for growing industrial crops: Turning a burden into an opportunity (MAGIC) (2017-2021). Project funded by the European Commission Horizon 2020 framework; project partner in Latvia: LSFRI Silava; project No. 727698.
4. Latvia's Agricultural Greenhouse Gas Emission Margins Reduction Cost Curves with Carbon Capture and Storage in Arable Land, Perennial Grasslands and Wetlands (2018). Project funded by National Research program; project partner: Latvian University of Life Sciences and Technologies; project No. 10.9.1-11/18/929-e.
5. Short Rotation Woody Crops (SRC) plantations for local supply chains and heat use (SRCplus) (2014-2017). Project is funded by European Commission program “Intelligent Energy – Europe (IEE)” and European Commission Horizon 2020 framework; project partner in Latvia: LSFRI Silava; project Np. IEE-13-574.
6. Development of models for the establishment and management of multifunctional deciduous trees and energy plant plantations (2010-2013). Project funded by ERAF; project No. 2010/0268/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/118.
7. Development of birch wood plantation installation and management technologies (2010-2013). Project funded by ERAF; project No. 2010/0319/2DP/2.1.1.2.0/10/APIA/VIAA/136.

## IEVADS

Dabas resursu efektīva izmantošana ir viens no zemes ilgtspējīgas izmantošanas uzdevumiem un ir svarīgs pamats kopējai valsts un reģiona attīstībai. Ilgtspējīgi zemes izmantošanas principi uzskatāmi par zemes pārvaldības formu, kas saglabā augsnes dabisko auglību, ļauj ilgtermiņā ražot pārtiku, šķiedras un atjaunojamus dabas resursus, kur viens no svarīgākajiem principiem ir zemes racionāla izmantošana, kas maksimāli apmierina sabiedrības ekonomiskās, sociālās un vides prasības. Zemes izmantošanai ir jābūt racionālai, lai no tās iegūtu maksimālu labumu, tajā pašā laikā neveicinot tās kvalitātes pasliktināšanos. Palielinoties cilvēku skaitam, pieaug pieprasījums pēc pārtikas, tāpat kā pēc lētas un pieejamas enerģijas. Šo prasību apmierināšana ir novedusi pie klimata izmaiņām, kas nākotnē negatīvi ietekmēs sabiedrības un indivīdu dzīves kvalitāti un apkārtējo vidi. Līdz 21. gs. sākumam ekonomiskā izaugsme ir bijusi cieši saistīta ar fosilo resursu enerģijas izmantošanu. Resursu izmantošanas intensifikācija var novest pie nenovēršamām klimata pārmaiņām. Lai mazinātu klimata pārmaiņu negatīvās sekas, ir jāmeklē risinājumi fosilo resursu samazināšanai un atjaunojamo resursu palielināšanai.

Latvijā kopš 2015. gada ir ieviests termins atjaunīgie resursi, kas aizstāj terminu atjaunojamie resursi. Dažādos politikas plānošanas dokumentos pēc 2015. gada joprojām tiek lietots termins atjaunojamie energoresursi, kā piemēram Latvijas Nacionālajā attīstības plānā 2021.-2027. gadam un Latvijas Bioekonomikas Stratēģijā 2030. Lai izvairītos no neskaidrības ar dažādo terminu lietošanu starp dažādiem politikas plānošanas dokumentiem, darbā pieņemts lietot terminu atjaunojamie resursi, kas ietver sekojošus enerģijas avotus: biomasa, ūdens, ģeotermālā, saules un vēja enerģija. Darbā apskatītais atjaunojamais resurss ir koksnes biomasas, kas iegūta mērķtiecīgi stādot un apsaimniekojot ātraudzīgos kokaugus neizmantotās lauksaimniecības zemēs.

Eiropas Savienība (ES) mērķis līdz 2030. gadam enerģijas gala patēriņā ir palielināt atjaunojamās enerģijas īpatsvaru līdz 27%. Katra dalībvalsts ir izvirzījusi savus individuālos mērķus, Latvijas mērķis ir 2030. gadā sasniegt 50% atjaunojamo energoresursu īpatsvaru bruto enerģijas galapatēriņā, kas tiks darīts palielinot koksnes izmantošanu enerģijas ražošanā. ES plānošanas dokumenti nosaka, ka, lai veicinātu fosilo resursu samazināšanu enerģijas ražošanā, arvien vairāk jāpalielina atjaunojamo energoresursu izmantošana energosektorā. ES direktīvā 2009/28/EK par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu, kā viens no galvenajiem energoresursiem tiek izvirzīta biomasa, kas ietver lielāku koksnes izmantošanu enerģijas ražošanā. Palielinoties pieprasījumam pēc atjaunojamiem energoresursiem, kurus

iespējams izmantot siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanā, viena no alternatīvām to ātrai ieguvē ir ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošana neizmantotās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (LIZ).

Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģijā līdz 2030. gadam ir teikts, ka Latvijas rīcībā ir pietiekami atjaunojamie energoresursi (AER), lai nākotnē elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanā palielinātu vietējo energoresursu izmantošanu. Prioritārais ilgtermiņa virziens nosaka palielināt vietējo atjaunojamo enerģijas resursu īpatsvaru enerģētikā un samazināt enerģijas importu (Latvijas ilgtspējīgas attīstības..., 2010). Latvijas stratēģijā klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam ir noteikts veicināt ilgtspējīgu zemes apsaimniekošanu un pakāpenisku pāreju no fosilajiem energoresursiem uz atjaunojamiem resursiem (Latvijas stratēģija klimatneitralitātes..., 2019). Nacionālajā attīstības plānā 2021.-2027. gadam ir noteikts, ka energoapgādes drošības paaugstināšanu un valsts atkarības mazināšanu no enerģijas importa iespējams sasniegt palielinot vietējo un atjaunojamo resursu izmantošanu enerģijas ražošanā (Nacionālais attīstības plāns..., 2019).

Lauksaimniecības zemēs koksnes biomasu iespējams audzēt kokaugu stādījumos vai plantāciju mežā. Kokaugu stādījumu maksimālais audzēšanas laiks ir 15 gadi, pēc kuriem stādījumus atjauno vai zemi izmanto citu lauksaimniecības kultūru audzēšanai, savukārt par plantāciju mežu iespējams reģistrēt ne vairāk kā 20 gadus vecas mežaudzes, kas ieaudzētas lauksaimniecības zemēs. Lai apvienotu abus biomasas audzēšanas veidus, darbā tiek izmantots termins – ātraudzīgo kokaugu stādījumi, kas tiek definēti kā vienvecuma ātraudzīgo kokaugu sugu (kārklis, apšu hibrīdi, baltalksnis) stādījumi, kas tiek audzēti kā kokaugu stādījumi vai plantāciju mežs ar maksimālo vienas aprites periodu  $\leq 20$  gadi, un koki var tikt audzēti kopā ar zālaugiem.

Pamatojoties uz Lauku atbalsta dienesta (LAD) datiem, 2019. gadā Latvijā bija 2.2 milj. hektāri LIZ, no tās neapstrādātas platības bija 256 180 hektāri. Daļu no šīm platībām ir iespējams izmantot ātraudzīgo kokaugu audzēšanai, sekmējot šo platību racionālu izmantošanu un atjaunojamo resursu ražošanu, jauna darbaspēka piesaistīšanu periodos, kad to nav iespējams izmantot tradicionālajā lauksaimniecībā, kā arī pozitīvas sociālās vides sekmēšanu lauku reģionos. Pēc Latvijas zinātnieku (Lazdina, 2012; Jansons, 2014; Daugaviete, 2015; Zeps, 2017) veiktajiem pētījumiem var konstatēt, ka ātraudzīgo kokaugu sugas, kas piemērotas Latvijas apstākļiem ir kārklis (*Salix spp.*), apšu hibrīdi (*Populus spp.*) un baltalksnis (*Alnus incana*). Šīs sugas izceļas ar lielu biomasas pieaugumu salīdzinoši īsā laikā, kā arī to stādīšanu, kopšanu un novākšanu iespējams mašīnizēt.

Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai lauksaimniecībā neizmantotās un tradicionālo kultūraugu audzēšanai nepiemērotās lauksaimniecības zemēs ir



vairāki pozitīvi aspekti, kā svarīgākie nosaucami racionāla zemes izmantošana, lauku ainavas dažādošana, oglekļa piesaiste un atjaunojamo resursu ražošana. Oglekļa emisiju samazinājumu var panākt palielinot atjaunojamo resursu, tajā skaitā biomasas no ātraudzīgajiem kokaugu stādījumiem izmantošanu, kas ļauj samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas un papildus nodrošināt virkni ekosistēmu pakalpojumu. Biomasas ražošana neizmantotās lauksaimniecības zemēs ir uzskatāma par ekonomiski pamatotu zemes apsaimniekošanas veidu.

Atkarībā no agrotehnoloģiskajiem un ekonomiskajiem kritērijiem, kā arī mērķa un iegūstamā produkta, iespējams izvēlēties dažādas ātraudzīgo kokaugu sugas un apsaimniekošanas modeļus ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai. Latvijas apstākļos visbiežāk iegūtie koksnes produkti ir zāgballi, papīrmalka un koksnes šķeldas. Koku sugas un apsaimniekošanas modeļa izvēlē tiek ņemti vērā stādījumu ekonomiskie, vides un sociālie faktori. Ātraudzīgajos stādījumos izmantotās kokaugu sugas 2020. gadā Latvijā ir kārķi, apšu hibrīdi un baltalksnis. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu kopējās platības Latvijā no 2010. līdz 2019. gadam ir būtiski palielinājušās gan kā kokaugu stādījumi, gan kā plantāciju meži, kas liek domāt par lauksaimnieku ieinteresētību stādījumu ierīkošanā, un paredzams, ka nākotnē stādījumu platības palielināsies.

Pasaules un ES zinātnieku darbos (Rackham, 1990; Weih, Nordh, 2005; Dooley, 2006; Mola-Yudego, 2010; Lutter, 2016; Smil, 2017) ir plaši pētīta ātraudzīgo kokaugu stādījumu vēsturiskā attīstība, ierīkošana, audzēšana un apsaimniekošana, kā arī potenciālais ieguldījums atjaunojamo resursu ražošanā, izvērtējot ietekmi uz vides, ekonomikas un sociālajiem rādītājiem. Latvijā šādu pētījumu ir maz, tādēļ darba autors izvēlējās šādu tēmu, lai padziļināti izpētītu ātraudzīgo stādījumu potenciālu atjaunojamo energoresursu ražošanā Latvijas apstākļos.

Pētījuma periods ir no 2011. gada līdz 2020. gadam.

Darba autors izvērta sekojošu zinātniskā darba **hipotēzi** – ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšana neizmantotās lauksaimniecības zemēs ir ekonomiski pamatots zemes apsaimniekošanas veids un sekmētu koksnes biomasas ražošanu Latvijā.

Saskaņā ar promocijas darba tēmu, **pētījuma objekts** ir koksnes biomasas ražošana ātraudzīgo kokaugu stādījumos, bet **pētījuma priekšmets** ir koksnes biomasas ražošana ātraudzīgo kokaugu stādījumos neizmantotās lauksaimniecības zemēs.

Balstoties uz definēto zinātniskā darba hipotēzi, pētījuma objektu un priekšmetu, tika izvērta pētījuma **mērķis** – izpētīt ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanu, ekonomisko atdevi, potenciāli pieejamās platības un iegūstamo biomasas apjomu neizmantotās lauksaimniecības zemēs Latvijā.

Izvērztā mērķa sasniegšanai ir definēti atbilstoši **darba uzdevumi**:

- izpētīt teorētiskos aspektus par sabiedrības attīstības un koksnes biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanai kopsakarību, vides un ekonomiskos aspektus, un ātraudzīgo kokaugu stādījumu vēsturisko attīstību;
- izvērtēt kārkļu, apšu hibrīdu un baltalkšņa ātraudzīgo kokaugu stādījumus un ierīkošanas agrotehnoloģiskos kritērijus audzēšanai neizmantotās lauksaimniecības zemēs;
- izanalizēt kārkļu, apšu hibrīdu un baltalkšņa ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas ekonomisko atdevi, potenciāli pieejamās platībās, tajās iegūstamo biomasas apjomu un ekonomisko vērtību.

Darbā datu iegūšanai tika izmantota statistiskā informācija no publiski pieejamām datu bāzēm, kas tika apstrādāta ar atbilstošām datu un informācijas apstrādes metodēm. **Pētījuma metodes** katram darba uzdevumam tika pielietotas dažādas, ņemot vērā katra darba uzdevuma pētāmo problēmu:

- koksnes biomasas iegūšanas un izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanas teorētisko aspektu un dokumentārās bāzes analīzei tika pielietotas pētījumu metodes – analīze un sintēze, aprakstošā jeb monogrāfiskā, indukcija un dedukcija;
- Latvijas apstākļiem piemērotāko kokaugu sugu izvērtēšanai ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai izmantotas analīzes un sintēzes metodes;
- ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas izvērtēšanai lauksaimniecības zemēs tika izmantotas vispārzinātniskās pētījumu metodes – sintēze, analīze, indukcija un dedukcija, ekonomiskās analīzes un statistiskās analīzes metodes, loģiski konstruktīvā metode.

Pētījuma mērķa sasniegšanai un izvirzīto uzdevumu risināšanai tika izmantoti informācijas **materiāli**:

- speciālā zinātniskā literatūra, aktuālie pētījumi, tajos iegūtie rezultāti, un publikācijas zinātniskajās datubāzēs par promocijas darba tēmu;
- starptautiskie dokumenti, ES un Latvijas Republikas (LR) normatīvie akti, stratēģiskie un politikas plānošanas dokumenti;
- Eurostat, LR Centrālās statistikas pārvaldes (turpmāk tekstā – CSP), Valsts Meža dienesta (VMD), LAD un citās datubāzēs publicētie dati un informācija.

### **Pētījuma ierobežojums**

Koksnes biomasas ražošanu enerģijas iegūšanai ietekmē tādi nozīmīgi faktori kā biomasas veids, izmantotās tehnoloģijas, tirgus pieprasījums, resursa piedāvājums un pieprasījums, politiskais un ekonomiskais atbalsts. Promocijas darbā kā atjaunojamais resurss tiek pētīta koksnes biomasā, kas iegūta ātraudzīgo kokaugu stādījumos lauksaimniecības zemēs.

## **Pētījuma novitātes un zinātniskais nozīmīgums**

- teorētisko un empīrisko pētījumu rezultātā izvērtēta koksnes biomasas iegūšana ātraudzīgajos kokaugu stādījumos;
- teorētisko un empīrisko pētījumu rezultātā izvērtētas Latvijas apstākļiem piemērotākās ātraudzīgo kokaugu sugas un to piemērotība audzēšanai ātraudzīgo kokaugu stādījumos Latvijā;
- veikts aktuāls pētījums par kārklu, apšu hibrīdu un baltalkšņa stādījumu audzēšanas un koksnes biomasas ieguves ekonomiskajiem rādītājiem lauksaimniecības zemēs;
- veikts aktuāls pētījums par LIZ platībām, kas būtu potenciāli pieejamas ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai Latvijā, un aprēķināts iegūstamais biomasas apjoms šajās platībās.

## **Pētījuma tautsaimnieciskā nozīme**

- pētījums būtiski papildina ātraudzīgo kokaugu stādījumu izmantošanu biomasas ražošanai teorētisko bāzi;
- pētījuma rezultātus varēs praktiski izmantot, izvēloties piemērotāko ātraudzīgo kokaugu sugu un apsaimniekošanas modeli biomasas ražošanai lauksaimniecības zemēs;
- pētījuma gaitā ir aprēķinātas platības, kas ir izmantojamas ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai, un biomasas apjoms, kas iegūstams šajās platībās.

## **Aizstāvamās tēzes**

1. Koksnes biomasu ir atjaunojams energoresurss, kas sekmīgi iegūstams ierīkojot ātraudzīgo kokaugu stādījumus neizmantotās lauksaimniecības zemēs.
2. Latvijas klimatiskajiem apstākļiem un agrotehnoloģiskajiem kritērijiem piemērotas kokaugu sugas audzēšanai ātraudzīgajos kokaugu stādījumos ir kārkls, apšu hibrīdi un baltalkšnis.
3. Kārklu, apšu hibrīdu un baltalkšņa ātraudzīgo kokaugu stādījumi var būt ekonomiski pamatoti neizmantotās lauksaimniecības zemes apsaimniekošanas veids Latvijā.
4. Latvijā ir pieejamas neizmantotas lauksaimniecības zemes, kas nav piemērotas lauksaimniecības kultūraugu audzēšanai, bet ir izmantojamas koksnes biomasas iegūšanai ātraudzīgo kokaugu stādījumos, palielinot atjaunojamo energoresursu īpatsvaru kopējā Latvijas energobilancē.

# **1. TEORĒTISKAIS APSKATS PAR SABIEDRĪBAS ATTĪSTĪBAS UN KOKSNES BIOMASAS IZMANTOŠANAS ATJAUNOJAMĀS ENERĢIJAS RAŽOŠANAI KOPSAKARĪBĀM, VIDES UN EKONOMISKAJIEM ASPEKTIEM, UN ĀTRAUDZĪGO KOKU STĀDĪJUMU VĒSTURISKO ATTĪSTĪBU**

Nodaļas apjoms ir 24 lpp., ar 1 tabulu un 2 attēliem. *Izvirzītā tēze: Koksnes biomasas ir atjaunojams energoresurss, kas sekmīgi iegūstams ierīkojot ātraudzīgo kokaugu stādījumus neizmantotās lauksaimniecības zemēs.*

Darba **pirmajā nodaļā** izvērtētas un apkopotas sabiedrības attīstības un koksnes biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanā kopsakarības, izpētīti koksnes biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanai vides un ekonomiskie aspekti, analizētas ātraudzīgo kokaugu stādījumu definīcijas un to vēsturiskā attīstība, kā arī analizēti galvenie atjaunojamās enerģijas ražošanas no biomasas normatīvie akti un plānošanas dokumenti Latvijā.

## **1.1. Sabiedrības attīstības un koksnes biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanai kopsakarības**

Atjaunojamo energoresursu izmantošana enerģijas ražošanā 21. gadsimta pirmajā divdesmitgadē ir nozīmīgs un plaši apspriests jautājums nacionālā, reģionālā un globālā mērogā. Jautājuma nozīmību veicina virkne faktoru, no kuriem kā būtiskākie minami: klimata pārmaiņas sekas, kas arvien plašāk jūtamas globālā mērogā, ierobežots energoresursu daudzums un pieaugoša konkurence to izmantošanā.

Līdz 18. gs. beigām viens no galvenajiem energoresursiem bija koksne, kas tika izmantots kā kurināmais. Koksnes pieejamība reģionā bija viens no galvenajiem iemesliem, kas noteica valstu un pilsētu veidošanos. (Quaschnig, 2010). Fosilie resursi, sākot ar 19. gs., ir bijuši galvenie resursi enerģijas ražošanā pasaulē, kuru izmantošana ir sekmējusi ekonomisko izaugsmi (Grubb et al., 2014). Resursu nomaiņu veicināja sabiedrības pāreja no lauku, agrārā un decentralizētā sabiedrības modeļa uz pilsētu un industriālo sabiedrības modeli. (Tillman, 1978). Līdz 19. gs. sākumam sabiedrība pārsvarā enerģijas ražošanai bija izmantojusi atjaunojamus resursus, turpretī 20. gs. laikā pārsvarā ir izmantojusi neatjaunojamus resursus. Savukārt, atbildot uz klimata pārmaiņu izaicinājumiem nākotnē, neatjaunojamie resursi arvien vairāk tiks aizstāti ar atjaunojamajiem resursiem.

Nākotnē resursu izmantošanai jātiecas būt finansiāli pamatotai, videi draudzīgai, sociāli atbildīgai un politiski regulējamai no pieejamības un drošības viedokļa (Arunachalam, Bharadwaj, 2012). Vietējo atjaunojamo energoresursu izmantošana sniedz ievērojamus ieguldījumus ilgtspējīgas ekonomiskās attīstības veicināšanā, kas ir saistīta ar videi draudzīgu tehnoloģiju izmantošanu enerģijas ražošanā. Latvijas gadījumā, ārējās suverenitātes stiprināšana politiskajā un ekonomiskajā jomā ir tieši saistīta ar enerģētiskās pašpietiekamības nodrošināšanu (Sprūds, 2010). Jebkurā modernā sabiedrībā enerģētika ir viens no nozīmīgākajiem tautsaimniecības sektoriem, kam ir paliekoša ietekme uz sabiedrības attīstību kopumā. Enerģētikai ir nozīmīga loma valsts ekonomiskajā attīstībā. Šādas attīstības veicināšanai ir nepieciešama konkurences un konkurētspējas attīstīšana, mazās un vidējās uzņēmējdarbības veicināšana, lauksaimniecības un reģionālās attīstības iespēju dažādošana.

Plānošanas dokumenti ES nosaka, ka, lai veicinātu fosilo resursu samazināšanu enerģijas ražošanā, arvien vairāk jāpalielina atjaunojamo resursu izmantošana energosektorā. Plānošanas dokumentos viens no galvenajiem energoresursiem ir biomasas, uzsvāru liekot uz koksnes izmantošanas apjoma palielināšanu enerģijas ražošanā (Green Paper, 2006; Renewable Energy Directive, 2009). Lai atjaunojamo resursu, tajā skaitā biomasas, ražošana būt ilgtspējīga un videi draudzīga, ir jāievēro ilgtspējības zemes izmantošanas principi.

Ilgspējīgas attīstības koncepts zinātniskajā literatūrā parādās 20. gs. 70. gados. Politiski šis termins plašāk tiek izmantots pēc Pasaules Vides un attīstības komisijas publicētā ziņojuma "Mūsu kopējā nākotne" 1987. gadā. Ilgtspējīgā attīstībā visbiežāk izdala 3 dimensijas: vides, ekonomikas un sociālā taisnīguma. To raksturo kā šodienas vajadzību apmierināšanu, neapdraudot nākošo paaudžu vajadzības (Our common future, 1990). Zemes ilgtspējīga izmantošana ir aktuāla dēļ klimata izmaiņām un arvien lielākām vides problēmām, kas ietver palielinātu pieprasījumu pēc dabas resursiem, vides piesārņojuma draudiem un bioloģiskās daudzveidības samazināšanos. Tāpat pieaug konflikti starp sociokulturālajiem, politiekonomiskajiem un vides mērķiem (Axelsson et al., 2012). Zemes ilgtspējīgas izmantošanas mērķis ir novērst šīs konfliktsituācijas.

Ilgspējīga zemes izmantošana ir svarīgs attīstības pamats kopējai valsts un reģiona izaugsmei ilgtermiņā, kā arī priekšnoteikums daudziem vides (ūdens, augsne, bioloģiskā daudzveidība), ekonomiskajiem (ienākumi, ieguldījumi) un sociālajiem mērķiem (pārtikas ražošana, iztikas nodrošināšana, dabas resursu pieejamība). Ilgtspējīgi zemes izmantošanas principi uzskatāmi par zemes pārvaldības formu, kas saglabā augsnes dabisko auglību un ļauj ilgtermiņā ražot pārtiku, šķiedras un atjaunojamus dabas resursus. Šāda saimniekošana ietver

zemes apstrādi un pārvaldību tādā formā, kas ņem vērā enerģijas plūsmas augsnē, ūdenstilpnēs un atmosfērā (Wrachien, 2001). Ilgtspējīgas zemes izmantošanas principus iespējams definēt dažādi, atkarībā no apskatītajiem faktoriem. Vides apstākļi, tirgus spēki, sociālā atbildība, nepārtrauktas izaugsmes un dabas saglabāšanas mērķi ir tikai daļa no faktoriem un apstākļiem, kuri nosaka ilgtspējīgus zemes izmantošanas principus.

Zemes izmantošanas mērķi var atšķirties, piemēram, R. Šulte (Schulte et al., 2014) izvirza funkcionālo zemes izmantošanas (*Functional Land management*) konceptu, kas paredz, ka lauksaimniecībā izmantotā zeme veic sekojošas funkcijas: pārtikas, šķiedru un degvielas ražošana; ūdens attīrīšana; oglekļa uzkrāšana; bioloģiskās daudzveidības nodrošināšana; barības vielu pārstrāde. Koncepts uzsver zemes un augsnes izmantošanas daudzfunkcionalitāti, kas nozīmē, ka visas augsnes vienlaikus veic vairākas funkcijas, bet dažas augsnes labāk nodrošina pārtikas ražošanu salīdzinot, piemēram, ar bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanu.

Pēc 1993. gadā Apvienoto Nāciju Pārtikas un Lauksaimniecības organizācijas (FAO) sagatavotā ziņojuma "*FESLM: Starptautisks ietvars ilgtspējīgas zemes pārvaldīšanai*" (FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management) ilgtspējīga zemes izmantošana apvieno tehnoloģijas, politikas, vides un sociālekonomiskos principus. Šiem principiem jābūt savstarpēji papildinošiem, un tie nedrīkst nonākt pretrunās viens ar otru. Ilgtspējības principiem ir jāsasniež 5 mērķi: produktivitāte, drošība, aizsardzība, dzīvotspēja, pieņemamība.

Latvijas zemes pārvaldības likumā (2014) zemes pārvaldība tiek definēta kā politikas īstenošanas pasākums, kura mērķis ir veicināt ilgtspējīgu zemes izmantošanu. Tāpat likumā noteikts, ka vietējai pašvaldībai tās plānošanas dokumentos ir jāparedz efektīva dabas resursu pārvaldība un ilgtspējīga attīstība, kas ietver zemes degradācijas novēršanas pasākumus, plānojot zemes izmantošanu.

"Latvijas zemes apsaimniekošanas politikas" informatīvajā ziņojumā (2019) ir teikts, ka: "*Zemes racionālai apsaimniekošanai ir būtiska nozīme mūsu valsts attīstībā un pastāvēšanā. Zeme ir ierobežots resurss un daļa no dabas kapitāla*". Kā zemes politikas virsmērķis ir noteikts: "*zemes ilgtspējīga apsaimniekošana, kas nodrošina oglekļa mazietilpīgu ekonomisko izaugsmi, iespēju vienlīdzību, bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu un klimatnoturīgu attīstību*". Virsmērķa sasniegšanai zemes izmantošana tiek izvērtēta no trim savstarpēji saistošiem zemes izmantošanas virzieniem: zeme kā dabas kapitāls, kas ietver tās aizsardzību un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu tajā; zeme kā telpa, kas paredzēta apbūvei, infrastruktūras un vides attīstīšanai; zemes izmantošana saimnieciskajai darbībai, kur noteiktais mērķis ir nodrošināt esošo zemes resursu racionālu un efektīvu apsaimniekošanu.

## **1.2. Koksnes biomasas izmantošana atjaunojamās enerģijas ražošanai: vides un ekonomiskie aspekti**

Biomasa izmantošana enerģijas ražošanā tiek uzskatīta par būtisku instrumentu oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>), kas ir siltumnīcefektu izraisošā gāze, emisiju samazināšanai nākotnē. Fosilo resursu nepārtraukts izmantošanas palielinājums ir ietekmējis vidi mums apkārt.

Sakarība starp ekonomisko izaugsmi un enerģijas izmantošanu ir cieši saistīta un pilnībā pasaulē sāka pierādīties pēc Otrā pasaules kara (1939-1945). Enerģijas apjoma palielināšanās un iespēja to saražot nepieciešamajā daudzumā ir noteikusi ekonomisko izaugsmi 20. un 21. gs. (Global Energy Assessment..., 2012). Katras valsts attīstība un panākumi ir cieši saistīti ar valsts izvēlēto ekonomisko sistēmu, radīto vidi izaugsmei un valsts līderu izstrādāto politiku (Koopmans, Montias, 1971). Ekonomiskās sistēmas var tik klasificētas vairākos veidos, un visbiežāk tās valstī pārklājas vai tiek realizētas vairākas sistēmas vienlaicīgi.

Enerģijas ražošanas un izmantošanas sektors ir galvenais siltumnīcefekta gāzu emisiju radītājs pasaulē, kas 2016. gadā saražoja 73.2% no visām emisijām, galvenokārt pateicoties fosilo resursu izmantošanai (Ritchie, Roser, 2020; Statistical Review of..., 2020). Lai ES sasniegtu siltumnīcefekta gāzu emisiju samazinājumu par 95%, salīdzinot ar 1990. gadu, pašreizējais siltumnīcefekta gāzu emisiju apjoms ir būtiski jāsamazina, enerģijas sektorā veicot 75% samazinājumu salīdzinot ar 2017. gadu (Bioenergy Europe Statistical..., 2019).

Atjaunojamās enerģijas izmantošana rada siltumnīcefekta gāzu emisiju ietaupījumu, nodrošina pārtikas drošību, vides degradācijas samazinājumu, kā arī atbalsta atsevišķus ekosistēmu pakalpojumus. Tāpat tās izmantošana var dot sociālus, vides un ekonomiskus ieguvumus vienlaikus nodrošinot lauku reģionu attīstību (The European Commission's..., 2019). Lai izpildītu ES kopējo apņemšanos palielināt atjaunojamo energoresursu īpatsvaru kopējā enerģijas patēriņā 2050. gadā līdz 50%, biomasu tiek uzskatīta par galveno atjaunojamo resursu, kas tiks izmantots siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanā (Searle, Malins, 2014). Saražojot vienādu enerģijas apjomu, atjaunojamās enerģijas nozare rada vairāk darbavietu salīdzinot ar fosilo resursu nozari (Kammen et al., 2004). Ātraudzīgo kokaugu stādījumu izmantošana biomasas iegūšanai tiek uzskatīta par efektīvu veidu siltumnīcefekta gāzu emisijas samazināšanā un atjaunojamo resursu ražošanā.

Biomasa audzēšana risina virkni problēmu: neizmantotas lauksaimniecības zemes izmantošana, bezdarba samazināšana un lauku apvidu attīstība (Thornley, 2006; Upham, Shackley, 2007). Biomasas atjaunojamās enerģijas ražošanā daudzās valstīs ir kļuvusi par galveno resursu. Tas saistīts ar vairākām priekšrocībām, ko sniedz biomasas izmantošana. Biomasas tās dažādajās formās

spēj nodrošināt visus galvenos enerģijas nesējus: elektrību, gāzi, šķidro degvielu un cieto kurināmo. Bioenerģiju radītā pievienotā vērtība un ienākumi tiek saglabāti reģionos, tādējādi palīdzot mazināt lauku nabadzību.

Lielākoties fosilie resursi ir koncentrēti konkrētos, atsevišķi novietotos ģeogrāfiskos reģionos, tādēļ, lai iegūtu un izmantotu resursus citos reģionos, tie ir jāimportē. Turpretī biomasu iespējams iegūt daudz plašākos reģionos, kas tajos importētos fosilos resursus ļauj aizstāt ar vietējiem resursiem. Ražojot resursu tajā pašā reģionā, kur tie tiek izmantoti, tiek radītas jaunas darba vietas.

Pirms galējās izmantošanas biomasu iespējams ilgstoši uzglabāt (Thornley, 2006). Visbiežāk biomasu ir vietējais resurss, kas veicina enerģijas veidu dažādošanu un piegādes drošību (Carneiro, Ferreira, 2012). Viegla un ērta resursa uzglabāšana ir priekšrocība, salīdzinot ar citiem resursiem, kas ļauj enerģijas ražošanu no biomasas uzskatīt par paredzamu un viegli piemērojamu pašreizējām jaudas prasībām. Biomasas kombinēšana ar citiem atjaunojamiem resursiem ļauj labāk risināt problēmas, kas saistītas ar enerģijas pieprasījuma mainīgumu.

Lai biomasas izmantošana būtu ekonomiski pamatota, tai jābūt ar lielu sausnas izkliedi (liels sausnas daudzums uz hektāru), iespējami zemu ieguldīto enerģiju, ražojot biomasu, zemām ražošanas izmaksām, nelielu ietekmi uz vidi un novākšanas brīdī maksimāli sausai (McKendry, 2002; Evans et al., 2010). Latvijas apstākļos biomasu sekmīgi iespējams iegūt ātraudzīgo kokaugu stādījumos, ierīkojot tos neizmantotās LIZ. Salīdzinot ar tradicionālajiem lauksaimniecības kultūraugiem, ātraudzīgo kokaugu stādījumos pieļaujamas zemākas prasības augsnes kvalitātei un vietas izvēlei. Ātraudzīgie kokaugu stādījumi tiek uzskatīti par daudzsološu biomasas ražošanas sistēmu, kas nākotnē palīdzēs sasniegt ES izvirzītos mērķus atjaunojamo energoresursu palielināšanai kopējā energobilancē (Dimitriou, Fistrek, 2014). Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošana siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai tiek uzskatīta par vienu no efektīvākajiem veidiem siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanā un atjaunojamās enerģijas ražošanā (Heller et al., 2004; Cocco, 2007; Styles, Jones, 2007; Njakou et al., 2015).

Ātraudzīgie koki, salīdzinot ar viengadīgiem lauksaimniecības kultūraugiem, labāk aug pārmitrās augsnēs un plūdu skartās teritorijās. (Slotiņa et al., 2014). Ātraudzīgie kokaugu stādījumi papildus biomasas ražošanai nodrošina arī dažādus ekosistēmas pakalpojumus – mazina lietus un vēja eroziju, veicina augsnes atveseļošanu, izejvielas var izmantot farmācijā un mājamatniecībā.

Galvenās ātraudzīgo kokaugu stādījumu priekšrocības ir energoresursu drošība (stādījumi lielākoties tiek audzēti un izmantoti vienas valsts robežās), vietējo resursu izmantošana, stabila piegādes ķēžu nodrošināšana, nemainīga produkta kvalitāte, videi draudzīga zemes apsaimniekošana (Weitz, 2014).



Ekoloģiskās pēdas nospiedums ātraudzīgajiem kokaugu stādījumiem ir mazāks kā pārtikas ražošanai (Heller et al., 2004). Zemas auglības zemes izmantošana ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai palielina darba iespējas reģionā un veicina dabai draudzīgu resursu izmantošanu enerģijas ražošanā (Volk et al., 2004; Campbell et al., 2014). Platības, kas nav piemērotas tradicionālo kultūraugu audzēšanai, sekmīgi var tikt izmantotas ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai.

Stādījumu ierīkošana ir viens no veidiem kā palielināt organiskā oglekļa daudzumu augsnē (Freibauer et. al., 2004). Ierīkojot ātraudzīgos kokaugu stādījumus, jāņem vērā ietekme uz zemes izmantošanu, bioloģisko daudzveidību, augsni, ūdeni un ainavu (Pučka, Lazdiņa, 2013). Visi šie aspekti ir svarīgi, lai stādījumi būt videi draudzīgi un ilgtspējīgi.

No ekonomiskā viedokļa stādījumus ieteicams stādīt lielās vienlaidus grupās, kas ļauj samazināt apsaimniekošanas izmaksas. Stādījumus ieteicams stādīt pēc iespējas tuvāk gala patērētājam, lai samazinātu transporta izmaksas. Stādījumi tiek apsaimniekoti daudzus gadus, un tehnika pārsvarā tiek izmantota pie ierīkošanas un novākšanas. (Dimitriou, Rutz, 2014). Pārtraucot platību izmantot ātraudzīgo kokaugu audzēšanai, to ir iespējams atgriezt lauksaimnieciskajā ražošanā.

### 1.3. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu definīcijas un vēsturiskā attīstība

Dažādos informācijas avotos ātraudzīgo kokaugu stādījumi tiek dēvēti atšķirīgi: īscirtmeta kokaugu stādījumi, īscirtmeta kokaugu intensīva apsaimniekošana, īscirtmeta mežsaimniecība, īscirtmeta stādījumi, intensīva koku plantāciju apsaimniekošana, meža koku sugu intensīva apsaimniekošana, agromežsaimniecības biomasas plantācijas, biomasas uzkrāšanas plantācijas, mini rotācijas mežsaimniecība u. c. (Dickmann, 2006).

Latvijas normatīvajos aktos plašāk tiek lietoti termini – *kokaugu stādījumi* (Lauksaimniecības un lauku attīstības likums, 2004; Meliorācijas likums, 2010) un *īscirtmeta atvasāji* (Tiešo maksājumu piešķiršanas..., 2015), kas apzīmē koku audzēšanu lauksaimniecības zemēs. ES Regulā (1305/2013/EK) ir minēts termins *agromežsaimniecības sistēma*, kas definēta kā zemes izmantošanas sistēma, kurā lauksaimniecības zemēs tiek audzēti koki.

Starptautiskajā literatūrā ātraudzīgie kokaugu stādījumi tiek uzskatīti par agromežsaimniecības veidu, kurā koki tiek stādīti lauksaimniecības zemē. Agromežsaimniecība dažādos literatūras avotos tiek definēta dažādi. Par fundamentālu tiek uzskatīta P.K.R. Naira (*Nair*) (1993) definīcija, kas agromežsaimniecību definē kā apzinātu koku un lauksaimniecības kultūraugu un/vai dzīvnieku vienlaicīgu vai secīgu audzēšanu vienā un tajā pašā zemes vienībā. ES kontekstā agromežsaimniecība ir zemes izmantošanas sistēma, kurā koki tiek audzēti lauksaimniecības platībās (Eiropas Savienības Oficiālais...,

2013). Savukārt ES daudzvalodu vārdnīca (*EuroVoc*) agromežsaimniecību definē kā vienlaicīgu koku un pārtikas kultūraugu un/vai lauksaimniecības dzīvnieku audzēšana vienā un tajā pašā zemes gabalā. Pēc Eiropas agromežsaimniecības federācijas (*European Agroforestry Federation*) definīcijas, agromežsaimniecība ir koku, kultūraugu un dzīvnieku vienlaicīga uzturēšana vienā zemes vienībā.

Lauksaimniecības un lauku attīstības likums (2004) kokaugu stādījumus definē kā ilggadīgos stādījumus (izņemot dekoratīvos kokaugus, augļu dārzus un stādaudzētavas), kuri īpašiem mērķiem un regulārā izvietojumā ierīkoti lauksaimniecībā izmantojamā zemē, un kuru maksimālais audzēšanas cikla ilgums ir līdz 15 gadiem, pēc kura stādījumus atjauno vai turpina zemi izmantot citu lauksaimniecības produktu audzēšanai. Kokaugu stādījumu ierīkošana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs pieļaujama, ja tā atbilst teritorijas attīstības plānošanas dokumentos noteiktām prasībām, kā arī, ja attiecīgā teritorija nav valsts reģistrā iekļauta kā īpaši aizsargājams biotops. Meliorētās platībās stādījumi tiek ierīkoti atbilstoši Meliorācijas likuma (2010) prasībām.

Vēsturiski ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšana ir attīstījusies no atvasāju mežsaimniecības. Atvasāju mežsaimniecība ir mežsaimniecības veids, kurā lapkoku audzes tiek ataudzētas no atvasēm (Bisenieks, 2005).

Eiropā par agromežsaimniecības izmantošanas sākumu uzskata viduslaikus, kad mazvērtīgas mežaudzes nocirta, ciršanas atliekas sadedzināja un lauksaimniecības produktus audzēja noteiktu laika periodu, pēc kura atjaunoja mežaudzi (King, 1987). Atsevišķos gadījumos lauksaimniecības kultūraugus audzēja kopā ar kokiem noteiktu laiku, visbiežāk līdz koki izauga pietiekami lieli un sāka noēnot lauksaimniecības kultūraugus.

Pirmā dokumentētā mākslīgā papeļu hibrizācija tika veikta 1912. gadā Londonā, kā rezultātā tika izveidotas jaunas šķirnes. Pirmā plaša mēroga papeļu selekcijas un audzēšanas programma tika sākta ASV 1924. gadā. (Stout, Schreiner, 1933). Vēlākajos gados šādas programmas tika izveidotas arī Kanādā un Eiropā. 21. gs. pārsvarā visos ātraudzīgajos stādījumos tiek izmantoti ātraudzīgo koku sugu hibrīdi.

Ziemeļvalstīs no 1980. līdz 1990. gadam intensīvi pētījumi tika veikti par baltalkšņa un kārkļu izmantošanas iespējām šķeldas ražošanā (Daugaviete et al., 2015). Visvairāk izmantotā kokaugu suga ātraudzīgajos stādījumos ir kārkls. Kārkli uzrāda labus augšanas rādītājus reģionos ar īsāku veģētācijas periodu un lielāku mitruma režīmu. Lai sasniegtu maksimālos ražības rādītājus, stādījumu augsnei jābūt labi sagatavotai un pirms stādīšanas jāveic nezāļu apkarošana, tāpat ieteicama augsnes ielabošana pirms stādīšanas un kociņu agrotehniskā kopšana stādījumu pirmajos gados (Mosiej et al., 2012). Ātraudzīgos stādījumus iespējams audzēt atšķirīgos klimatiskos apstākļos un dažādās augsnēs.

Kārķļu audzēšana stādījumos Eiropā sākās 19. gs. pirmajā pusē, galvenokārt, pateicoties lielajam pieprasījumam pēc pītiem groziem. (Kuzovkina et al., 2008). Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošana komerciāliem mērķiem Eiropā masveidā sāka 20. gs. 60. gados. Pārsvārā, stādījumi tiek izmantoti kā enerģētiskie stādījumi, no kuriem tiek iegūts kurināmais materiāls, kas tiek izmantots elektroenerģijas un siltuma ražošanā. Eiropā ātraudzīgo kokaugu stādījumos izmanto lapu kokus, jo stādījumu atjaunošana notiek ar atvasēm. Visbiežāk stādījumu vienas aprites periods ir 1-20 gadi, atsevišķos gadījumos līdz 25 gadiem, kas šādu apsaimniekošanas modeli padara tuvāku lauksaimniecībai, nevis mežsaimniecībai, kurā aprites periodi ir ievērojami garāki.

Sākotnējā stādījumu ierīkošana saistīta ar lauksaimniecības tehnikas izmantošanu (augšnes sagatavošana, mēslošana, stādīšana), turpretī koku kopšana un ražas novākšana saistīta ar mežsaimnieciskajām darbībām un meža tehnikas izmantošanu. Gala produkts, kas ir šķelda vai kokmateriāli, ir vairāk mežsaimniecības produkti, nevis lauksaimniecības.

Pētījumi par ātraudzīgo kokaugu stādījumiem tiek veikti daudzās pasaules valstīs – Zviedrijā, Apvienotajā Karalistē, Īrijā, Polijā, Igaunijā, Dānijā, Amerikas Savienotajās Valstīs u.c. (Weih, Nordh, 2005; Mola-Yudego; 2010; Mola-Yudego, Gonzalez-Olabaria, 2010). Pētāmās kokaugu sugas (apse, papele, kārķis) dažādās valstīs atšķiras, tomēr galvenās pētniecības tēmas, kas saistītas ar ātraudzīgo atvasāju audzēšanu un izmantošanu enerģētikā, ir ļoti līdzīgas. Tehnoloģiskā attīstība un atjaunojamo energoresursu politika radījusi interesi par ātraudzīgajiem kokaugu stādījumiem kā par atjaunojamo energoresursu, kuru nākotnē varētu izmantot arvien vairāk.

#### **1.4. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanā normatīvo aktu un plānošanas dokumentu bāze Latvijā**

Atjaunojamās enerģijas ražošanu no biomasas ietekmē konvencijas, starptautiskie līgumi, ES direktīvas un regulas, LR likumi, Ministru kabineta noteikumi, politikas plānošanas dokumenti un programmas. Svarīgākais kopējo ES mērķu sasniegšanai biomasas izmantošanas palielināšanā enerģijas ražošanā ir katras dalībvalsts izstrādāta un apstiprināta tiesību aktu sistēma, kas ir saskaņota un iekļaujas kopējā ES politikā.

Konvencijas un nolīgumi iezīmē starptautisko noteikumu hronoloģisku attīstību, kas sākās ar augu un dzīvnieku sugu individuāliem aizsardzības noteikumiem, kam sekoja noteikumi, kas paredz cilvēka atbildību par vides aizsardzību, uzlabošanu un saglabāšanu nākamajam paaudzēm, kā arī zemes atjaunojamo resursu racionālu izmantošanu.

Eiropas Parlamenta un Padomes regula Nr. 1305/2013 par atbalstu lauku attīstībai no Eiropas Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai (ELFLA) un ar ko

atceļ Padomes Regulu (EK) Nr. 1698/2005 nosaka lauku attīstības mērķus, kā piemēram, veicināt resursu efektīvu izmantošanu, sekmēt atjaunojamo energoresursu piegādi un izmantošanu bioekonomikas vajadzībām, kā arī sekmēt ekonomisko attīstību lauku apvidos. Atjaunojamo energoresursu ražošana ātraudzīgo kokaugu stādījumos ļauj sasniegt daļu no regulā izvirzītajiem mērķiem.

Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva (ES) 2018/2001 par no atjaunojamiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu, kas tika pieņemta 2018. gadā. Tajā tiek izvirzīts mērķis līdz 2030. gadam samazināt emisijas par vismaz 40%, salīdzinot ar 1990. gada līmeni. Direktīva paredz intensīvāku no atjaunojamiem energoresursiem iegūtās enerģijas izmantošanu, kas ietver biomasas (tajā skaitā biomasā, kas iegūta ātraudzīgo kokaugu stādījumos) ražošanas palielināšanu.

Papildus augstāk nosauktajiem pasaules un ES līmeņa normatīvajiem dokumentiem, ražojot enerģiju un apsaimniekojot kokaugu stādījumus, jāievēro arī Latvijas attīstības plānošanas dokumenti un normatīvie akti.

Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam (Latvija 2030) akcentē, ka *Latvijas rīcībā ir pietiekami AER (koksne, ūdens, vējš, biogāze, saule), lai palielinātu no tiem saražotās elektroenerģijas apjomu.* Koksnes biomasā no ātraudzīgo kokaugu stādījumiem var palīdzēt sasniegt stratēģijas izvirzītos mērķus, kas saistīti ar valsts enerģētiskās neatkarības nodrošināšanu, palielinot atjaunojamo energoresursu izmantošanu elektroenerģijas ražošanā koģenerācijas stacijās. Latvijas Bioekonomikas stratēģijas 2030 galvenie mērķi ir nodarbinātības veicināšana un saglabāšana, produktu pievienotās vērtības un eksporta palielināšana bioekonomikas nozarēs līdz 2030. gadam. Lauksaimniecība un mežsaimniecība, kas ir ietvertas bioresursu primārās ražošanas grupā, ir noteiktas kā vienas no prioritārajām nozarēm, kas jāattīsta. Stratēģija paredz palielināt zemes izmantošanas efektivitāti lauksaimniecībā, iesaistot ražošanā ap 400 tūkst. ha neizmantojamās LIZ, daļu no šīm platībām ir iespējams izmantot ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai, neveicot zemes transformāciju par meža platībām, bet saglabājot kā lauksaimniecības zemes.

Latvijas stratēģijas klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam viens no uzdevumiem tās sekmīgai īstenošanai ir ilgtspējīga zemes apsaimniekošana un pakāpeniska pāreja no fosilajiem energoresursiem uz atjaunojamiem resursiem, izmantojot koksnes biomasu enerģijas ražošanā. Nacionālās attīstības plānā 2021.-2027. gadam ir teikts, ka energoapgādes drošības paaugstināšanu un valsts atkarības mazināšanu no enerģijas importa iespējams sasniegt palielinot vietējo un atjaunojamo resursu izmantošanu enerģijas ražošanā, kas ietver biomasas izmantošanas palielināšanu enerģijas ražošanā. Latvijas nacionālajā enerģētikas un klimata plānā 2021.-2030. gadam viens no ilgtermiņa vīzijas sasniegšanas mērķiem ir fosilo un neilgtspējīgu resursu

samazināšana un to aizstāšanu ar atjaunojamiem resursiem, tajā skaitā biomasu. Kā viens no rīcības virzieniem plāna mērķu sasniegšanai attiecībā uz biomasas izmantošanu ir "...ilgtspējīga resursu izmantošana un SEG emisiju samazināšana un CO<sub>2</sub> piesaistes palielināšana zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektorā”.

Enerģētikas likums (1998) definē biomasu, kā vienu no atjaunojamiem energoresursiem, ko ir iespējams iegūt ātraudzīgo kokaugu stādījumos. Meža likums (2000) nosaka, ka viens no meža veidiem ir plantāciju meži, kas ir ieaudzētas, īpašiem mērķiem paredzētas un Meža valsts reģistrā reģistrētas mežaudzes. Uz plantāciju mežiem neattiecas Meža likumā noteiktā koku ciršanas un meža atjaunošanas kārtība. Ātraudzīgo kokaugu stādījumi, kā piemēram apšu hibrīdu, ja tiek audzēti garāku aprites periodu (15-20 gadi), tiek audzēti kā plantāciju mežs.

Lauksaimniecības un lauku attīstības likums (2004) definē, ka kokaugu stādījumi ir ilggadīgi stādījumi (izņemot dekoratīvos kokaugus, augļu dārzus un stādaudzētavas), kuri īpašiem mērķiem un regulārā izvietojumā ierīkoti lauksaimniecībā izmantojamā zemē, un kuru maksimālais audzēšanas cikla ilgums ir līdz 15 gadiem, pēc kura kultūru atjauno vai turpina zemi izmantot citu lauksaimniecības kultūru audzēšanai. Stādījumi, kas tiek audzēti īsāku aprites periodu (1-15 gadi), kā piemēram kārkļu un baltalkšņa, tiek audzēti kā kokaugu stādījumi.

Meliorācijas likums (2004) nosaka Valsts sabiedrību ar ierobežotu atbildību "Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi" kā iestādi, kas izdod tehniskos noteikumus kokaugu stādījumu ieaudzēšanai lauksaimniecībā izmantojamā meliorētā zemē.

Plantāciju mežu apsaimniekošanai, kas ir viens no ātraudzīgo kokaugu stādījumu apsaimniekošanas veidiem, attiecas MK 2012. gada 9. maija noteikumi Nr. 308 "Meža atjaunošanas, meža ieaudzēšanas un plantāciju meža noteikumi". Noteikumi nosaka plantāciju meža ieaudzēšanas, reģistrēšanas, apsaimniekošanas un koku ciršanas kārtību, kā arī koku sugas, kuras atļauts audzēt plantāciju mežā.

MK 2015. gada 8. janvāra noteikumi Nr. 834 "Prasības ūdens, augsnes un gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma" ir saistoši, ja ātraudzīgo kokaugu stādījumus prognozēts mēsnot ar notekūdeņu dūņām, minerālmēsliem vai dīgestātu.

Normatīvajos dokumentos un plānošanas dokumentos ir noteikts atbalstīt un veicināt atjaunojamu energoresursu ražošanu, tajā skaitā koksnes biomasas iegūšanu ātraudzīgo kokaugu stādījumos.

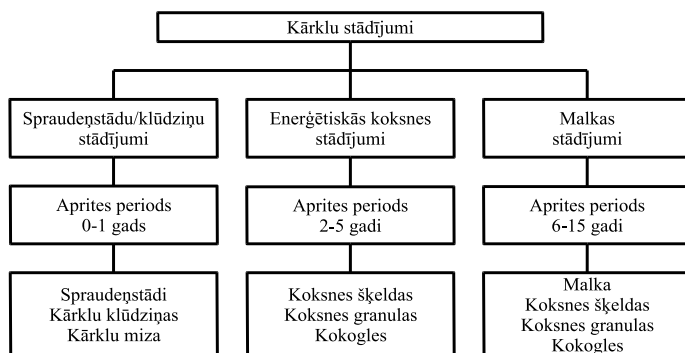
## 2. KĀRKLU, APŠU HIBRĪDU UN BALTALKŠŅA ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU UN IERĪKOŠANAS AGROTEHNOLOĢISKO KRITĒRIJU IZVĒRTĒJUMS AUDZĒŠANAI NEIZMANTOTĀS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS LATVIJĀ

Nodaļas apjoms ir 19 lpp., ar 3 tabulām un 5 attēliem. *Izvirzītā tēze: Latvijas klimatiskajiem apstākļiem un agrotehnoloģiskajiem kritērijiem piemērotas kokaugu sugas audzēšanai ātraudzīgajos kokaugu stādījumos ir kārkls, apšu hibrīdi un baltalkšnis.*

Darba **otrajā nodaļā** izvērtēta un apkopota informāciju par ātraudzīgo kokaugu stādījumu veidiem un to ierīkošanas galvenajiem principiem Latvijā. Analizēti kārklu, apšu hibrīdu un baltalkšņa stādījumu ierīkošanas modeļi un agrotehnoloģiskie kritēriji to ierīkošanai Latvijā.

### 2.1. Kārklu stādījumi

Kārkli tiek uzskatīti par vienu no perspektīvākajām sugām, kuru iespējams izmantot ātraudzīgajos kokaugu stādījumos lauksaimniecībā neizmantotās zemēs Ziemeļeiropas reģionā (Hall, House, 1994). Ierīkojot stādījumus, tiek dažādota lauku ainava, kā arī tie uzrāda pozitīvu CO<sub>2</sub> bilanci (Gonzalez-Garcia et al., 2012). Kārkli uzrāda augstu ražību un salīdzinoši lielu biomasas pieaugumu, salīdzinot ar citām koku sugām (Mola-Yudego, 2010). Kārkli ir viena no piemērotākajām ātraudzīgo kokaugu sugām, kas izmantojama biomasas ražošanā, kā arī tos var izmantot grozu izgatavošanā, pīto mēbeļu ražošanā un pilsētas teritorijas apzaļumošanā. Kārklu stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida attēlots 1. attēlā.



Avots: autora konstrukcija pēc izmantotās literatūras

1. att. Kārklu stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida.

**Kārķļu spraudņstādu stādījumi** tiek izmantoti stādmateriāla pavairošanai un pārdošanai. Stādījumu rotācijas periods parasti nepārsniedz 1 gadu. Selekcionēto kārķļu šķirnes ir sertificētas *Community Plant Variety Office* (CPVO) reģistrā un tiek aizsargātas ar Padomes Regulu Nr. 2100/94. Bez selekcionāra atļaujas kārķļu audzētājam ir aizliegts ražot stādus, ražot stādus stādījumu palielināšanai, uzlabot stādu kvalitāti, pārdot vai citādāk laist tirgū, uzglabāt un eksportēt ārpus ES (Selekcionēto kārķļu stādmateriāls..., 2017). Atsevišķos gadījumos spraudņstādu stādījumi uzrāda līdz 20 reizēm lielākus ekonomiskos ienākumus nekā koksnes šķeldas stādījumi (Stolarski et al., 2017). Latvijā šis stādījumu veids netiek plaši praktizēts.

**Kārķļu klūdžiņu stādījumi** tiek izmantoti kārķļu klūdžiņu ražošanai, kas tālāk tiek izmantotas dažādu pinumu (mēbeles, grozi, kastes) un dekoratīvo elementu (žogi, dekorācijas, statujas) izgatavošanā. Kārķļu klūdžiņas tiek audzētas vienu gadu, novāktas katru gadu rudenī un ziemas periodā sagatavotas pīšanai. Ražas novākšana notiek reizi gadā, no vēla rudens līdz agram pavasarim. Daļa no ievāktā materiāla var tikt izmantots kā stādmateriāls jaunu stādījumu izveidei vai tirgots.

**Kārķļu stādījumi enerģētiskās koksnes ieguvei** ir galvenais kārķļu izmantošanas veids. Kārķļi ir visplašāk izmantotā kokaugu suga enerģētiskās koksnes stādījumos Eiropā. Galvenie iemesli to masveidīgai izmantošanai ir augsta ražība salīdzinoši īsā laika periodā, kā arī vienkārša un viegla stādījumu atjaunošana ar atvasēm pēc biomasas novākšanas (Perttu, 1999). Kārķļu stādi tiek stādīti vienu reizi stādījumu dzīves laikā, pēc katras biomasas novākšanas tie ataug no celmu atvasēm. Stādīšanas blīvums ir 12 000-15 000 stādi uz hektāra un aprites periods 3-5 gadi (Helby et al., 2006). Stādījumu pēc katra novākšanas cikla nav nepieciešams atjaunot, tas notiek dabiski ar celmu atvasēm (Lazdiņa, 2009). Parasti stādījums tiek audzēts 25 gadus. Vidējie kārķļu stādījumu ražības rādītāji Latvijas apstākļos ir 8-12  $t_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$  gadā, atsevišķās gadījumos līdz 30  $t_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$  gadā (Zalewski, Wagner, 2005; Lazdiņa, 2009; Mola-Yudego, 2010; Technical guide short..., 2010; Larsen et al., 2014). Pētījumi liecina, ka kārķļu īscirtmeta atvasājus ir ekonomiski audzēt tad, ja biomasas pieaugumam ir vismaz 8-9  $t_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$  gadā (Rosenqvist, Dawson, 2005). Pēdējos gados Latvijā notiek dažādu kārķļu klonu un augsnes ielabošanas līdzekļu pārbaudes, lai atlasītu Latvijas apstākļiem piemērotākos klonus.

Kārķļu stādījumi ar vienlaidus platību virs 10 hektāriem tiek novākti mašinizēti, izmantojot kombainus, kur novākšana un smalcināšana (šķeldošana) notiek vienlaicīgi. Parasti šādas tehnikas iegāde vai īre ir dārga, turklāt ne vienmēr pieejama sakarā ar nelielo iekārtu skaitu un izmantošanas laiku, kas parasti pārklājas. Parasti šādām mašīnām ir noteikts maksimālais koku diametrs

(5-8 cm), kuru tās ir spējīgas nopļaut, kas ierobežo stādījumu audzēšanas laiku līdz 4 gadiem. Šajā metodē parasti biomasas netiek uzglabāta vai žāvēta uz lauka, tādēļ tā tiek realizēta ar salīdzinoši augstu mitruma saturu (Berhongeray et al., 2013). Šādu mašīnu produktivitāte var sasniegt 25-35 zaļās biomasas tonnu sagatavošanu vienā produktīvajā mašīnstundā (Spinelli et al., 2009; Schweier, Becker, 2012). Ņemot vērā tehnikas iegādes izmaksas un augsto produktivitāti, šīs mašīnas iesaka izmantot gadījumos, kad kopējās stādījumu platības pārsniedz 300 ha (Scholz et al., 2009). Latvijā šādas mašīnas tiek izmantotas lielos kārkļu stādījumos.

Maza apjoma stādījumu (ar vienlaidus platību zem 10 hektāriem) novākšana parasti notiek manuāli, izmantojot rokas instrumentus (krūmgriežus). Šāda metode paredz biomasas novākšanu, uzglabāšanu un žāvēšanu lauka malā, un vēlāk šķeltošanu. Krūmgriežu izmantošana neuzliek ierobežojumus koku maksimālajam diametram. Tādēļ, ja nav iespējams platību nopļaut pēc 4 gadiem, to iespējams izdarīt arī vēlāk. Biomasas nogādāšanai lauka malā izmanto lauksaimniecības vai meža tehniku un šķeltošanu veic ar mobilajiem šķeldotājiem.

**Kārkļu stādījumi malkas ieguvei** ir viens no kārkļu izmantošanas veidiem, kas pārsvarā tiek izmantots Eiropas dienvidu valstīs, mazāk Eiropas centrālajā un ziemeļu daļā. Stādījumu ierīkošanai un apsaimniekošanai nav nepieciešama specializēta tehnika. Malka tiek iegūta, izmantojot atvasāju metodi vai apgriešanas metodi. Latvijas apstākļos kārkļu malkas stādījumi netiek praktizēti, jo ekonomiski pamatotāka ir kārkļu izmantošana enerģētiskās koksnes stādījumos.

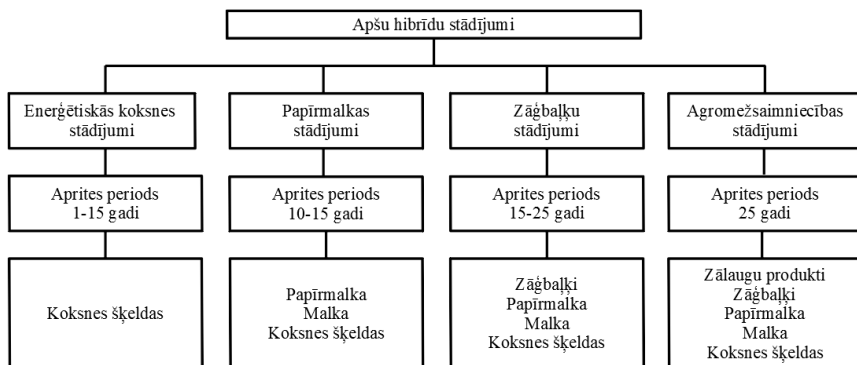
Ziemeļeiropas reģionā kārkļi tiek uzskatīti par perspektīvu sugu, kuru izmantot ātraudzīgajos kokaugu stādījumos. Salīdzinot ar citām kokaugu sugām, kārkļi uzrāda augstus biomasas pieauguma rādītājus salīdzinoši īsā laika periodā. Kārkļu stādījumi enerģētiskās koksnes ražošanai ir visvairāk izmantotais stādījumu veids Eiropā un Latvijas apstākļiem vispiemērotākais.

## 2.2. Apšu hibrīdu stādījumi

Apšu hibrīdu (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) stādījumi Latvijā apstākļos var tikt izmantoti kā īscirtmeta atvasāju stādījumi, kur galvenais produkts ir koksnes šķelda, vai kā ilggadīgie kokmateriālu stādījumi, kur galvenais produkts ir papīrmalka un zāģbalkis.

Iepriekš veiktie pētījumi par apšu hibrīdu audzēšanu lauksaimniecības zemēs Latvijā uzrāda biomasas pieaugumu līdz 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> koksnes gadā 15 gadus vecos stādījumos (Zeps, 2017). Apšu hibrīdu stādījumus atkarībā no izmantošanas veida var iedalīt enerģētiskās koksnes, papīrmalkas, zāģbalku vai agromežsaimniecības stādījumos, kuri apkopoti 2. attēlā.





Avots: autora konstrukcija pēc izmantotās literatūras

2. att. Apšu hibrīdu stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida.

Galvenais **enerģētisko koksnes stādījumu** mērķis ir iegūt iespējami lielāku biomasu pēc iespējas īsākā laika periodā. Lai nodrošinātu maksimālu finansiālo atdevi, enerģētiskās koksnes stādījumu aprites periods parasti ir 10-15 gadi. Visbiežāk tiek stādīti 2400 līdz 4000 stādi hektārā, un stādīšana notiek vienā rindā (Zeps, 2017). Zviedrijā ierīkotajos apšu atvasāja stādījumos ar aprites periodu 4 gadi biomasas pieaugums sasniedza  $9 t_{\text{sausnas}} ha^{-1}$  gadā (Rytter, 2006). Latvijā ierīkotajos stādījumos ar sākotnējo biežību 2500 koki  $ha^{-1}$  vidējā krāja 10 gadu vecumā ir  $160 m^3 ha^{-1}$  un 5 produktīvāko klonu vidējā krāja sasniedz  $230 m^3 ha^{-1}$  (Zeps, 2017). Latvijā apšu hibrīdu enerģētiskās koksnes stādījumi netiek audzēti, galvenokārt dēļ augstajām stādu cenām, kas padara audzēšanu ekonomiski neizdevīgu.

**Stādījumos papīrmalkas ieguvei** aprites cikls Latvijas apstākļos ir 10-15 gadi un sākotnējais biežums 1100-1600 koki  $ha^{-1}$  (Tulus et al., 2007; Rytter, Stener, 2012; Tullus et al., 2012a; Zeps, 2017). Biomasas pieaugums 7-15  $t_{\text{sausnas}} ha^{-1}$  gadā audzējot 10-20 gadus (Technical guide short..., 2010). Apšu hibrīdu koksnes šķiedras veido mehāniski izturīgu papīru, kas liecina par hibrīdu koksnes piemērotību augstas pievienotās vērtības papīrrūpniecības produktu ražošanai (Zeps et al., 2012). Parasti stādījumu dzīves ilgums Latvijas apstākļos ir 2 aprites, kur otrā aprīte atjaunojas ar atvasēm. Latvijā ierīkotajos stādījumos ar sākotnējo biežību 1100 koki  $ha^{-1}$  vidējā krāja 15 gadu vecumā ir  $246 m^3 ha^{-1}$ , un 5 produktīvāko klonu vidējā krāja sasniedz  $285 m^3 ha^{-1}$  (Zeps, 2017).

**Stādījumos zāģbaļķu ieguvei** gala produkts ir zāģbaļķis. Stādījumu cirtes aprīte ir 20 gadi un sākotnējais biežums 800 koki  $ha^{-1}$ . Ja plānots audzēt zāģbaļķu stādījumus ar kopšanu, tad kopšanas cirti veic 15 gadu vecumā un sākotnējais biežums ir 1100 koki  $ha^{-1}$  (Zeps, 2017). Parasti stādījumu dzīves ilgums ir 2 aprites, kur otrā aprīte atjaunojas ar atvasēm. Igaunijā ierīkotajos

stādījumos apšu hibrīdu biomasas pieaugums 25 gadus vecos stādījumos var sasniegt 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> koksnes gadā, tāda paša vecuma stādījumos Zviedrijā vidēji 12 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> koksnes gadā (Beuker, 2000; Tullus et al., 2012a). Igaunijā veikts pētījums uzrāda, ka augstāko iekšējās atdeves koeficientu (IRR) apšu hibrīdu stādījumi sasniedz 26-34 gadu vecumā, ja sākotnējais stādīšanas biežums ir 1300 koki uz hektāru (Tullus et al., 2012b). Latvijas apstākļos lielākā investīciju atdeve ir zāgbaļķu stādījumiem. Apsaimniekošanas modelī, kur tiek audzēti stādījumi ar kopšanas cirti, 15 gadu vecumā krājas kopšanas cirtes ienākumi nosedz 75% no ierīkošanas izmaksām (Zeps, 2017). Apšu hibrīdu zāgbaļķu stādījumi ir visvairāk izmantotais stādījumu veids Latvijā.

**Agromežsaimniecības stādījumi** ir biomasas iegūšanas veids, kas paredz secīgu zālaugu un koku audzēšanu vienā platībā noteiktu laika periodu. To var uzskatīt par mežsaimniecības un lauksaimniecības prakšu apvienojumu vienā platībā, izveidojot produktīvu zemes apsaimniekošanas sistēmu, kas nodrošina ekonomiski pamatotu, sociāli atbildīgu un videi draudzīgu zemes izmantošanas veidu. Pēc E. Somariba (*Somariba*) (1992), lai zemes izmantošanas veidu atzītu par agromežsaimniecību, ir jāizpildās trīs pamatnosacījumiem: platībā tiek audzētas vismaz divas augu/koku sugas, kas bioloģiski mijiedarbojas, vismaz viena ir daudzgadīgā koku suga un vismaz viena ir viengadīga vai daudzgadīga augu suga, kas tiek izmantota lopbarības, pārtikas vai biomasas ražošanai. Agromežsaimniecības stādījumi dod iespēju palielināt kopējos ienākumus, realizējot vairākus produktus no vienas zemes vienības (Feldhake et al., 2008). Galvenās priekšrocības ir labāka resursu izmantošana, samazināta konkurence par barības vielām un koku spēja pārdzīvot sausuma periodus, ja tiek stādīti kopā ar augiem (Bardule et al., 2013). Lai sekmīgi ierīkotu stādījumus, nepieciešamas labas zināšanas lauksaimniecībā un mežsaimniecībā, kā arī jāpārzina audzējamo sugu īpatnības (Filius, 1982). Agromežsaimniecības stādījumu izmantošana ļauj diferencēt ienākumus, kur pirmajos gados iespējams gūt ienākumus no zālaugiem, bet ienākumi no koksnes realizācijas tiek iegūti vēlāk. Latvijā agromežsaimniecības stādījumi ir ierīkoti tikai zinātniskās izpētes nolūkos.

Apšu hibrīdus ieteicams stādīt pamestās un neizmantotās lauksaimniecības zemēs. Šādās zemēs parasti ir liela barības vielu koncentrācija, kas saglabājusies no platību mēslošanas agrāk, un šīs barības vielas koki var sekmīgi izmantot pirmajos gados pēc iestādīšanas (Hoffman-Schielle et al., 1999; Ritter et al., 2003). Pateicoties iepriekšējai platību izmantošanai lauksaimniecībā, kas ietver regulāru augsnes apstrādi (aršana, diskošana, ecēšana, kultivēšana), tās virskārta ir pietiekami irdena un vienmērīgi sajaukta, kas ir priekšnoteikums papeļu un apšu sekmīgai augšanai (Messing et al., 1997; Wall, Heiskanen, 2003). Latvijā lauksaimniecībā neizmantotās LIZ varētu tikt izmantotas biomasas ražošanā, tajās ierīkojot apšu hibrīdu stādījumu, kur

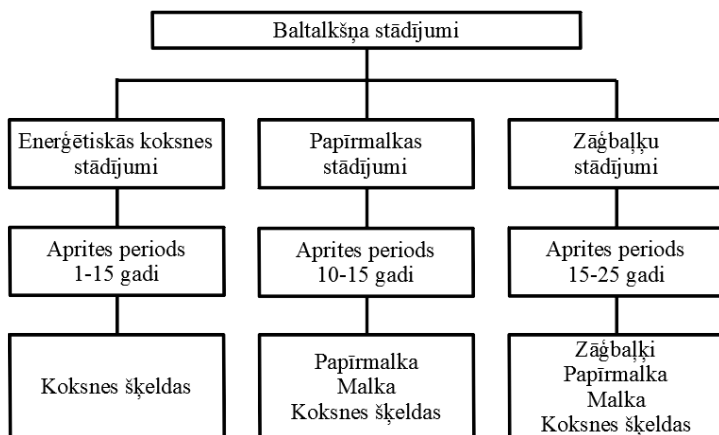
Latvijā iepriekš veiktie pētījumi par apšu hibridu audzēšanu uzrāda biomasas pieaugumu līdz  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  koksnes gadā 15 gadus vecos stādījumos, kas apstiprina šīs kokaugu sugas izmantošanas potenciālu un padara šos stādījumus piemērotus Latvijas apstākļiem.

### 2.3. Baltalkšņa stādījumi

**Baltalksnis** (*Alnus incana* L.) boreālo mežu zonā tiek uzskatīts par vienu no ātraudzīgākajām koku sugām, no kuras iespējams iegūt kokmateriālus vai izmantot kā atjaunojamo energoresursu, ražojot enerģētisko koksni (Daugaviete, 2010). Latvijā baltalksnis pārsvarā tiek audzēts meža zemēs, savukārt lauksaimniecības zemēs pārsvarā tiek izkoptas jau apmežojušās baltalkšņa platības.

Baltalkšņa audzēm raksturīga strauja koksnes masas veidošana īsā laika periodā, liela izturība pret slimībām, kaitēkļiem, dzīvnieku bojājumiem, klimata pārmaiņām un spēja atjaunoties ar atvasēm, kas padara šo sugu piemērotu ātraudzīgajiem stādījumiem (Pregent, Camire, 1985; Johansson, 1999; Daugaviete, 2006; Daugaviete, Daugavietis 2007; Daugaviete et al., 2009; Uri et al., 2010; Daugavietis et al., 2011; Hytonen, Saarsalmi, 2015). Salīdzinot ar citām ātraudzīgajām koku sugām, baltalksnis, simbiozē ar gumiņbaktērijām, spēj piesaistīt atmosfēras slāpekli (Granhall, Verwijst, 1994), kas ļauj samazināt stādījumu mēslošanas intensitāti vai izvairīties no tās.

Audzējot baltalksni ilggadīgajos stādījumos, iespējami trīs apsaimniekošanas scenāriji: enerģētiskās koksnes, papīrmalkas un zāģbaļķu stādījumi, kuri apkopoti 3. attēlā.



Avots: autora konstrukcija pēc izmantotās literatūras

3. att. **Baltalkšņa stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida.**

Baltalksni ieteicams stādīt auglīgās māla, mālsmilts un smilšmāla augsnēs, kur tas uzrāda augstus produktivitātes rādītājus, turpretī jāizvairās stādīt pārmitrās un nabadzīgās augsnēs, kur tas veido krūmāju (Ozols, Hibners, 1927). Koku augšanu ietekmē stādījumu biežība, minerālvielu pieejamība, ūdens režīms un vidējā temperatūra (Bārdulis et al., 2015). Baltalkšņa stādījumi lauksaimniecības zemēs, galvenokārt, tiek izmantoti enerģētiskās koksnes (koksnes šķeldas) un papīrmalkas ražošanā, mazāk zāģbaļķu audzēšanai.

Latvijā koksnes šķeldas no baltalkšņa lielākoties tiek iegūtas no aizaugušām lauksaimniecības zemēm, veicot to tīrīšanu, vai no mežizstrādes atliekām pēc galvenās cirtes meža zemēs. Mainot iestādīto koku skaitu, stādījumus var izmantot enerģētiskās koksnes vai papīrmalkas ražošanai. Ja stādījumā tiek audzēta papīrmalka, tad sortimentus, kas neatbilst papīrmalkas standartiem, iespējams izmantot kā enerģētisko koksni. Liela apjoma, mērķtiecīgi ierīkoti baltalkšņa stādījumi lauksaimniecības zemēs Latvijā 2020. gadā ir ierīkoti nelielās (mazāk par 50 ha) platībās.

Pētījumi par baltalkšņa izmantošanu īsirtmeta stādījumos Latvijā pirmoreiz sākti 1978. gadā. Pētījumos tika salīdzinātas dažādas stādījumu mēslošanas, augsnes sagatavošanas un stādmateriāla audzēšanas agrotehniskās metodes. Pētījumi pēc pirmo rezultātu iegūšanas tika pārtraukti un netika turpināti (Igaunis, 1982; Katkevičs, 1985; Katkevic, Lukašunas, 1986). Stādījumos, kas ierīkoti 2008. gadā lauksaimniecības zemēs, pēc pirmajiem diviem gadiem tika konstatēts, ka būtiski koku augšanas rādītājus ietekmē stādmateriāla audzēšanai pielietoto konteineru veids (Liepiņš, Liepiņš, 2010). Ātrāka stādu augšana pirmajos 3-4 stādījumu gados ir svarīga, lai stādījumi labāk saglabātos un tos nenomāktu apkārt augošie zālaugi.

No 2005. līdz 2009. gadam LVMI Silava veica pētījumus, lai pārbaudītu baltalkšņu piemērotību **enerģētiskās koksnes** ražošanai ar dažādiem aprites periodiem lauksaimniecības zemēs (5, 10 un 15 gadi). Latvijas apstākļos meža zemēs viengadīgu atvasāju sausā biomasa sasniedz  $1.3-3.2 \text{ t ha}^{-1}$ , bet divgadīgu  $3.4-5.5 \text{ t ha}^{-1}$  (Daugaviete et al., 2009). Citos pētījumos 1 gadu vecu atvasāju sausā biomasa ir  $0.9-7.7 \text{ t ha}^{-1}$ , 2 gadus vecu  $2.2-23.6 \text{ t ha}^{-1}$ , 3 gadus vecu  $5.2-28.9 \text{ t ha}^{-1}$ , 4 gadus vecu  $7.3-57.4 \text{ t ha}^{-1}$  un 5 gadus vecu  $15.2-64.4 \text{ t ha}^{-1}$  (Daugaviete, 2011). Aizaugušās lauksaimniecības zemēs koksnes krāja atkarībā no augsnes auglības 5 gadus vecos stādījumos ir  $8-32 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $20-97.5 \text{ m}^3$  šķeldas), 10 gadus vecos  $20-102 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $50-255 \text{ m}^3$  šķeldas) un 15 gadus vecos  $34-178 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $85-445 \text{ m}^3$  šķeldas). Kociņus skaits 5 gadus vecos stādījumos bija 4000-10 000, 10 gadus vecos 5192-2339 un 15 gadus vecos 3539-1709 (Daugaviete et al., 2015). Pētījumos tika apstiprināta baltalkšņa piemērotība izmantošanai ātraudzīgajos stādījumos lauksaimniecības zemēs.

Sasniedzot 20 gadu vecumu, koksnes vidējais pieaugums samazinās (Aossar et al., 2012), līdz ar to enerģētiskās koksnes ieguvei baltalksni iesaka novākt 15-17 gadu vecumā, kur koku skaitam būtu jāpārsniedz 3000 gab. ha<sup>-1</sup> (Uri et al., 2008; Miežīte, Dreimanis, 2013; Klovāne, 2015). Šāds koku skaits ir optimāls stādījumos, kas ierīkoti aizaugušās lauksaimniecības zemēs veicot stādījumu sākotnējo retināšanu. Mērķtiecīgi ierīkotos stādījumos, kas paredz speciāli audzēta stādmateriāla izmantošanu, koku skaits 15-17 gadu vecumā parasti nepārsniedz 2000 gab. ha<sup>-1</sup>.

Izvēloties audzēt baltalksni **papīrmalkas un zāģbaļķu** ieguvei, optimālajam aprites periodam nevajadzētu pārsniegt 20-25 gadus. Biomasas pieaugums šādi apsaimniekotās platībās sasniedz 6-10 t<sub>sausnas</sub> ha<sup>-1</sup> (Technical guide short..., 2010). Stādījumu kopšana jāveic līdz 5 gadu vecumam, un pēc kopšanas atstājamo koku skaitam jābūt 2000 koki hektārā (Johansson, 1999; Uri et al., 2014). Lai ierīkotu plantāciju mežu lauksaimniecības zemēs, minimālajam kociņu skaitam jābūt 800 kokiem hektārā (Meža atjaunošanas, meža..., 2012). Pētījumos Skandināvijā un Baltijas valstīs koksnes krāja 15-20 gadus vecās audzēs ir 98-226 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Aossar et al., 2012). Latvijā baltalkšņu audzēs meža zemēs koksnes krāja 40 gadu vecumā var sasniegt 410 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Miežīte, Dreimanis, 2013) un 25-30 gadu vecumā 250-400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, kur 50-70% no koksnes ir apaļie kokmateriāli (Daugaviete, Daugavietis, 2008).

Atsevišķi pētījumi parāda, ka baltalksnis nav piemērots ļoti īsam aprites ciklam, un optimālais stādījumu audzēšanas periods ir 20 gadi (Hytonen, Saarsalmi, 2015), savukārt citās platībās augsts koksnes pieaugums saglabājas arī platībās pēc 20 gadu vecuma (Uri et al., 2014). Latvijas apstākļos stādījumu aprites periodam nevajadzētu pārsniegt 30 gadus.

Baltalkšņa stādījumi lauksaimniecības zemēs pārsvarā tiek izmantoti enerģētiskās koksnes un papīrmalkas ražošanā, mazāk zāģbaļķu ražošanā. 2020. gada sākumā mērķtiecīgi stādīti baltalkšņa stādījumi lauksaimniecības zemēs ir ierīkoti lielākoties zinātniskiem mērķiem paredzētās platībās. Latvijas un citu valstu veiktajos pētījumos iegūtā informācija liek secināt, ka baltalksnis ir piemērota koku suga ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai lauksaimniecībā neizmantotās zemēs.

#### **2.4. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas agrotehnoloģisko kritēriju izvērtējums**

Lai sekmīgo ierīkotu ātraudzīgos kokaugu stādījumus, ir jāņem vērā vairāki kritēriji. Tie ļauj izvēlēties piemērotāko kokaugu sugu konkrētajā platībā, kurā plānots ierīkot stādījumus. Agrotehnoloģiskie kritēriji ļauj labāk izvēlēties agrotehnoloģiskos paņēmienus kokaugu audzēšanai. Kritēriji, kas saistīti ar meteoroloģiskajiem faktoriem, ir svarīgi, lai nodrošinātu stādījumu dzīvotspēju

un stādu ieaugšanos. Kritēriji, kas saistīti ar platības novietojumu un stāvokli, ir svarīgi, lai prognozētu stādījumu ekonomisko atdevi, stādījumu dzīvotspēju un stabilus biomasas pieaugumus. Apsaimniekošanas kritēriji ir svarīgi, lai izvēlētos kokaugu sugu un stādījumu veidu konkrētajā platībā.

Kārklū, apšu hibrīdu un baltalkšņa stādījumiem ideāli piemērotas vietas ir platības, kur vidējā gada gaisa temperatūra sasniedz 7°C un veģetācijas periodā vidējā temperatūra lielāka par 13°C (Technical guide short..., 2010). Vidējā gada gaisa temperatūra Latvijā pēc Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrs (LVĢMC) sniegtās informācijas ir 5.9°C.

Meteoroloģiskie un augsnes īpašības kritēriji ir primārie, kas nosaka ātraudzīgo kokaugu augšanu. Šie kritēriji jāņem vērā izvēloties stādījumu ierīkošanas vietu un piemērotāko kokaugu sugu.

Ūdens režīms un nokrišņu daudzums platībā ir svarīgi faktori, kas nosaka veiksmīgu stādījumu ieaudzēšanu un apsaimniekošanu. Ūdens režīms vienā platībā var mainīties, atkarībā no platības novietojuma pret debesspusēm, gruntsūdeņu līmeņa, ūdens noteces, nogāzes slīpuma vai noteces grāvju tīkla konkrētajā vietā. Optimālais ūdens režīms tiek nodrošināts ar pazemes spiedūdeņu izplūdi, ūdens pieplūdi no pieguļošajām teritorijām un atmosfēras nokrišņiem (Zālītis, 2005). Piemērots ikgadējais nokrišņu daudzums kārklū un apšu hibrīdu stādījumiem ir 600-1000 mm gadā un veģetācijas periodā virs 300 mm. Baltalksnim ikgadējam nokrišņu daudzumam būtu jābūt virs 1000 mm un veģetācijas periodā virs 480 mm (Lazdiņš et al., 2005; Technical guide short..., 2010). Vidējais nokrišņu daudzums gadā Latvijā pēc LVĢMC sniegtās informācijas ir 600-700 mm.

Stādījumus iespējams stādīt gan mālainā, gan smilšainā augsnē. Piemērotas ir augsnes ar labi izveidotu graudainu struktūru, savukārt no bezstruktūras un masīvām (blīvām) augsnēm ir jāizvairās (Lazdiņš et al., 2005). Nepiemērotas ir augsnes ar ļoti zemu gruntsūdens līmeni (Growers guide to..., 2006). Piemērots augsnes skābuma līmenis (pH) stādījumiem ir no 5.5 līdz 8 (Lazdiņš et al., 2005; Growers guide to..., 2006). Kārklū stādījumiem piemērots pH līmenis 5.5-6.5, apsei 5.5-7 un baltalksnim virs 4.5 (Technical guide short..., 2010). Kopumā klimatiskie apstākļi un augsnes ir piemērotas ātraudzīgo kokaugu audzēšanai Latvijā.

Ierīkojot stādījumus, jāņem vērā platības reljefs. Lai nodrošinātu drošu biomasas ieguvu, lauka slīpumam nevajadzētu pārsniegt 7-10%, un platībai jābūt līdzenai bez lielām ieplakām (Growers guide to..., 2006). Platības ar lielu slīpumu nav piemērotas liela mēroga kārklū stādījumiem, kad stādīšanu un novākšanu veic mašinizēti, īpaši pārmitros apstākļos, kas rada pārvietošanās grūtības pļaušanas traktoram un šķeldas pievedējtraktoram, kārklū pļaušanas kombaini nevar strādāt, ja nogāzes slīpums pārsniedz 15% (Lazdiņš et al., 2005; Schweizer, Becker, 2012a). Stādījumos kur galvenais produkts ir koksne

un tiek izmantota meža tehnika, platības nogāžu slīpums var pārsniegt 15%. (Schweier, Becker, 2012b). Īpaši svarīgi nepārsniegt maksimālo slīpumu ir kārkļu stādījumos, veicot kārkļu novākšanu mašinizēti. Stādījumu iespējams ierīkot platībās ar augstu akmeņainību, ja pirms stādīšanas iespējams novākt lielus akmeņus, kas var traucēt stādījumu apsaimniekošanu.

Lauksaimniecībā izmantojamās zemes kvalitāte raksturo zemes produktivitāti, kas atkarīga no augsnes tipa, augsnes mehāniskā sastāva, cilmieža, augsnes skābuma reakcijas, meliorācijas sistēmas reakcijas, zemes gabala kontūras un platības, akmeņainības un reljefa. Vidējais svērtais kvalitātes novērtējums Latvijā ir 38 balles (maksimums 100 balles), kas uzskatāms par minimālo LIZ auglības līmeni, lai varētu nodrošināt komerciāli dzīvotspējīgi lauksaimniecību. No visām LIZ 41% ir platības ar auglību zem 35 ballēm un 4% platības ar auglību virs 55 ballēm (Zemes politikas plāns..., 2016). Pēc ekspertu vērtējuma, lauksaimniecībā neizmantošanās zemes apmežošanu vēlams veikt platībās, kurās augsnes auglība ir zemāka par 25 ballēm (Ex-ante novērtējums Lauku..., 2013).

Lielāks vienlaidus stādījums ir ekonomiski izdevīgāks, minimāli ieteicamais kārkļu stādījums ir 3-5 ha, vēlams 10 ha (Lazdiņš et al., 2005; Growers guide to..., 2006). Mazāku stādījumu izmantošana attaisnojas gadījumos, ja stādījumi atrodas netālu viens no otra vai tajos tiek audzēti koki ar garu (10-25 gadi) aprites periodu.

Lai uzlabotu stādījumu ražību, pirms stādīšanas un pēc pļaušanas iesaka augsni ielabot. Gada laikā augoši kārkļu stādījumi vidēji patērē 60-100 kg slāpekļa (N), 10-15 kg fosfora (P) un 35-50 kg kālija (K). Lai uzlabotu stādījumu ražību, ieteicamās mēslojuma devas ir 100-200 kg N, 20-40 kg P un 100-200 kg K uz viena hektāra gada laikā (Lazdiņa, Lazdiņš, 2008). Vienā ielabošanas reizē iestrādā 3-5 gadu devu (Lazdiņš et al., 2005). Pirms stādīšanas ieteicams veikt augsnes analīzes, lai precīzi noteiktu mēslojuma devas. Visplašāk izmantotie ielabošanas līdzekļi stādījumos ir minerālmēsli, stabilizēti koksnes pelni un notekūdeņu dūņas. Ieteicamās ielabošanas materiālu devas uz hektāra koksnes pelniem ir  $6 t_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$  un notekūdeņu dūņām  $10 t_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$  (Lazdiņa, 2009; Rancane et al., 2014). Ielabošanas materiāla transportēšanas attālumam nevajag pārsniegt 50 km (Lindh et al., 2003). Izņēmums ir minerālmēsli, kas ir kompaktāk transportējami, salīdzinot ar dūņām un pelniem.

Darbaspēks stādījumu ierīkošanā nepieciešams periodiski (nav nepieciešams pilnu laiku). Augsnes sagatavošana pirms stādījumu veikšanas neatšķiras no tradicionālās lauksaimniecības zemes apstrādes, līdz ar to papildus darbinieku apmācība nav nepieciešama. Stādījumu novākšanu veic ziemas periodā, kas ļauj izmantot darbspēku laikā, kad tradicionālo lauksaimniecības produktu ražošana netiek veikta.

Galvenie koksnes produkti no ilggadīgajiem stādījumiem ir zāģbaļķi, papīrmalka un koksnes šķeldas. Zāģbaļķi pārsvarā tiek izmantoti kokapstrādes uzņēmumos Latvijā, savukārt papīrmalka eksportēta. Koksnes šķeldu pārsvarā izmanto vietējās katlumājās siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanai. Stādījumu ekonomisko atdevi iespējams palielināt, samazinot produktu transportēšanas attālumu. Kārķļu stādījumus iesaka ierīkot nepārsniedzot 50 km rādiusā no patēriņa vietas (Lazdina, Lazdins, 2008), garākas aprites stādījumiem, kas ir 15-20 gadi, šis attālums var būt līdz 150 km.

Kritēriju ievērošana ļauj izvēlēties piemērotāko kokaugu sugu konkrētajai platībai, kā arī piemērotāko apsaimniekošanas sistēmu, kas noteiks stādījumu ekonomisko izdevīgumu nākotnē.

### **3. KĀRĶĻU, APŠU HIBRĪDU UN BALTALKŠŅA ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU IERĪKOŠANAS EKONOMISKAIS IZVĒRTĒJUMS UN IEGŪSTAMĀIS BIOMASAS APJOMS POTENCIĀLAJĀS PLATĪBĀS LATVIJĀ**

Nodaļas apjoms ir 47 lpp., ar 16 tabulām un 18 attēliem. *Izvirzītās tēzes: 1) Kārķļu, apšu hibrīdu un baltalkšņa ātraudzīgo kokaugu stādījumi var būt ekonomiski pamatots neizmantotas lauksaimniecības zemes apsaimniekošanas veids Latvijā. 2) Latvijā ir pieejamas neizmantotas lauksaimniecības zemes, kas nav piemērotas lauksaimniecības kultūraugu audzēšanai, bet ir izmantojamas koksnes biomasas iegūšanai ātraudzīgo kokaugu stādījumos, palielinot atjaunojamo energoresursu īpatsvaru kopējā Latvijas energobilancē.*

Darba **trešajā nodaļā** izveidoti un aprakstīti Latvijas apstākļiem piemēroti ātraudzīgo kokaugu sugu audzēšanas modeļi kārķļam, apšu hibrīdiem un baltalkšnim, veikti stādījumu ierīkošanas, apsaimniekošanas un novākšanas ekonomiskie aprēķini. Darbā ir identificētas potenciālās platības Latvijas novados, kas būtu piemērotas ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai. Ir aprēķināts potenciālais koksnes resurss, kas tiktu iegūts, ja potenciālajās platībās tiktu audzēti ātraudzīgo kokaugu stādījumi.

#### **3.1. Latvijas apstākļiem piemērotu ātraudzīgo kokaugu stādījumu ekonomiskais izvērtējums**

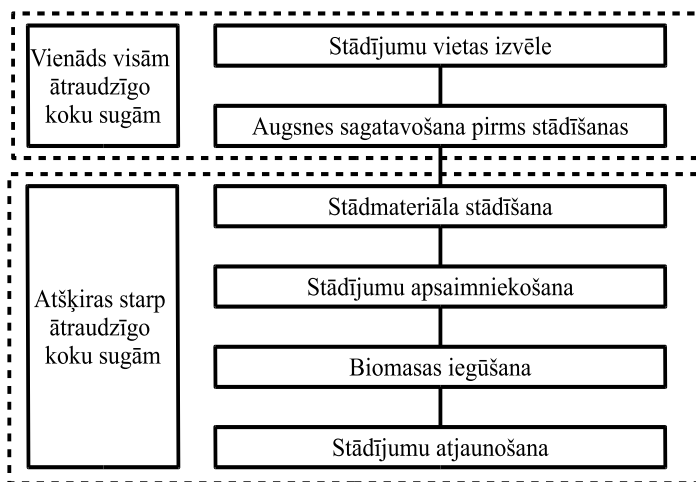
Viens no lauksaimniecībā neizmantotas zemes efektīviem apsaimniekošanas veidiem Latvijā ir ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošana tajās.

Īscirtmeta atvasāju uzskaitē Latvijā sāka 2010. gadā. Pie īscirtmeta atvasājiem tiek pieskaitīti kārķļu, kā arī apses un baltalkšņa stādījumi, ja aprites



periods nepārsniedz 5 gadus. Visvairāk deklarētas īsirtmeta atvasāju platības reģistrētas 2019. gadā – 874 ha. Pēc stādījumu platības visvairāk īsirtmeta atvasājos Latvijā 2019. gadā ir deklarēti kārkli – 622 ha, apses – 247 ha un baltalksnis – 5 ha. Atvasāju platības pēdējo 9 gadu laikā (2010.-2019. gadā) palielinājušās par 86.9%, savukārt pēdējo 5 gadu laikā (2014.-2019. gadā) par 40.4%.

Atsevišķas darbības, kā piemēram, stādījumu vietas izvēle un augsnes sagatavošana pirms stādīšanas starp kokaugu sugām neatšķiras. Pārējās darbības: stādmateriāla stādīšana, apsaimniekošana, biomasas iegūšana un stādījumu atjaunošana starp kokaugu sugām atšķiras un ir aprakstītas apakšnodaļās pie kokaugu sugu ekonomiskā izvērtējuma. Stādījumu ierīkošanas shēma attēlota 4. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

4. att. **Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas un apsaimniekošanas shēma.**

Parasti pirms stādījumu ierīkošanas jāveic apauguma novākšana, ja platība kādu laiku nav tikusi izmantota lauksaimniecībā vai ir aizaugusi ar krūmiem. Šādas platības visbiežāk tiek izvēlētas stādījumiem, jo ierīkotas un iekoptas lauksaimniecības zemes parasti tiek izmantotas citu lauksaimniecības produktu ražošanai.

Vidējās viena hektāra ātraudzīgo kokaugu stādījumu augsnes sagatavošanas izmaksas pirms stādīšanas Latvijā 2015.-2019. gadā bija 667.45 EUR ha<sup>-1</sup>. 2019. gadā augsnes sagatavošanas izmaksas bija 691.23 EUR ha<sup>-1</sup>, kas pret 2015. gadu ir +6.7%. Salīdzinot 2019. gada pakalpojuma cenas ar vidējām 2015.-2019. gada cenām, tās ir par 3.7% lielākas, kas uzskatāms par nebūtisku

sadārdzinājumu. Pētījuma aprēķinos izmantotas vidējās lauksaimniecības pakalpojumu cenas Latvijā 2015.-2019. gadā. Stādījumu ierīkošanas izmaksas izpildās vienu reizi stādījumu audzēšanas laikā.

### 3.1.1. Kārklu stādījumu ekonomiskais izvērtējums

Ierīkojot kārklu stādījumus, pēc platības vietas izvēles un augsnes sagatavošanas tiek veikta platības marķēšana un stādīšana. Stādmateriāla stādīšana ietver stādmateriāla un stādīšanas izmaksas. Stādīšanu ar rokām ieteicams darīt mazās platībās (līdz 1 ha), lielākās platībās jāizmanto stādāmā mašīna vai cita iekārta, kura stādīšanas laikā pielāgota kārklu spraužu stādīšanai. Aprēķinos tiek pieņemts, ka viena hektāra vienlaidus apstādīšanai tiek izmantoti 13 000 stādi, kas ir optimālais stādu skaits Latvijas apstākļos.

Kopējās viena hektāra kārklu stādījumu ierīkošanas izmaksas ir 865 EUR, no kuriem 650.00 EUR (75%) ir stādmateriāla un 215.00 EUR (25%) stādīšanas pakalpojuma izmaksas. Kā stādmateriāls tiek izmantoti selekcionēti kārklu šķirņu spraužņi, savukārt stādīšana notiek izmantojot mašinizētu stādīšanas iekārtu.

Latvijā kārklu stādījumos iespējams izmantot ekstensīvu vai intensīvu stādījumu apsaimniekošanas modeli.

**Ekstensīvu kārklu stādījumu apsaimniekošanas modeli** izmanto platībās ar kopējo vienlaidus platību līdz 5 hektāriem vai gadījumos, ja nav pieejama novākšanas tehnika. Platības mūža ilgums ir 25 gadi, viens aprites periods ir 4 gadi, pirmā raža tiek iegūta stādījumu 5. gadā, un kopā tiek veiktas 6 biomasas novākšanas. Platība tiek ielabota pirms stādīšanas ar minerālmēsliem un tālākajā platības apsaimniekošanas laikā netiek ielabota. Par platību iespējams saņemt VPM un ZAL maksājumus. Stādījumu novākšanu var veikt ar rokām vai izmantot specializētas mašīnas.

**Intensīvu kārklu stādījumu apsaimniekošanas modeli** izmanto platībās ar vienlaidus platību virs 5 ha. Intensīvu apsaimniekošanu var izmantot arī tad, ja ir brīvi pieejama novākšanas tehnika vai ir liela mazu platību (1-5 ha) koncentrācija (attālums starp dažādiem kārklu stādījumiem līdz 5 km). Platības mūža ilgums ir 25 gadi, viens aprites periods ir 3 gadi, pirmā raža tiek iegūta stādījumu 4. gadā, un kopā tiek veiktas 8 biomasas novākšanas. Par stādījumiem iespējams saņemt VPM un ZAL maksājumus. Veicot intensīvu kārklu apsaimniekošanu, kārklu stumbri tiek novākti izmantojot mašinizēto biomasas novākšanas metodi.

Pētījuma aprēķinos iekļautais nekustamā īpašuma nodoklis (NĪN) ir 7.67 EUR ha<sup>-1</sup> gadā. Pētījuma aprēķinos tiek pieņemts, ka zeme ir īpašumā un zemes noma nav jāmaksā. Administratīvās izmaksas pētījumā ir pieņemtas 5.00 EUR ha<sup>-1</sup> gadā.

Īscirtmeta atvasājos kokaugi aug rindās, kas atvieglo to novākšanu, salīdzinot ar dabiski aizaugušām teritorijām, kur koki aug haotiski (Sarmulis, Seveljevs, 2015). Kārķļu biomasas iegūšanai Latvijā izmanto manuālo novākšanas metodi vai mašinizēto novākšanas metodi.

**Manuālo kārķļu biomasas novākšanas metodi** izmanto nelielos stādījumos ar kopējo vienlaidus platību līdz 5 hektāriem. Kārķļu pļaušana notiek izmantojot rokas motorinstrumentus - motorzāģi vai krūmgriezi. Nozāģēto stubru transportu uz lauka malu veic izmantojot mazās klases meža pievedējtraktoru vai pielāgotu lauksaimniecības traktoru ar stubru vešanai pielāgotu piekabi. Stubru šķeldošanu veic lauka malā ar mobilajiem šķeldotājiem, biomasu iepildot piegādes mašīnās. Ekstensīvi apsaimniekotos stādījumos izmanto manuālo kārķļu biomasas novākšanas metodi.

**Mašinizēto kārķļu biomasas novākšanas metodi** izmanto stādījumos ar kopējo vienlaidus platību virs 5 hektāriem. Mašinizētajā novākšanas metodē tiek izmantoti pašgājēji smalcinātāji, kur pļaušana tiek veikta kopā ar šķeldošanu, paralēli veicot biomasas iepildīšanu pievedējtraktorā. Pievestā biomasu kādu laiku tiek glabāta lauka malā atklātās kaudzēs, kur tā apzūst pirms tālākas transportēšanas. Intensīvi apsaimniekotos stādījumos izmanto mašinizēto biomasas novākšanas metodi.

Izmantojot mašinizēto kārķļu biomasas novākšanas metodi, izmaksas ir 3.00 EUR ber.m<sup>3</sup>, savukārt, izmantojot manuālo biomasas novākšanas metodi, 4.19 EUR ber.m<sup>3</sup>, kas ir par 43% vairāk. Abas kārķļu biomasas novākšanas metodes iespējams kombinēt platībās, kur daļu platības nav iespējams novākt ar novākšanas kombainu, pārlietu liela mitruma, stubru lielā diametra, akmeņainības vai citu apstākļu dēļ.

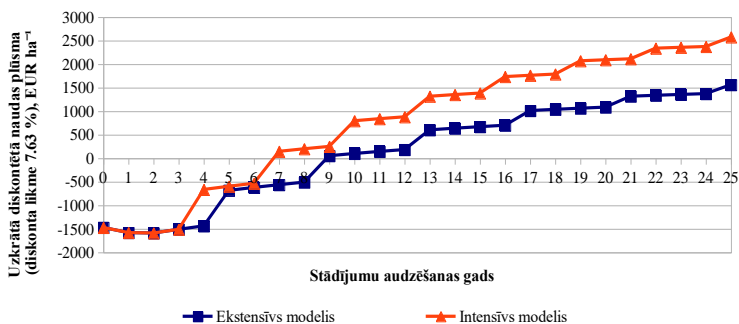
Ekstensīvā modelī biomasas pieaugums vienā gadā ir 7 t<sub>sausnas</sub> ha<sup>-1</sup>, kas ir 54.01 ber.m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> koksnes šķeldu. Kārķļu pļaušana notiek vienu reizi 4 gados, kur kopējais koksnes šķeldu apjoms vienā pļaušanas reizē ir 216.05 ber.m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Kopā stādījumu dzīves laikā notiek 6 kārķļu pļaušanas, kur kopējais iegūtais koksnes šķeldu apjoms ir 1296.30 ber.m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Intensīvā modelī biomasas pieaugums vienā gadā ir 8 t<sub>sausnas</sub> ha<sup>-1</sup>, kas ir 61.73 ber.m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> koksnes šķeldu. Biomasas ikgadējais pieaugums intensīvā apsaimniekošanas modelī salīdzinot ar ekstensīvo modeli, ir lielāks, jo stādījumi pēc katras biomasas novākšanas tiek ielaboti ar koksnes pelniem, kas veicina biomasas pieaugumu. Kārķļu pļaušana notiek vienu reizi 3 gados, kur kopējais koksnes šķeldu apjoms vienā pļaušanas reizē ir 185.19 ber.m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Kopā stādījumu dzīves laikā notiek 8 kārķļu pļaušanas, kur kopējais iegūtais koksnes šķeldu apjoms ir 1481.48 ber.m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Lielākās izmaksas abos modeļos veido stādījumu novākšana, ekstensīvā modelī 67% un intensīvā modelī 58% no visām izmaksām. Citu autoru veiktajos pētījumos ir konstatēts, ka kārķļu stubru novākšana ir 35-65% no

kopējām stādījumu izmaksām to dzīves laikā (Schweier, Becker, 2012a; Ehlert, Pecenka, 2013).

Koksnes šķeldas iepirkuma cena pētījuma aprēķinos ir 9.38 EUR ber.m<sup>3</sup>, kas ir vidējā lapkoku koksnes šķeldas iepirkuma cena 2015.-2019. gadā Latvijā (Koksnes cenu datu..., 2015-2019). Kārķļu stādījumu prognozēto naudas plūsmu to audzēšanas laikā veido ieņēmumu un izdevumu starpība, kam tiek piemērota diskonta likme 7.63%. Pētījuma aprēķinos izmantotā diskonta likme ir 7.63%, un tā tiek rēķināta pēc Valsts kases diskonta likmes kalkulatora pēc sekojošiem parametriem – darījuma veids: “Ilgtermiņa ieguldījumu patiesās vērtības noteikšana”; saimnieciskās darbības veids: “Lopkopība/lauksaimniecība”; valūta: Euro; periods: 2019. gada 4. ceturksnis (Diskonta likmes, 2020). Lai labāk salīdzinātu abus kārķļu audzēšanas modeļus, tika aprēķināta uzkrātā diskontētā naudas plūsma, kas attēlota 5. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

### 5. att. Uzkrātā diskontētā naudas plūsma kārķļu stādījumos Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha<sup>-1</sup>.

Piemērojot diskonta likmi 7.63%, uzkrātā diskontētā naudas plūsma ekstensīvi apsaimniekotiem kārķļu stādījumiem to dzīves laikā ir 1561.91 EUR ha<sup>-1</sup>, savukārt intensīvi apsaimniekotiem stādījumiem 2576.64 EUR ha<sup>-1</sup>, kas ir par 65% vairāk. Salīdzinot kārķļu stādījumu modeļus, intensīvi audzēti kārķļu stādījumi uzrāda lielāku uzkrāto diskontēto naudas plūsmu to dzīves laikā.

Vairāki autori (Kuemmel et al., 1998, Goor et al., 2000, Webb et al., 2009; Konstantinavičiene et al., 2020) ir izmantojuši NPV metodi, lai raksturotu dažādus biomasas ražošanas stādījumu veidus. Izvēloties starp dažādām alternatīvām, priekšroka tiek dota projektam ar vislielāko NPV vērtību. Izvērtējot kārķļu audzēšanas modeļus to dzīves laikā (25 gadi) pēc NPV metodes, abi modeļi uzrāda pozitīvu NPV vērtību, kas liecina par sākotnējo

investīciju atgūšanu, izvēloties audzēt kārkļu stādījumus. Labākus rādītājus uzrāda kārkļu intensīvi apsaimniekoti stādījumi 2576.64 EUR ha<sup>-1</sup>, savukārt ekstensīvi apsaimniekoti kārkli uzrāda 1561.91 EUR ha<sup>-1</sup>.

Lai izvērtētu kārkļu audzēšanas modeļus, tiek izmantotas investīciju vērtēšanas metodes: atmaksāšanās periods, neto tagadnes vērtība (NPV) un iekšējās atdeves koeficients (IRR). Visās vērtēšanas metodēs tiek izmantota diskonta likme 7.63% un tās apkopotas 1. tabulā.

1. tabula

**Kārkļu stādījumu ekonomiskie rādītāji dzīves laikā (25 gadi) Latvijā vidēji  
2015.-2019. gadā**

Kārkļu audzēšanas modelis	Atmaksāšanās periods, gadi	NPV, EUR ha <sup>-1</sup>	IRR, %
Ekstensīvs audzēšanas modelis	8.9	1561.91	15.0
Intensīvs audzēšanas modelis	6.8	2576.64	19.3

Avots: autora aprēķins.

Salīdzinot kārkļu audzēšanas modeļu atmaksāšanās periodu, ātrāku atmaksāšanās periodu uzrāda intensīvais apsaimniekošanas modelis – 6.8 gadus, kas, salīdzinot ar ekstensīvo modeli – 8.9 gadi, ir par 2.1 gadu ātrāk. Ātrāks atmaksāšanās periods garantē ātrāku investīciju atgūšanu, kas ir svarīgs faktors, izvēloties ierīkot ātraudzīgos kokaugu stādījumus, vai izdarot izvēli par labu kādam kārkļu audzēšanas modelim. Abiem kārkļu audzēšanas modeļiem atmaksāšanās periods ir īsāks par kārkļu stādījumu audzēšanas laiku (25 gadi), kas norāda uz kārkļu audzēšanas ekonomisko izdevīgumu.

Kā norāda H. Vandehove (*Vandehove et al.*) (2002) un P.J. Tarakan (*Tharakan et al.*) (2005), tad, izvērtējot ātraudzīgos kokaugu stādījumus, paralēli NPV vērtībai ir lietderīgi aprēķināt arī IRR, kas paredzamo ieņēmumu pašreizējo vērtību pielīdzina paredzēto izdevumu pašreizējai vērtībai. Vērtība parāda pie kādas diskonta likmes NPV = 0. No rezultātiem var konstatēt, ka zemākā diskonta likme, pie kuras atmaksājas ierīkot intensīvi apsaimniekotos stādījumus Latvijā ir 19.3% un ekstensīvi apsaimniekotos stādījumus 15%.

Lai salīdzinātu kārkļu audzēšanas modeļu dažādu mainīgo faktoru ietekmi uz NPV vērtību, tika veikta jutīguma analīze. Abos kārkļu apsaimniekošanas modeļos būtiskākā ietekme uz NPV vērtību ir koksnes šķeldu cenai un biomasas ikgadējam pieaugumam. Lai stādījumu NPV vērtība samazinātos līdz 0.00 EUR ha<sup>-1</sup>, kas nozīmētu, ka ieņēmumi un izdevumi stādījumu audzēšanas laikā ir vienādi, koksnes šķeldu cenai ekstensīvā stādījumu modelī būtu jāsamazinās par 34.2% un jābūt 6.18 EUR ber.m<sup>3</sup>, savukārt intensīvajā audzēšanas modelī būtu jāsamazinās par 47.7% un jābūt 4.92 EUR ber.m<sup>3</sup> līdzšinējo 9.38 EUR ber.m<sup>3</sup> vietā. Otrs būtiskākais mainīgais faktors abos

stādījumu modeļos ir ikgadējais biomasas pieaugums. Šis mainīgais ir atkarīgs no kārķļu klonu ražības un stādījumu apsaimniekošanas. Izvēloties sertificētu kārķļu materiālu un pareizi apsaimniekojot stādījumus, ikgadējam biomasas pieaugumam ir jābūt pietiekamam, lai tas nesamazinātos līdz robežai, kad stādījumu ekonomiskā atdeve ir negatīva.

Pēc stādījuma mūža beigām, platību iespējams atgriezt citu lauksaimniecības produktu ražošanā, veicot rekultivāciju, vai turpināt kārķļu audzēšanu, veicot atkārtotu stādīšanu.

### 3.1.2. Apšu hibrīdu stādījumu ekonomiskais izvērtējums

Viena no daudzsološākajām koku sugām, kuru iespējams izmantot ātraudzīgajos kokaugu stādījumos Baltijas reģionā ir apšu hibrīdi (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.), kur tie uzrāda labus augšanas rādītājus, ierīkojot stādījumus lauksaimniecībā neizmantotās platībās (Tullus et al., 2012a). Pētījumā tiek analizēti 3 dažādi apšu hibrīdu audzēšanas modeļi: apšu hibrīdu kokaugu stādījums, agromežsaimniecības stādījums un plantāciju mežs.

**Apšu hibrīdu kokaugu stādījuma** aprites periods ir 15 gadi (stādījums tiek audzēts 2 aprites) un kopējais stādījumu dzīves ilgums 30 gadi, pēc kuriem stādījums tiek atjaunots. Stādījumi tiek audzēti ar mērķi iegūt papīrmalku, malku un koksnes šķeldas.

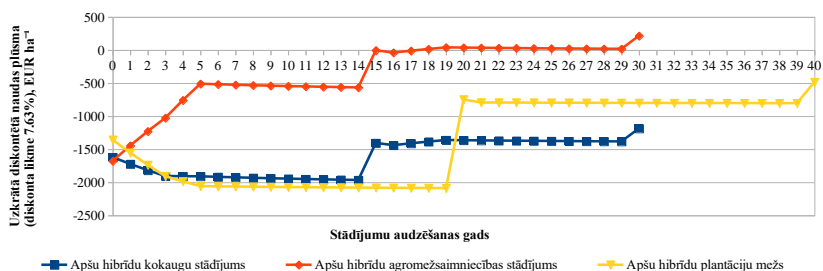
**Apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījuma** aprites periods ir 15 gadi (stādījums tiek audzēts 2 aprites) un kopējais stādījumu dzīves ilgums 30 gadi, pēc tiem stādījums tiek atjaunots. Agromežsaimniecības stādījums paredz koku un zālaugu vienlaicīgu audzēšanu vienā platībā noteiktu laika periodu. Pēc noteikta laika, kas parasti ir 5 gadi, zālaugi netiek pārsēti, un stādījumu aprites beigu posmā tiek audzēti tikai koki. Pētījuma aprēķinos pirmos 5 gadus kopā ar apšu hibrīdiem tiek audzēts parastais miežabrālis (*Phalaris arundinacea* L.), kas katru gadu tiek pļauts, sēklas nokultas un pārdotas.

**Apšu hibrīdu plantāciju meža** aprites periods ir 20 gadi (stādījums tiek audzēts 2 aprites) un kopējais stādījumu dzīves ilgums 40 gadi, pēc kuriem stādījums tiek atjaunots. Par stādījumu audzēšanu nav iespējams saņemt VPM un ZAL maksājumus, ja stādījums tiek reģistrēts kā plantāciju mežs, toties nav jāmaksā nekustamā īpašuma nodoklis, jo stādījums ir jaunaudze. Koksne tiek novākta izmantojot mežizstrādes mašīnas. Stādījumi tiek audzēti ar mērķi iegūt zāģbalkus, papīrmalku, malku un koksnes šķeldas.

Pētījuma aprēķinos tiek pieņemts, ka zeme ir īpašumā un zemes noma nav jāmaksā. Administratīvās izmaksas pētījumā ir pieņemtas 5.00 EUR ha<sup>-1</sup> gadā. NĪN aprēķināšanas metodika aprakstīta pie kārķļu apsaimniekošanas un ir 7.67 EUR ha<sup>-1</sup>.

Audzējot apšu hibrīdu kokaugu stādījumus un plantāciju mežu ieņēmumi tiek gūti pārdodot koksni. Audzējot agromežsaimniecības stādījumus papildus

koksnes pārdošanai pirmos 5 gadus ieņēmumi tiek gūti pārdodot miežabrāļa sēklas. Kokaugu stādījumos un agromežsaimniecības stādījumos pirmos 5 gadus katras aprites sākumā ieņēmumi tiek gūti arī no VPM un ZAL maksājumiem, savukārt par apšu hibrīdu plantāciju meža audzēšanu atbalsta maksājumi netiek saņemti. Lai labāk salīdzinātu apšu hibrīdu stādījumus, tika aprēķināta uzkrātā diskontētā naudas plūsma, kas attēlota 6. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

6 att. Uzkrātā diskontētā naudas plūsma apšu hibrīdu stādījumos Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha<sup>-1</sup>.

Piemērojot diskonta likmi 7.63%, uzkrātā diskontētā naudas plūsma dzīves laikā apšu hibrīdu kokaugu stādījumam ir -1184.63 EUR ha<sup>-1</sup>, plantāciju mežam ir -484.22 EUR ha<sup>-1</sup> un agromežsaimniecības stādījumam 215.31 EUR ha<sup>-1</sup>, kas vienīgais no apšu hibrīdu stādījumu veidiem uzrāda pozitīvu naudas plūsmu. Pie pašreizējiem apstākļiem, kad par pamatu tiek izmantotas vidējās pakalpojumu un pārdošanas cenas par 2015.-2019. gadu, apses kokaugu un plantāciju meža audzēšana nav ekonomiski pamatota un liek izvērtēt šādu stādījumu audzēšanas lietderību no ekonomiskā viedokļa.

Apšu hibrīdu audzēšanas modeļu izvērtējums, izmantojot investīciju vērtēšanas metodes apkopots 2. tabulā.

2. tabula

Ekonomiskie rādītāji apšu hibrīdu stādījumos to dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā

Apes hibrīdu audzēšanas modelis	Atmaksāšanās periods, gadi	NPV, EUR ha <sup>-1</sup>	IRR, %
Apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījums	17.4	215.31	9.1%
Apšu hibrīdu plantāciju mežs	Neatmaksājas	-484.22	6.4%
Apšu hibrīdu kokaugu stādījums	Neatmaksājas	-1184.63	2.6%

Avots: autora aprēķins.

Salīdzinot apšu hibrīdu audzēšanas modeļu atmaksāšanās periodus, kokaugu stādījumu un plantāciju meža audzēšana to ierīkošanā ieguldītos līdzekļus audzēšanas laikā neatpelnā. Turpretī apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījuma atmaksāšanās periods ir 17.4 gadi. Salīdzinot ar citiem apšu stādījumu modeļiem, tas iespējams pateicoties zālaugu audzēšanai paralēli kokiem stādījumu pirmajos 5 gados, kur papildus ieņēmumi tiek iegūti no zālaugu sēkļu pārdošanas. Turklāt šos ieņēmumus iespējams iegūt stādījumu audzēšanas sākumā, līdz ar to daļu no ieguldītajiem līdzekļiem iespējams atgūt ātrāk, salīdzinot ar tradicionālo koku audzēšanu, kur pirmie ieņēmumi ir pēc 15-20 gadiem.

Izvērtējot apšu hibrīdu audzēšanas modeļus pēc NPV metodes, tikai agromežsaimniecības stādījums uzrāda pozitīvu NPV vērtību 215.31 EUR ha<sup>-1</sup>, kas liecina par sākotnējo investīciju atgūšanu izvēloties audzēt apšu hibrīdu stādījumus izmantojot diskonta likmi 7.63%. Kokaugu stādījums un plantāciju mežs uzrāda negatīvu NPV vērtību, kas nozīmē, ka šo stādījumu audzēšana nav ekonomiski pamatota.

Aprēķinātā IRR vērtība liek konstatēt, ka zemākā diskonta likme pie kuras atmaksājas ierīkot agromežsaimniecības stādījumus ir 9.1%, plantāciju mežu 6.2% un kokaugu stādījumus 2.6%. Igaunijā ierīkotos apšu hibrīdu stādījumos IRR ir no 5.7 līdz 8.1%, savukārt Zviedrijā ierīkotos stādījumos aptuveni 10% (Rytter et al., 2011; Tullus et al., 2012b). Iegūtie rezultāti ļauj konstatēt, ka apšu hibrīdu stādījumu audzēšana Eiropas ziemeļvalstīs ir ekonomiski pamatots lauksaimniecības zemes izmantošanas veids.

Plantāciju meža audzēšanu ir iespējams padarīt rentablu, ja VPM un ZAL maksājumus būtu iespējams saņemt visu audzēšanas laiku. Pieņemot, ka atbalstu būtu iespējams saņemt visu stādījumu audzēšanas laiku, plantāciju meža NPV to dzīves laikā būtu 882.20 EUR ha<sup>-1</sup> un atmaksāšanās periods 19.7 gadi. Savukārt kokaugu stādījumiem, saņemot VPM un ZAL atbalsta maksājumus visu to audzēšanas laiku, tā NPV vērtība būtu negatīva -503.27 EUR ha<sup>-1</sup>, kas norāda, ka pat saņemot atbalsta maksājumus, kokaugu stādījumu audzēšana nav rentabla.

Lai salīdzinātu apšu hibrīdu audzēšanas modeļu mainīgo faktoru ietekmi uz NPV vērtību, tika veikta jutīguma analīze. Viens no galvenajiem mainīgajiem, kas ietekmē NPV vērtību un stādījumu ekonomisko izdevīgumu ir apaļkoku pārdošanas cena. Lai stādījumu audzēšana kļūtu ekonomiski izdevīga un NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha<sup>-1</sup> (bāzes modelī ir negatīva) kokaugu stādījumu modelī apaļkoku cenai būtu jāpalielinās par 64.4%, savukārt plantāciju meža modelī par 16.2%. Laika periodā no 2015. līdz 2019. gadam vidējā apaļkoku cena ir palielinājusies par 19.6%, augstāko punktu sasniedzot 2018. gadā. Apaļkoku cenas pieaugums nākotnē ir iespējams, un to nosaka vairāki faktori, kā piemēram, ekonomikas lejupslīde, aizstājēju (cements, metāls) cenas,



klimata izmaiņas, būvniecības nozares stagnācija, naftas cenu izmaiņas un ciršanas ierobežojumi (Suchomel et al., 2012).

No izmaksām lielāko ietekmi uz stādījumu NPV vērtību atstāj koksnes novākšanas izmaksas. Koksnes novākšanas izmaksas veidojas no koksnes sagatavošanas, pievešanas un transporta. Pēc CSP datubāzē atrodamās informācijas, koksnes novākšanas izmaksas 2015.-2019. gadā ir pieaugušas par 5.9%, kas piecu gadu periodā uzskatāms par nelielu pieaugumu. Koksnes novākšanas izmaksas nākotnē var ietekmēt virkne faktoru, kā piemēram, degvielas cena, darbaspēka izmaksas un apaļkoku cenas (Fulvio et al., 2017).

Būtisku ietekmi uz NPV vērtību atstāj koksnes pieaugums, agromežsaimniecības stādījumos arī miežabrāļa sēklu ražība. Palielināt koksnes biomasas pieaugumus stādījumos ir iespējams izvēloties konkrētajai platībai piemērotus apšu hibrīdu klonus, veicot pareizu stādījumu ierīkošanu un koku aizsardzību, kā arī veicot stādījumu mēslošanu.

Stādījumu atjaunošana parasti tiek veikta pēc 2 aprites periodiem, kad platība tiek atjaunota ar jauniem apšu hibrīdu klonu stādiem, citu koku sugu vai lauksaimniecības kultūraugiem. Pēc stādījumu mūža beigām, kas parasti ir 30-40 gadi, platību iespējams atgriezt citu lauksaimniecības produktu ražošanā, veicot rekultivāciju, vai turpinot apšu hibrīdu audzēšanu veicot atkārtotu stādīšanu.

### 3.1.3. Baltalkšņa stādījumu ekonomiskais izvērtējums

**Baltalksnis** tiek uzskatīta par piemērotu koku sugu Latvijas klimatiskajiem apstākļiem, kuru iespējams izmantot ātraudzīgajos kokaugu stādījumos lauksaimniecībā neizmantotās zemēs (Daugaviete, 2010). Stādījumus iespējams izmantot enerģētiskās koksnes, malkas vai papīrmalkas audzēšanai. Baltalksnis strauji aug pirmajos 10-15 gados, tādēļ Latvijas klimatiskajos apstākļos to iesaka audzēt biokurināmā vai apaļkoku sortimenta audzēšanai ar aprites periodu 10-15 gadi (Lazdiņš et al., 2011; Miezīte, Dreimanis, 2013). Pētījumā tiek analizēti 2 dažādi baltalkšņa audzēšanas modeļi: kokaugu stādījums un enerģētiskās koksnes stādījums.

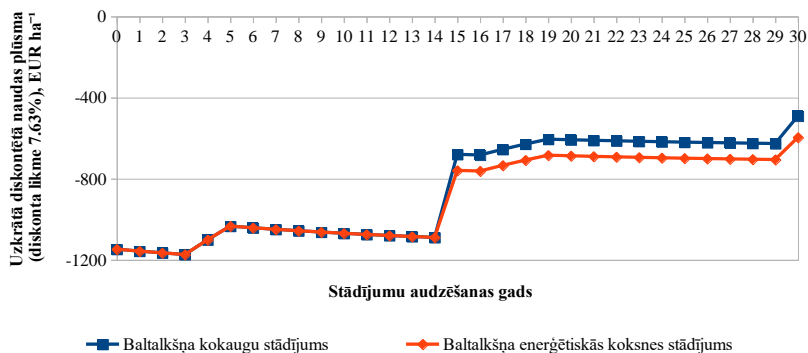
**Baltalkšņa kokaugu stādījuma** aprites periods ir 15 gadi (stādījums tiek audzēts 2 aprites) un kopējais stādījumu dzīves ilgums 30 gadi, pēc kuriem stādījums tiek atjaunots. Stādījumi tiek audzēti ar mērķi iegūt papīrmalku un malku.

**Baltalkšņa kokaugu stādījuma-īscirtmeta atvasāja enerģētiskās koksnes ieguvei** aprites periods ir 15 gadi (stādījums tiek audzēts 2 aprites) un kopējais stādījumu dzīves ilgums 30 gadi, pēc kuriem stādījums tiek atjaunots. Stādījumi tiek audzēti ar mērķi iegūt koksnes šķeldas.

Pētījuma aprēķinos tiek pieņemts, ka zeme ir īpašumā un zemes noma nav jāmaksā. Administratīvās izmaksas pētījumā ir pieņemtas 5.00 EUR ha<sup>-1</sup> gadā.

NĪN aprēķināšanas metodika apraksīta pie kārkļu apsaimniekošanas un ir 7.67 EUR ha<sup>-1</sup>.

Baltalkšņa stādījumu prognozēto naudas plūsmu to audzēšanas laikā veido ieņēmumu un izdevumu starpība, kam tiek piemērota diskonta likme 7.63%. Lai labāk salīdzinātu baltalkšņa stādījumus, tika aprēķināta uzkrātā diskontētā naudas plūsma, kas attēlota 7. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

7. att. Uzkrātā diskontētā naudas plūsma baltalkšņa stādījumos Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha<sup>-1</sup>.

Piemērojot diskonta likmi 7.63%, uzkrātā diskontētā naudas plūsma dzīves laikā baltalkšņa kokaugu stādījumam ir -490.84 EUR ha<sup>-1</sup> un enerģētiskās koksnes stādījumam -596.14 EUR ha<sup>-1</sup>. Veiktie aprēķini ļauj konstatēt, ka neatkarīgi no koksnes produkta (apaļkoki vai koksnes šķeldas) veida, baltalkšņa stādījumi uzrāda negatīvu naudas plūsmu.

Lai izvērtētu un salīdzinātu baltalkšņa stādījumu modeļus, tiek izmantotas investīciju vērtēšanas metodes, kas apkopots 3. tabulā.

3. tabula

Baltalkšņa stādījumu ekonomiskie rādītāji to dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā

Baltalkšņa stādījumu audzēšanas modelis	Atmaksāšanās periods, gadi	NPV, EUR ha <sup>-1</sup>	IRR, %
Baltalkšņa kokaugu stādījums	Neatmaksājas	-490.84	4.3%
Baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījums	Neatmaksājas	-596.14	3.1%

Avots: autora aprēķins.

Abi baltalkšņa stādījuma modeļi to audzēšanas laikā ieguldītos naudas līdzekļus platības ierīkošanā, apsaimniekošanā un novākšanā neatpeln. Tāpat

abiem stādījuma modeļiem NPV vērtība ir negatīva, kas nozīmē, ka šo stādījumu audzēšana nav ekonomiski pamatota.

Aprēķinātā IRR vērtība ļauj secināt, ka zemākā diskonta likme, pie kuras atmaksājas ierīkot kokaugu stādījumus, ir 4.3% un enerģētiskās koksnes stādījumus 3.1%, kas, salīdzinot ar aprēķināto izmantoto diskonta likmi 7.63%, ir attiecīgi par 44% un 59% zemāka.

Pētījumā izmantoto investīciju metožu rezultāti, izvērtējot baltalkšņa stādījumu ierīkošanas iespējas Latvijā, ļauj konstatēt, ka pie pašreizējiem apstākļiem, kad par pamatu tiek izmantotas vidējās pakalpojumu un koksnes pārdošanas cenas 2015.-2019. gadā, baltalkšņa stādījumu audzēšana nav ekonomiski pamatota un liek izvērtēt šādu stādījumu audzēšanas lietderību no ekonomiskā viedokļa.

Pieņemot, ka atbalsta maksājumus VPM un ZAL (abi kopā 110.07 EUR ha<sup>-1</sup> gadā) būtu iespējams saņemt visu baltalkšņa stādījumu audzēšanas laiku, kokaugu stādījumu NPV vērtība būtu 190.51 EUR ha<sup>-1</sup>, savukārt enerģētiskās koksnes stādījumu 85.22 EUR ha<sup>-1</sup>, kas padarītu baltalkšņa stādījumu audzēšanu rentablu. Līdz ar to iespējams konstatēt, ka nemainoties citiem faktoriem, bet tikai piešķirot atbalsta maksājumus visu stādījumu audzēšanas laiku, stādījumu audzēšanas kļūtu rentabla.

Lai salīdzinātu baltalkšņa stādījumu modeļu mainīgo faktoru ietekmi uz NPV vērtību, tika veikta jutīguma analīze. Abos baltalkšņa stādījumu audzēšanas modeļos viens no galvenajiem mainīgajiem, kas ietekmē NPV vērtību un stādījumu ekonomisko izdevīgumu, ir apaļkoku pārdošanas cena un koksnes šķeldu pārdošanas cena. Apaļkoku sortimenti, kas tiek audzēti baltalkšņu kokaugu stādījumā, ir papīrmalka un malka.

Laika periodā no 2015. līdz 2019. gadam vidējā papīrmalkas cena ir palielinājusies par 8.5%, augstāko punktu sasniedzot 2018. gadā, kad papīrmalkas cena bija 38.15 EUR m<sup>3</sup>, salīdzinot ar 25.59 EUR m<sup>3</sup> 2015. gadā, kas bija 43% cenas pieaugums. Malkas cena laika periodā no 2015.-2019. gadam ir palielinājusies par 24%, augstāko punktu sasniedzot 2018. gadā, kad malkas cena bija 28.22 EUR m<sup>3</sup>, kas salīdzinot ar 2015. gadu bija 29% cenas pieaugums. Lai baltalkšņa stādījumos NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha<sup>-1</sup>, apaļkoku cenai būtu jāpalielinās par 36.7%. Šāds scenārijs, pieņemot pēdējo 5 gadu (2015.-2019. g.) papīrmalkas un malkas cenu izmaiņas, uzskatāms par maz ticamu.

Koksnes šķeldu cena laika periodā no 2015.-2019. gadam ir palielinājusies par 33%, augstāko punktu sasniedzot 2018. gadā, kad tās cena bija 11.53 EUR ber.m<sup>3</sup>, kas salīdzinot ar 2015. gadu bija 38% cenas pieaugums. Lai baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījumos NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha<sup>-1</sup>, koksnes šķeldu cenai būtu jāpalielinās par 41%. Šāds scenārijs,

pieņemot pēdējo 5 gadu (2015.-2019. g.) koksnes šķeldu cenu izmaiņas, uzskatāms par iespējamu, tomēr maz ticamu.

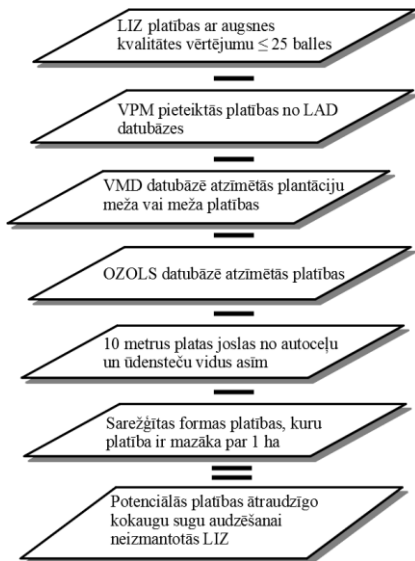
No izmaksām lielāko ietekmi uz baltalkšņa stādījumu NPV vērtību atstāj koksnes novākšanas izmaksas, kas laika periodā no 2015.-2019. gadam ir pieaugušas par 5.9%, ko autors uzskata par nelielu pieaugumu.

Baltalkšņa stādījumu ieņēmumus var palielināt, izaudzējot vairāk koksnes īsākā laika periodā. Palielināt koksnes biomasas pieaugumus stādījumos ir iespējams, veicot pareizu stādījumu ierīkošanu un platības mēslošanu.

Stādījumu atjaunošana parasti tiek veikta pēc 2 aprites periodiem, kad platība tiek atjaunota ar jauniem baltalkšņa stādiem. Pēc stādījumu mūža beigām, kas ir 30 gadi, platību iespējams atgriezt citu lauksaimniecības produktu ražošanā, veicot rekultivāciju, vai turpināt baltalkšņa audzēšanu, veicot atkārtotu stādīšanu.

### 3.2. Potenciālās platības, iegūstamais biomasas apjoms un ekonomiskā vērtība ātraudzīgo kokaugu stādījumos Latvijā

Potenciālās platības, ko teorētiski būtu iespējams izmantot ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai LIZ, tika aprēķinātas, izmantojot ģeotelpisko datu apstrādes metodi, kas grafiski attēlots 8. attēlā.

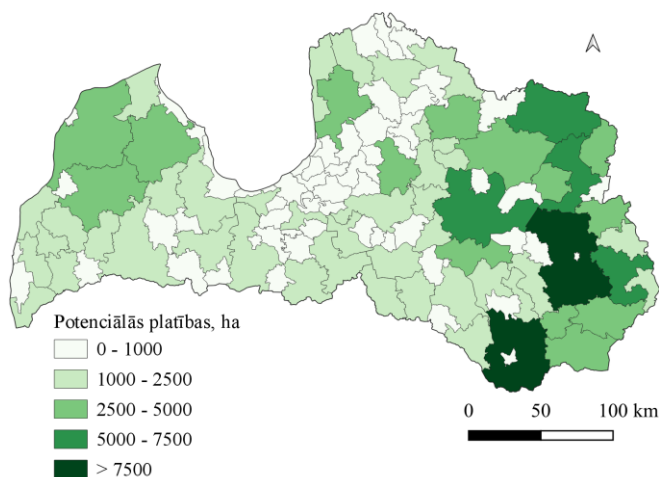


Avots: autora konstrukcija

8. att. Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai aprēķināšanas attēlojums Latvijā 2018. gadā.

Pēc darba autora veiktā aprēķina potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai ir LIZ platības ar augsnes auglību  $\leq 25$  balles, par tām netiek saņemts VPM, tajās šobrīd netiek audzēti koki, tās neatrodas OZOLS datubāzē atzīmētajās aizsargājamajās platībās, tās neatrodas 10 m buferjoslās gar ceļiem un ūdenstecēm un tās ir regulāras formas. Kopējais šādu platību apjoms Latvijā 2018. gadā bija 186 100 hektāri.

Potenciālās platības, kas būtu izmantojamas ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai neizmantojamās LIZ, sadalījumā pa 102 novadiem Latvijā 2018. gadā attēlotas 9. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

9. att. Potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai Latvijas novados 2018. gadā.

Lielākās potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai ir Rēzeknes un Daugavpils novados, kur kopējās potenciālās platības ir  $> 7500$  ha, kā arī Madonas, Balvu, Ludzas un Alūksnes novados ar kopējo platību katrā novadā 5000-7000 ha. Autors pieņem, ka ne visas potenciālās platības ir pieejamas stādījumu ierīkošanai, kā piemēram, tajās jau tiek audzēti lauksaimniecības kultūraugi, par kuriem nav iesniegts VPM pieprasījums, tādēļ veicot aprēķinus, tās tika iekļautas pie potenciālajām platībām. Potenciālo platību izvietojums Latvijas novados norāda uz platību koncentrēšanas Latvijas austrumdaļā, mazāk centrālajā daļā.

Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai sadalījums klasēs pēc vienlaidus platības lieluma Latvijā 2018. gadā apkopots 4. tabulā.

**Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai sadalījums klasēs pēc vienlaidus platības lieluma Latvijā 2018. gadā**

Klase	Vienlaidus platības lielums, ha	Kopējā platība, ha	Procentuālais sadalījums, %
1.	< 1	42 844	23.02
2.	1 līdz 5	97 018	52.13
3.	5 līdz 10	27 068	14.54
4.	> 10	19 170	10.31
<b>Kopā</b>		<b>186 100</b>	<b>100</b>

*Avots: autora aprēķinu apkopojums izmantojot augstāk aprakstīto metodiku, kurā tika izmantoti dati no LAD, VMD un OZOLS datubāzēm.*

Plānojot potenciālo biomasas apjomu Latvijā, kas būtu pieejams izmantojot šīs platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai, svarīgs ir vienlaidus platības lielums. Optimālais vienlaidus platības lielums dažādām ātraudzīgo kokaugu sugām un apsaimniekošanas modeļiem atšķiras.

Aprēķinot potenciālo koksnes šķeldu apjomu, ko būtu iespējams iegūt audzējot kārkļu un baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījumus iepriekš aprēķinātājās potenciālajās platībās, tiek pieņemts, ka kārkļu stādījumi tiek audzēti vienlaidus platībās, kas ir lielākas par 1 hektāru. Iepriekš aprēķinātais šādu platību apjoms 2018. gadā bija 143 256 hektāri. Savukārt baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījumi tiek audzēti visās potenciālajās platībās, kas 2018. gadā bija 186 100 hektāri (4. tabula).

Aprēķinot potenciālo apaļkoku apjomu, ko būtu iespējams iegūt audzējot apšu hibrīdu plantāciju mežu, kokaugu stādījumus, agromežsaimniecības stādījumus un baltalkšņa kokaugu stādījumus, tiek pieņemts, ka stādījumi tiek audzēti visās potenciālajās platībās. Iepriekš aprēķinātais šādu platību apjoms 2018. gadā bija 186 100 hektāri (4. tabula).

Agromežsaimniecības stādījumos pirmos 5 gadus tiek novāktas arī miežabrāļa sēklas, kas pirmos 5 gadus ir 163 kg ha<sup>-1</sup> gadā. Ierīkojot visās potenciālajās platībās agromežsaimniecības stādījumus, saražotais miežabrāļa sēklu apjomu būtu 30.3 tūkst. t. Šādu sēklu apjomu Latvijā pārdot nebūtu iespējams, tādēļ agromežsaimniecības stādījumus miežabrāļa sēklu ieguvei ir iespējams audzēt daļā no potenciālajām platībām, atbilstoši sēklu pārdošanas apjomam, ko būtu iespējams realizēt.

Tālākajos aprēķinos tiek izmantotas vidējais, teorētiski iegūtais koksnes apjoms viena gada laikā stādījumos, kas iegūts kopējo koksnes apjomu stādījumu novākšanas brīdī izdalot ar stādījumu aprites laiku (gadi).

Vidējais viena gadā laikā iegūtais biomasas apjoms potenciālajās ātraudzīgo kokaugu stādījumiem paredzētās LIZ platībās Latvijā 2018. gadā apkopots 5. tabulā.

5. tabula

**Vidējais viena gadā laikā iegūtais biomasas apjoms audzējot ātraudzīgo kokaugu stādījumus potenciālajās LIZ platībās Latvijā balstoties uz aprēķiniem par 2018. gadu**

Stādījuma veids	Koksnes produkts	Mērvienība	Potenciālo LIZ platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai izmantošanas intensitāte			
			100%	75%	50%	25%
Intensīvi kārkļu stādījums	Koksnes šķeldas	tūkst. ber.m <sup>3</sup>	8843	6632	4422	2211
Ekstensīvi kārkļu stādījums	Koksnes šķeldas	tūkst. ber.m <sup>3</sup>	7737	5803	3869	1934
Baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījums	Koksnes šķeldas	tūkst. ber.m <sup>3</sup>	4355	3266	2177	1089
Baltalkšņa kokaugu stādījums	Apaļkoksne	tūkst. m <sup>3</sup>	1489	1117	744	372
	Koksnes šķeldas	tūkst. ber.m <sup>3</sup>	335	251	167	84
Apšu hibrīdu plantāciju mežs	Apaļkoksne	tūkst. m <sup>3</sup>	2429	1821	1214	607
	Koksnes šķeldas	tūkst. ber.m <sup>3</sup>	502	377	251	126
Apšu hibrīdu kokaugu un agromežsaimniecības stādījums	Apaļkoksne	tūkst. m <sup>3</sup>	1675	1256	837	419
	Koksnes šķeldas	tūkst. ber.m <sup>3</sup>	335	251	167	84

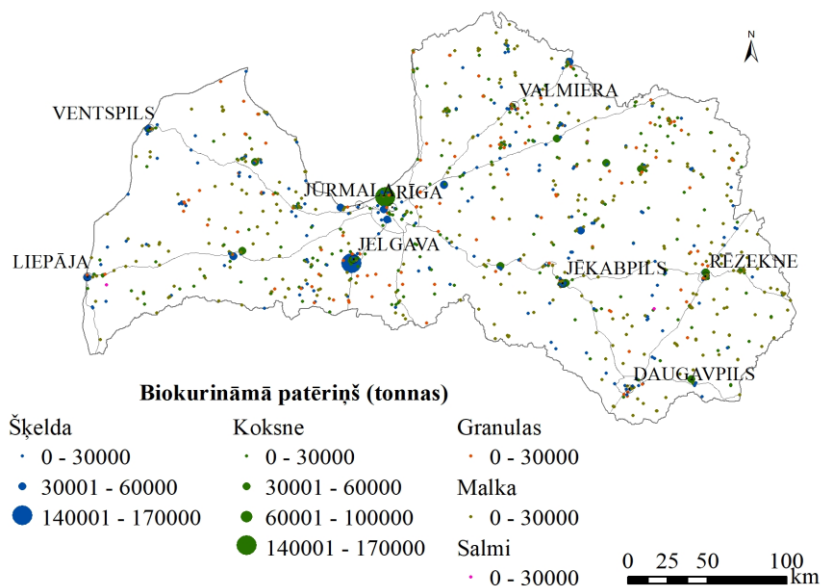
*Avots: autora aprēķini.*

Vislielāko koksnes šķeldu apjomu iespējams iegūt audzējot intensīvi apsaimniekotus kārkļu stādījumus potenciāli pieejamajās LIZ platībās. Pieņemot, ka tiek izmantoti 100% no potenciāli pieejamajām un kārkļiem piemērotajām platībām, kas ir 143 256 hektāri, vidējais viena gada laikā izaudzētais šķeldas apjoms būtu 8843 tūkst. ber.m<sup>3</sup>.

Kopējais patērētais kurināmās šķeldu apjoms 2018. gadā Latvijā bija 7684 tūkst. ber.m<sup>3</sup>, tajā skaitā koģenerācijas stacijās tika patērēti 3858 tūkst. ber.m<sup>3</sup> un katlumājās 1991 tūkst. ber.m<sup>3</sup> (Kurināmā koksne sadalījumā..., 2020). No iegūtajiem rezultātiem iespējams konstatēt, ka

izmantojot 25% no potenciālajām platībām, kas bija pieejamas kārkļu stādījumu audzēšanai 2018. gadā, ir iespējams izaudzēt 29% no visas patērētās kurināmās šķeldas Latvijā, 57% no koģenerācijas stacijās patērētās un izaudzēt par 220 tūkst. ber.m<sup>3</sup> vairāk nekā tiek patērēts katlumājās. Lai, izmantojot tikai kārkļu stādījumus, izaudzētu visu patērēto kurināmo šķeldu 2018. gadā Latvijā, stādījumi būtu jāierīko 86% no visām kārkļiem piemērotajām potenciālajām platībām, kas būtu 123 200 hektāri. Lai izaudzētu visu koģenerācijas stacijās patērēto kurināmo šķeldu, intensīvi apsaimniekoti stādījumi būtu jāierīko 44%, savukārt, lai izaudzētu visu katlumājās patērēto šķeldu, 22% no visām kārkļiem piemērotajām potenciālajām platībām.

Pieņemot vidējo koksnes šķeldu cenu vidēji 2015.-2019. gadā, kas bija 9.38 EUR ber.m<sup>3</sup>, un izmantojot visas potenciālās platības kārkļu stādījumu audzēšanai, vidēji gada laikā tiktu saražota koksnes šķelda 82.80 milj. EUR vērtībā. Lielākie kurināmās šķeldas patērētāji Latvijā ir SIA Fortums (Jelgava) un A/S Rīgas Siltums (Rīga). Biokurināmā patēriņš Latvijas uzņēmumos siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanā 2018. gadā attēlots 10. attēlā.



Avots: autora konstrukcija izmantojot LVĢMC datubāzi Gaiss-2

10. att. **Biokurināmā patēriņš Latvijas uzņēmumos siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanā 2018. gadā, t.**



Uzņēmumi, kas izmanto kurināmo koksnī siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanai, ir izvietoti vienmērīgi visā Latvijas teritorijā. Maza apjoma patērētāji, kas visbiežāk ir pagastu katlumājas vai nelieli ražošanas uzņēmumi, ir izvietoti pagastu centros. Vienmērīgs, dažāda apjoma kurināmās koksnī patērētāju izvietojums spēj nodrošināt stabili koksnī pieprasījumu. Daļa no šī pieprasījuma var tikt apmierināta, izmantojot koksnī no ātraudzīgiem kokaugu stādījumiem.

Lielāko ikgadējo apaļkoksnī apjomu iespējams iegūt, audzējot apšu hibrīdu plantāciju mežu. Izmantojot 100% no potenciālajām platībām, kas ir 186 100 hektāri, vidēji gada laikā iespējams izaudzēt 2429 tūkst. m<sup>3</sup> apaļkoksnī, savukārt izmantojot 25% no potenciālajām platībām, kas ir 46 525 hektāri, gada laikā iespējams izaudzēt 607 tūkst. m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> apaļkoksnī.

Latvijas mežos kopumā 2019. gadā izcirstais koksnī apjoms bija 13.34 milj. m<sup>3</sup> koksnī, no kuriem 921 tūkst. m<sup>3</sup> bija apsēs koksnī. Izmantojot visās potenciālās LIZ platības apšu hibrīdu plantāciju meža audzēšanai 2018. gadā, iegūtais koksnī apjoms Latvijā palielinātos par 18% un būtu 15.82 milj. m<sup>3</sup>, savukārt kopējais iegūtais apsēs koksnī apjoms par 263% un būtu 3.33 milj. m<sup>3</sup>. Izmantojot 25% no potenciālajām platībām, kas ir reālāks scenārijs, iegūtais koksnī apjoms Latvijā palielinātos par 4.5% un būtu 14 milj. m<sup>3</sup>, savukārt kopējais iegūtais apsēs koksnī apjoms par 70% un būtu 1.52 milj. m<sup>3</sup>.

Pieņemot vidējās apaļkoku sortimentu un koksnī šķeldu cenas 2015.-2019. gadā un izmantojot visās potenciālās platības apšu hibrīdu plantāciju audzēšanai, vidēji gada laikā tiktu saražota koksnī 98.50 milj. EUR vērtībā.

Lai salīdzinātu ātraudzīgo kokaugu stādījumus pēc izaudzētās koksnī enerģētiskās vērtības, apaļkoksnī un koksnī šķeldas tiek izteiktas primārās enerģijas vienībās Gigavatstundās (GWh). Viens koksnī šķeldu ber. m<sup>3</sup> atbilst 0.0008 GWh, un viens apaļkoksnī m<sup>3</sup> atbilst 0.0021 GWh (Enerģētisko šķeldu ražošana..., 2008). Latvijā 2019. gadā siltumenerģiju ražoja 643 katlumājās un 175 koģenerācijas stacijās. Kopējais centralizētās siltumapgādes sistēmas saražotais siltums Latvijā 2019. gadā bija 7948 GWh, salīdzinot ar 7072 GWh 2015. gadā, kas ir 12% pieaugums. Katlumājās pārsvarā siltumenerģijas ražošanā tiek izmantota kurināmā koksnī. 2019. gadā, izmantojot kurināmo koksnī, tika saražoti 61.2% no visās siltumenerģijas, kas bija 4864 GWh.

Lielāko primārās enerģijas apjomu viena gadā laikā iespējams iegūt audzējot intensīvi apsaimniekotus kārklu stādījumus. Izmantojot 100% apmērā potenciālās LIZ platības, teorētiski viena gadā gada laikā izaudzēto koksnī pārvēršot siltumenerģijā tiktu iegūtas 7075 GWh. Vidējā vienā gadā iegūta primārā enerģija audzējot ātraudzīgo kokaugu stādījumus potenciālajās LIZ platībās Latvijā 2018. gadā apkopota 6. tabulā.

**Vidējā vienā gadā iegūtā primārā enerģija audzējot ātraudzīgo kokaugu stādījumus potenciālajās LIZ platībās Latvijā balstoties uz aprēķiniem par 2018. gadu, GWh**

Stādījuma veids	Potenciālo LIZ platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai izmantošanas intensitāte			
	100%	75%	50%	25%
Intensīvi apsaimniekots kārkļu stādījums	7075	5306	3537	1769
Ekstensīvi apsaimniekots kārkļu stādījums	6190	4642	3095	1547
Baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījums	3484	2613	1742	871
Baltalkšņa kokaugu stādījums	3246	2434	1623	811
Apšu hibrīdu plantāciju mežs	5259	3944	2630	1315
Apšu hibrīdu kokaugu un agromežsaimniecības stādījums	3618	2713	1809	904

*Avots: autora aprēķini.*

Ierīkojot intensīvi apsaimniekotus kārkļu stādījumus visās potenciālajās LIZ platībās, iegūtais primārās enerģijas apjoms būtu 89% no visas saražotās siltumenerģijas Latvijā 2019. gadā. Ierīkojot stādījumus 25% no potenciālajām LIZ platībām, iegūtais primārais enerģijas apjoms būtu 22% no visas saražotās siltumenerģijas un 36% no kurināmās koksnes saražotās siltumenerģijas. Lai visu siltumenerģiju, kas saražota no kurināmās koksnes 2019. gadā, aizstātu ar koksni no kārkļu stādījumiem, būtu nepieciešams apstādīt ar kārkļu stādījumiem 69% no potenciālajām LIZ platībām, kas būtu 97 803 hektāri.

Potenciālo darba vietu skaitu ietekmē platību atrašanās privātīpašumā, tas ka vienlaidus platības var atrasties dažādu īpašnieku valdījumā, potenciālo platību robežošanās ar citu īpašnieku platībām, īpašnieku nevēlēšanos sadarboties savā starpā, kā arī koksnes tirgus situācija, kas var ietekmēt koksnes pieprasījumu un novākšanas metodes. Ierīkojot kārkļu stādījumus visās potenciāli pieejamajās LIZ platībās, teorētiski būtu iespējams radīt 744 jaunas darba vietas, savukārt ierīkojot stādījumus ar aprites periodu 15-20 gadi, teorētiski būtu iespējams radīt 1464 līdz 1753 jaunas darba vietas.

Risinājumi ātraudzīgo kokaugu stādījumu popularizēšanai un ieinteresētības veicināšanai par biomasas audzēšanu ir semināru rīkošana par ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanu un apsaimniekošanu. Lai veicinātu stādījumu ierīkošanu, informācijas izplatīšanā ir jāiesaista pašvaldības, kuru teritorijās atrodas platības, kas potenciāli būtu izmantojamas ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai. Likums par pašvaldībām (1994) nosaka, ka pašvaldību

funkcijas ir siltumapgādes komunālo pakalpojumu nodrošināšana, zemes izmantošanas kārtības noteikšana un bezdarba samazināšana. Atbalstot stādījumu ierīkošanu savā teritorijā, pašvaldību ieguvums būtu neizmantotas lauksaimniecības zemes izmantošana atjaunojamu resursu ražošanā. Tāpat tās teritorijā tiktu ražoti energoresursi, kurus būtu iespējams izmantot pašvaldības katlumājās (ja tās izmanto koksni) siltumenerģijas ražošanai. Pašvaldībai piederoša zeme, ja tā atbilstu kritērijiem, varētu tikt izmantota koksnes biomasas ražošanai, kā arī apsaimniekojot stādījumus, tiktu radītas jaunas darba vietas pašvaldības teritorijā.

## GALVENIE SECINĀJUMI

1. Fosilos resursus aizstājot ar koksnes biomasu ir iespējams mazināt klimata pārmaiņas, kuras izraisījusi ekonomiskā izaugsme līdz 21. gs. 20. gadiem, kas ir bijusi saistīta ar enerģijas izmantošanas kāpināšanu un efektivitātes palielināšanu, kas nākotnē var novest pie nenovēršamām klimata izmaiņām. Latvijā lauksaimniecības zeme, kas netiek izmantota pārtikas ražošanai, sekmīgi var tikt izmantota atjaunojamo resursu ražošanā, audzējot tajā biomasu, ātraudzīgo kokaugu stādījumos. Salīdzinot ar tradicionālajiem lauksaimniecības kultūraugiem, stādījumu audzēšanai nav nepieciešamas augstas kvalitātes un auglības zeme, un tie tiek klasificēti kā zemas intensitātes lauksaimniecības prakse, kas tiek uzskatīta par videi draudzīgu un ilgtspējīgu zemes apsaimniekošanas veidu.
2. Ātraudzīgo kokaugu stādījumi tiek audzēti gandrīz visās Eiropas valstīs, un plašāk izmantotās kokaugu sugas stādījumos Eiropas valstīs ir papeles, apšu hibrīdi un kārkli. Eiropas valstis, kurās visvairāk tiek praktizēti ātraudzīgie kokaugu stādījumi, ir Zviedrija, Anglija, Polija, Itālija, Vācija un Dānija. Latvijā visvairāk izmantotās kokaugu sugas mērķtiecīgi ierīkotos ātraudzīgo kokaugu stādījumos ir kārklis, baltalksnis un apšu hibrīdi, kas atkarībā no stādījumu audzēšanas ilguma tiek audzētas kokaugu stādījumos vai plantāciju mežā.
3. Ražojot koksnes biomasu kokaugu stādījumos vai plantāciju mežos neizmantotās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs Latvijā, tās tiktu efektīvi izmantotas, kā arī tiktu ražoti atjaunojami dabas resursi, kas saskan ar mērķiem, kādi paredzēti Latvijas Bioekonomikas stratēģijā 2030 – palielināt zemes izmantošanas efektivitāti lauksaimniecībā vai mežsaimniecībā, iesaistot ražošanā ap 400 tūkst. ha neizmantotas LIZ un Latvijas stratēģijā klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam – ilgtspējīga zemes apsaimniekošana un pakāpeniska pāreja no fosilajiem energoresursiem uz atjaunojamiem resursiem.

4. Agrotehnoloģiskie kritēriji, kas ietekmē ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanu, ir meteoroloģiskie, augsnes īpašību, platības novietojuma ainavā, un apsaimniekošanas kritēriji. Meteoroloģiskie kritēriji ir svarīgi, lai nodrošinātu kokaugu augšanu un izdzīvošanu. Kritēriji, kas saistīti ar platības novietojumu ainavā, ir svarīgi, lai prognozētu stādījumu biomasas pieaugumu un novākšanas tehnoloģijas. Apsaimniekošanas kritēriji ir svarīgi, lai izvēlētos kokaugu sugu un stādījumu veidu konkrētajā platībā. Latvijas apstākļiem piemērotākās kokaugu sugas koksnes biomasas iegūšanai ātraudzīgo kokaugu stādījumos lauksaimniecības zemēs izvērtējot šos kritērijus ir kārkli, apšu hibrīdi un baltalksnis, kuras var tikt izmantotas enerģētiskās koksnes vai apaļkoksnes ražošanai.
5. Salīdzinot ekonomiskos rādītājus stādījumu modeļiem to audzēšanas laikā, piemērojot 7.63% diskonta likmi, pozitīvu uzkrāto diskontēto naudas plūsmu uzrāda intensīvi apsaimniekoti kārkļu stādījumi ar atmaksāšanās periodu 6.8 gadi un iekšējās atmaksāšanās likmi 19.3%, ekstensīvi apsaimniekoti kārkļu stādījumi ar atmaksāšanās periodu 8.9 gadi un iekšējās atmaksāšanās likmi 15%, un apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījumi ar atmaksāšanās periodu 17.4 gadi un iekšējās atmaksāšanās likmi 9.1%, savukārt apšu hibrīdu kokaugu stādījumi un plantāciju mežs, kā arī baltalkšņa enerģētiskās koksnes un kokaugu, stādījumi uzrāda negatīvu uzkrāto naudas plūsmu, un to ierīkošana 2020. gadā neatmaksājas. Visos stādījumu modeļos uzkrātās diskontētās naudas plūsmas vērtību visvairāk ietekmē apaļkoku sortimentu cena, koksnes šķeldu cena un novāktās biomasas apjoms.
6. Apšu hibrīdu plantāciju meža, baltalkšņu kokaugu un enerģētiskās koksnes stādījumu audzēšanu ir iespējams padarīt rentablu, ja VPM un ZAL maksājumus būtu iespējams saņemt visu to audzēšanas laiku, nevis tikai pirmos 5 gadus.
7. Potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai ir platības ar augsnes auglību  $\leq 25$  balles, par tām netiek saņemts VPM, tajās šobrīd netiek audzēti koki, tās neatrodas OZOLS datubāzē atzīmētajās aizsargājamajās platībās, tās neatrodas 10 metru buferjoslās gar ceļiem un ūdenstecēm un tās ir regulāras formas. Potenciālās lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kas būtu pieejamas apšu hibrīdu un baltalkšņa stādījumu ierīkošanai, 2018. gadā Latvijā bija 186 100 hektāri, savukārt kārkļu stādījumu ierīkošanai 143 256 hektāri.
8. Izmantojot visas potenciāli pieejamās lauksaimniecībā izmantojamās zemes ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai, lielāko koksnes šķeldu apjomu iespējams iegūt audzējot intensīvi apsaimniekotus kārkļu stādījumus, kur vidējais viena gada laikā izaudzētais šķeldas apjoms

šajās platībās būtu 8843 tūkst. ber.m<sup>3</sup>, kas būtu 116% no visas patērētās kurināmās šķeldas Latvijā 2018. gadā, savukārt izsakot saražoto koksnes šķeldas apjomu siltumenerģijā, tiktu iegūtas 7075 GWh, kas būtu 89% no visas saražotās siltumenerģijas Latvijā 2019. gadā. Lielāko apaļkoksnes sortimentu apjomu iespējams iegūt audzējot apšu hibrīdu plantāciju mežu, kur vidējais viena gada laikā izaudzētais apaļkoksnes apjoms šajās platībās būtu 2429 tūkst. m<sup>3</sup>, kas būtu 18% no kopējā iegūtā koksnes apjoma Latvijā 2019. gadā. Ierīkojot kārkļu stādījumus visās potenciālajās lauksaimniecībā izmantojamajās zemēs, teorētiski būtu iespējams radīt 744 jaunas darba vietas, savukārt ierīkojot ātraudzīgo kokaugu stādījumus ar aprites periodu 15-20 gadi, teorētiski būtu iespējams radīt 1464 līdz 1753 jaunas darba vietas.

9. Pieņemot vidējās apaļkoku sortimentu un koksnes šķeldu cenas 2015.-2019. gadā un izmantojot visas potenciālās platības apšu hibrīdu plantāciju meža audzēšanai, vidēji gada laikā tiktu saražota koksnē 98.50 milj. EUR vērtībā, savukārt izmantojot 25% no potenciālajām platībām, vidēji gada laikā tiktu saražota koksnē 24.60 milj. EUR vērtībā. Pieņemot vidējo koksnes šķeldu cenu 2015.-2019. gadā, kas bija 9.38 EUR ber.m<sup>3</sup> un izmantojot visas potenciālās platības kārkļu stādījumu audzēšanai, vidēji gada laikā tiktu saražota koksnes šķelda 82.80 milj. EUR vērtībā, savukārt izmantojot 25% no platībām, vidēji gada laikā tiktu saražota koksnes šķelda 20.70 milj. EUR vērtībā.

## PROBLĒMAS UN PRIEKŠLIKUMI TO RISINĀŠANAI

Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanu lauksaimniecībā neizmantotās zemēs kavē problēmas, kuru risināšanai autors ir izstrādājis vairākus priekšlikumus.

### 1. problēma

Lauksaimniecības un lauku attīstības likumā (2004) noteikts, ka lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ir pieļaujama kokaugu stādījumu ierīkošana. Likumā kokaugu stādījumi definēti kā ilggadīgie stādījumi, kuri īpašiem mērķiem un regulārā izvietojumā ierīkoti lauksaimniecībā izmantojamā zemē un kuru maksimālais audzēšanas cikla ilgums ir līdz 15 gadiem, pēc kura kultūru atjauno vai turpina zemi izmantot citu lauksaimniecības kultūru audzēšanai. Pētījumā tika secināts, ka atsevišķām kokaugu sugām un apsaimniekošanas modeļiem nepieciešams ilgāks laiks, lai sasniegtu stādījumu maksimālo produktivitāti. Piemēram, apšu hibrīdu stādījumi ar aprites periodu 20 gadi, kuros galvenais produkts ir zāģbaļķis, uzrāda labākus ekonomiskos rādītājus kā stādījumi ar 15 gadu aprites periodu, kuros galvenais produkts ir papīrmalka.

## **Priekšlikums**

Zemkopības ministrijai izstrādāt izmaiņas 2004. gada 24. aprīļa “Lauksaimniecības un lauku attīstības likumā”, kur terminā “kokaugu stādījumi” maksimālo audzēšanas cikla garumu nomainīt no 15 gadiem uz 20 gadiem.

## **2. problēma**

Vienoto platību maksājumu un maksājumu par klimatam un videi labvēlīgu lauksaimniecības praksi, saskaņā ar 2015. gada 28. marta MK noteikumiem Nr. 126 “Tiešo maksājumu piešķiršanas kārtība lauksaimniekiem”, var saņemt par platību, kurā stāda un audzē viena vecuma īsircmēta atvasāju sugas – apsi (*Populus spp.*), kārklu (*Salix spp.*) vai baltalksni (*Alnus incana*) ar piecu gadu maksimālo aprites laiku. Audzējot stādījumus ilgāk par noteikto termiņu, kas ir pieci gadi, vienoto platību maksājumu saņemt nav iespējams. Šāds maksimālais aprites laiks nav piemērots visām ātraudzīgajām kokaugu sugām un apsaimniekošanas modeļiem. Pētījumā tika secināts, ka atsevišķi ātraudzīgo kokaugu stādījumu veidu audzēšana, piemēram, apšu hibrīdu plantāciju mežs, baltalkšņa kokaugu un enerģētiskās koksnes stādījumi, atmaksājas, ja tiešos maksājumus iespējams saņemt visu stādījumu audzēšanas laiku, kas bija 15-20 gadi, nevis tikai pirmos 5 gadus.

## **Priekšlikums**

Zemkopības ministrijai izstrādāt izmaiņas 2015. gada 28. marta MK noteikumos Nr. 126 “Tiešo maksājumu piešķiršanas kārtība lauksaimniekiem” kur maksimālais audzēšanas laiks, par kuru iespējams saņemt vienoto platību maksājumu tiktu mainīts no 5 gadiem uz laiku līdz stādījumu novākšanai, ja tas nepārsniedz 20 gadus. Pētījumā tika secināts, ka potenciālās lauksaimniecībā izmantojamās zemes ar kvalitātes vērtējumu  $\leq 25$  balles, kas būtu pieejamas apšu hibrīdu un baltalkšņa stādījumu ierīkošanai, 2018. gadā Latvijā bija 186 100 hektāri, savukārt kārklu stādījumu ierīkošanai 143 256 hektāri. Atbalsta likme (VPM+ZAL) 2019. gadā bija 131.85 EUR ha<sup>-1</sup>. Pieņemot, ka visās potenciālajās platībās 186 100 hektāru apmērā tiktu ierīkoti apšu hibrīdu vai baltalkšņa stādījumi un visas platības tiktu pieteiktas atbalsta maksājumu saņemšanai, tas papildus maksātu 24.40 miljonus EUR gadā, kas būtu 11% no kopējās izmaksātās atbalsta summas (VPM+ZAL) 2019. gadā Latvijā, kas bija 221.10 milj. EUR. Pieņemot, ka visās potenciālajās platībās 143 256 hektāru apmērā tiktu ierīkoti kārklu stādījumi un visas platības tiktu pieteiktas atbalsta maksājumu saņemšanai, tas papildus maksātu 18.80 milj. EUR gadā, kas būtu 8.5% no kopējās izmaksātās atbalsta summas (VPM+ZAL) 2019. gadā Latvijā. Pieņemot vidējās apaļkoku sortimentu un koksnes šķeldu cenas 2015.-2019. gadā un izmantojot visas potenciālās platības apšu hibrīdu plantāciju audzēšanai, vidēji gada laikā tiktu saražota koksne 98.50 milj. EUR

vērtībā. Pieņemot vidējo koksnes šķeldu cenu 2015.-2019. gadā, kas bija 9.38 EUR ber.m<sup>3</sup>, un izmantojot visas potenciālās platības kārkļu stādījumu audzēšanai, vidēji gada laikā tiktu saražota koksnes šķelda 82.80 milj. EUR vērtībā. Ikgadējie papildus atbalsta maksājumi par ātraudzīgajiem kokaugu stādījumiem būtu 22.7% līdz 24.7% apmērā no vidējās saražotās koksnes biomasas vērtības šajos stādījumos gada laikā.

### **3. problēma**

Pamatojoties uz LAD datiem, 2019. gadā Latvijā bija 2.2 milj. ha lauksaimniecībā izmantojamās zemes, tai skaitā neapstrādātas platības bija 256 180 hektāri. Daļu no šīm platībām, kas nav piemērotas tradicionālo lauksaimniecības kultūragu audzēšanai, ir iespējams izmantot ātraudzīgo kokaugu audzēšanai, sekmējot šo platību racionālu izmantošanu un atjaunojamo resursu ražošanu. Pētījumā tika secināts, ka potenciālās LIZ platības, kas būtu piemērotas apšu hibrīdu un baltalkšņa stādījumu ierīkošanai 2018. gadā bija 186 100 hektāri, savukārt kārkļu stādījumu ierīkošanai 143 256 hektāri. Viens no faktoriem, kas kavē potenciālo platību izmantošanu ir augstās stādījumu ierīkošanas izmaksas, kas atkarībā no kokaugu sugas un apsaimniekošanas modeļa ir no 1157.00 līdz 1715.00 EUR ha<sup>-1</sup>. Latvijas lauku attīstības programmā 2014.-2020. gadam ir prognozēts finansiāls atbalsts meža ieaudzēšanai, papildinot daļēji aizaugušas lauksaimniecības zemes. Atbalsta izmaksās ir ietverta augsnes sagatavošana, reprodiktīvā materiāla iegāde, stādīšana, stādījumu aizsardzība, papildināšanas un kopšana. Atbalstu iespējams saņemt ierīkojot mežaudzes lauksaimniecības zemēs, kuru auglība ir 25 balles un mazāk, kā arī daļēji aizaugušās lauksaimniecības zemēs. Tomēr, atbalstu meža ieaudzēšanai nepiešķir par īsircirtmeta atvasājumiem un ātraudzīgo kokaugu sugu enerģētiskām plantācijām (aprites cikls īsāks par 15 gadiem).

#### **Priekšlikums**

Nacionālo subsīdiju finansiālā atbalsta ietvaros atbalstīt neizmantošanas lauksaimniecības zemes ar kvalitātes vērtējumu  $\leq 25$  balles izmantošanu biomasas ražošanai, atļaujot ierīkojot tajās īsircirtmeta atvasājus un ātraudzīgo kokaugu stādījumus ar aprites ciklu līdz 20 gadiem.

## **INTRODUCTION**

Efficient use of natural resources is one of the tasks of sustainable land use and is an essential basis for its joint development and the region. Sustainable land use principles can be seen as a form of land management that preserves the soil's natural fertility and allows the long-term production of food, fiber, and renewable natural resources. One of the most important principles is a rational land use that maximizes society's economic, social and environmental

requirements. Land use must be reasonable to get the most out of it while not contributing to its deterioration. As the number of people in the world increases, so makes the demand for food and cheap and affordable energy. Meeting these requirements has led to climate change, which will harm society's quality of life, individuals, and the future environment. Since the beginning of the 1990s, economic growth is linked to fossil energy use. Intensifying resource use can lead to inevitable climate change. To reduce the harmful effects of climate change, solutions to minimize fossil resource usage and increase renewables should be found.

Renewable resources include the following energy sources: biomass, water, geothermal, solar, and wind energy. The renewable resource considered in this thesis is wood biomass obtained by purposeful planting and managing fast-growing woody crops on unused agricultural land.

The European Union (EU) aims to increase renewable energy share in final energy consumption to 27% by 2030. Each member state has set its own individual goals. Latvia's goal is to achieve a 50% share of renewable energy resources in gross final energy consumption by 2030, which will be done by increasing the use of wood in energy production. EU program documents state that the renewable energy sources in the energy sector must be supplemented to promote the reduction of fossil resources in energy production. EU Directive 2009/28/EC on promoting energy use from renewable sources identifies biomass as one of the primary energy sources, including greater use of wood for energy production. One of their rapid extraction alternatives is establishing fast-growing woody crop plantations on unused agricultural land (UAA) to meet a growing demand for renewable energy sources that can be used for heat and electricity production.

On agricultural land, wood biomass can be grown in woody crop plantations or plantation forests. The maximum growing time for woody crop plantations is 15 years, after which the plantations are restored, or the land is used for growing other crops. Forest planted on agricultural land up to 20 years old can be registered as plantation forest. For this thesis the term *fast-growing woody crop plantations* is used to describe both plantations of single age fast-growing woody crop species (willow, hybrid aspen, grey alder) which are grown as woody crop plantations, or plantation forest with a maximum single cycle period  $\leq 20$  years and cultivation available together with grass.

Based on the Rural Support Service (RSS) data, in 2019, there were 2.2 MM hectares of agricultural land, of which 256 180 hectares were uncultivated. Part of these areas can be used for fast-growing woody crops, promoting the rational use of these areas and producing renewable resources, attracting new labour during periods when it is not possible to use it in traditional agriculture, and promoting a positive social environment in rural



areas. According to research conducted by Latvian scientists (Lazdina, 2012; Jansons, 2014; Daugaviete, 2015; Zeps, 2017), it was found that the fast-growing woody crop species suitable for Latvian conditions are willow (*Salix* spp.), Hybrid aspen (*Populus* spp.) and grey alder (*Alnus incana*). These species stand out with a significant increase in biomass in a relatively short time. Their planting, care, and harvesting can be mechanized.

There are several positive aspects for establishing fast-growing woody crop plantations on nonused agricultural lands and others, that are not suitable for growing traditional agriculture crops, such as the rational use of land, the diversification of the rural landscape, carbon sequestration, and the production of renewable resources. Reducing carbon emissions can be achieved by increasing the use of renewable resources, including biomass from fast-growing woody crop plantations, which will reduce greenhouse gas emissions and provide a different range of ecosystem services. Biomass production on unused agricultural land is considered to be an economically viable form of land management.

Depending on the agro-technological and economic criteria and the target, and the product to be obtained, it is possible to choose different fast-growing woody crop species and management models for growing plantations. The most commonly obtained wood products in Latvian conditions are saw logs, pulpwood, and wood chips. The choice of tree species and management model considers the economic, environmental, and social factors of the plantations.

According to RSS data, woody crop species used in fast-growing woody crop plantations in 2020 in Latvia are willows, hybrid aspen, and grey alder. The total area of fast-growing woody crop plantations in Latvia from 2010 to 2019 has significantly increased both as woody crop plantations and as plantation forests, which suggests farmers' interest in establishing plantations. It is expected that the area of plantations will increase in the future.

The historical development, establishment, cultivation, and management of fast-growing woody crops plantations have been extensively studied globally (Rackham, 1990; Weih, Nordh, 2005; Dooley, 2006; Mola-Yudego, 2010; Lutter, 2016; Smil, 2017). The potential contribution to renewable energy production is understood by assessing the impact on environmental, economic, and social indicators. There are few such studies in Latvia, therefore the author chose such a topic to study – potential of fast-growing woody crop plantations in the production of renewable energy resources in Latvian conditions.

The research period is from 2011 to 2020.

**Hypothesis:** growing fast-growing woody crop plantations on unused agricultural land is an economically justified way of land management and would promote the production of wood biomass in Latvia.

According to the thesis topic, the research **subject** is wood biomass production in fast-growing woody crop plantations, while the research **object** is the production of wood biomass in fast-growing woody crop plantations in unused agricultural lands. The hypothesis suggested the **research aim** of the thesis – to study the establishment of fast-growing woody crop plantations, economic return, potentially available lands, and amount of biomass to be obtained on unused agricultural land in Latvia.

Based on the aim, the following **specific research tasks** were set:

- study the theoretical aspects of the correlation between the development of society and the use of wood biomass for renewable energy production, environmental and economic aspects, and the historical development of fast-growing woody crops plantations;
- evaluate fast-growing woody crop plantations of willow, hybrid aspen and grey alder. Evaluate agro-technological criteria for their establishment on unused agricultural lands;
- analyze the economic return on the establishment of willow, hybrid aspen and grey alder fast-growing woody crop plantations in the potentially available areas, the amount of biomass to be obtained and the economic value.

In the work, statistical information from publicly available databases was used to obtain data, which was processed with appropriate data and information processing methods. The **research methods** for each task were applied differently, considering the research problem of each task:

- for the analysis of the theoretical aspects and documentary basis of the production and use of wood biomass for renewable energy production – analysis and synthesis, descriptive or monographic, induction and deduction methods were used;
- for evaluating the most suitable woody crop species for Latvian conditions, analysis and synthesis methods have been used;
- to evaluate the establishment of fast-growing woody crop plantations on agricultural lands, general scientific research methods were used – synthesis, analysis, induction and deduction, economic analysis and statistical analysis methods, and logical constructive method.

To achieve the goal of the research and to solve the set tasks several **information** materials are used:

- special scientific literature, current research and results obtained in them, publications in scientific databases about thesis topic;
- international documents, regulatory enactments of the EU and the Republic of Latvia (LR), strategic and policy planning documents;

- data and information published in Eurostat, Central Statistical Bureau of the Republic of Latvia (CSB), State Forest Service (SFS), RSS, and other databases.

**Research limitations:**

The production of wood biomass for energy is influenced by factors such as the type of biomass, the technologies used, market demand, resource supply and demand, and political and economic support. In the thesis, as a renewable resource, wood biomass obtained from fast-growing woody crop plantations on agricultural lands is studied.

**Scientific significance of the research:**

- as a result of theoretical and empirical research, the production of wood biomass in fast-growing woody crop plantations has been evaluated;
- as a result of theoretical and empirical research, the most suitable fast-growing woody crop species for Latvian conditions and their suitability for growing in fast-growing woody crop plantations in Latvia have been evaluated;
- the study has been carried out on the economic indicators of willow, hybrid aspen, and grey alder woody crop plantation cultivation and wood biomass extraction on agricultural lands;
- the study has been carried out on the areas of agricultural land that could be potentially available for growing fast-growing woody crop plantations in Latvia, and the amount of biomass to be obtained in these areas has been calculated.

**The economic significance of the research:**

- the study significantly complements the theoretical basis of the use of fast-growing woody plantations for biomass production;
- the results of the research will be able to be used in practice, choosing the most suitable fast-growing woody crop species and management model for biomass production on agricultural land;
- in the course of the study, areas that can be used for growing woody crop plantations and the amount of biomass obtained in these areas have been calculated.

**Theses to be defended:**

1. Wood biomass is a renewable energy resource that can be successfully obtained by establishing fast-growing woody crop plantations on unused agricultural lands.
2. Willow, hybrid aspen, and grey alder are suitable woody crop species to Latvian climatic conditions and agrotechnological criteria to be used in fast-growing woody crop plantations in Latvia.

3. Willow, hybrid aspen and grey alder fast-growing woody crop plantations can be an economically justified way to manage unused agricultural lands in Latvia.
4. There are available unused agricultural lands in Latvia that are not suitable for growing agricultural crops but can be used for obtaining wood biomass in fast-growing woody crop plantations, increasing the share of renewable energy resources in the total energy balance of Latvia.

## **1. THEORETICAL OVERVIEW OF SOCIETY DEVELOPMENT AND WOOD BIOMASS FOR RENEWABLE ENERGY PRODUCTION, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS, AND FAST GROWING WOODY CROP PLANTATION HISTORICAL DEVELOPMENT**

The volume of the chapter is 24 pages, with 1 table and 2 figures. *Proposed thesis: Wood biomass is a renewable energy resource that can be successfully obtained by establishing fast-growing woody crop plantations on unused agricultural lands.*

The first chapter evaluates and summarizes the correlations between the development of society and the use of wood biomass for renewable energy production, researches the environmental and economic aspects of wood biomass use for renewable energy production, analyzes the definitions of fast-growing woody crop plantations and their historical development, and analyzes the main regulations, and planning documents in Latvia.

### **1.1. Coherence between community development and wood biomass usage in renewable energy production**

The use of renewable energy resources in energy production in the first half of the 21<sup>st</sup> century is an important and widely discussed issue at national, regional, and global levels. Several factors contribute to the importance of the issue, the most important of which are the effects of climate change, which are increasingly being felt on a global scale, the limited amount of energy resources, and the growing competition for their use.

Until the end of the 18<sup>th</sup> century, one of the primary energy sources was wood, which was used as fuel. The availability of wood in the region was one of the main reasons for developing countries and cities. (Quaschnig, 2010). Fossil resources have been a significant resource for global energy production

since the 19<sup>th</sup> century, the use of which has contributed to economic growth (Grubb et al., 2014). The change of resources was facilitated by society's transition from the rural, agrarian, and decentralized model of society to the urban and industrial model of society. (Tillman, 1978). Until the 19<sup>th</sup> century, society mainly had used renewable resources for energy production, while in the 20<sup>th</sup> century, primarily non-renewable resources. In response to the future climate change challenges, non-renewable resources will increasingly be replaced by renewable resources.

In the future, resource use should aim to be financially justified, environmentally friendly, socially responsible, and politically regulated in terms of accessibility and security (Arunachalam, Bharadwaj, 2012). The use of local renewable energy sources contributes to promoting sustainable economic development, which is linked to the use of environmentally friendly technologies in energy production. In Latvia's case, the strengthening of external sovereignty in the political and economic sphere is directly related to ensuring energy self-sufficiency (Sprūds, 2010). In any modern society, energy is one of the most critical sectors of the economy, which has a lasting impact on society's development as a whole. Energy plays an essential role in the country's economic development. Promoting such development requires the encouragement of competition and competitiveness, the promotion of small and medium-sized enterprises, and the diversification of agricultural and regional development opportunities.

Planning documents in the EU state that in order to promote the reduction of fossil resources in energy production, the use of renewable resources in the energy sector must be increased. In planning documents, one of the primary energy resources is biomass, emphasizing increasing the use of wood biomass in energy production (Green Paper, 2006; Renewable Energy Directive, 2009). For the production of renewable resources, including biomass, in a sustainable and environmentally friendly manner, the principles of sustainable land development must be followed.

The concept of sustainable development appeared in the scientific literature in the 1970s. Politically, the term was more widely used following the 1987 report of the World Commission on Environment and Development, "Our Common Future". Sustainable development is most often divided into three dimensions: environmental, economic, and social justice. It is described as meeting today's needs without compromising the needs of future generations (Our common future, 1990). Sustainable land use is a challenge due to climate change and growing environmental challenges, including increased demand for natural resources, the threat of environmental pollution, and biodiversity loss. Conflicts between socio-cultural, political-economic, and environmental goals

also increase (Axelsson et al., 2012). The goal of sustainable land use is to prevent these conflict situations.

Sustainable land use is an essential basis for sustainable development for the country's and region's overall growth. Sustainable land use is a prerequisite for many environmental (water, soil, biodiversity), economic (income, investment), and social (food production, livelihoods, access to natural resources) objectives. Sustainable land use principles can be seen as a form of land management that preserves the soil's natural fertility and allows long-term food, fiber, and renewable natural resources production. Such management involves the cultivation and management of land in a form that considers energy flows in the soil, water bodies, and atmosphere (Wrachien, 2001). The principles of sustainable land use can be defined in different ways, depending on the factors considered. Environmental conditions, market forces, social responsibility, sustainable growth goals, and nature conservation are just some of the factors and conditions that determine the principles of sustainable land use.

Land use objectives may differ, for example, Schulte et al. (2014) put forward the concept of functional land management, which assumes that agricultural land performs the following functions: food, fiber, and fuel production; water purification; carbon storage; ensuring biodiversity; nutrient processing. The concept emphasizes the multifunctionality of land and soil use, which means that all soils perform several functions simultaneously, but some soils provide better food production than, for example, biodiversity.

Following the 1993 report of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) – “FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management”, sustainable land use combines technological, political, environmental, and socio-economic principles. These principles must be complementary and not contradict each other. The principles of sustainability must achieve 5 goals: productivity, safety, protection, viability, acceptability.

The Latvian Land Management Law (2014) defines land management as a policy implementation measure to promote sustainable land use. The law also stipulates that the local government must provide effective management of natural resources and sustainable development in its planning documents, which includes measures to prevent land degradation when planning land use.

The informative report of the “Latvian Land Management Policy” (2019) states that: “*Rational land management is essential for the development and existence of our country. Land is a limited resource and part of natural capital*”. The overarching goal of land policy is “*sustainable land management that provides low-carbon economic growth, equal opportunities, biodiversity conservation, and climate-resilient development*”. In order to achieve the

overarching goal, land use is assessed from three interrelated land use directions: land as a natural capital, which includes its protection and preservation of biological diversity in it; land as a space intended for construction, infrastructure, and environmental development; land for economic activities, where the specified goal is to ensure the rational and efficient management of existing land resources.

## **1.2. Wood biomass for renewable energy production: environmental and economic aspects**

The use of biomass for energy production is seen as an essential tool for reducing future carbon dioxide emissions (CO<sub>2</sub>). The constant increase in the use of fossil resources has affected the environment around us.

The link between economic growth and energy use is closely linked and began to be fully established in the world after the Second World War (1939-1945). The increase in the amount of energy and the possibility of producing it in the required amount has determined the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries economic growth. (Global Energy Assessment..., 2012). Each country's development and success are closely linked to its chosen economic system and the environment created for growth and policies (Koopmans, Montias, 1971). Economic systems can be classified in several ways. Most often, they overlap in the country, or several systems are implemented simultaneously.

The energy production and use sector is the world's largest emitter of greenhouse gases, accounting for 73.2% of total emissions in 2016, mainly due to the use of fossil resources (Ritchie, Roser, 2020; Statistical Review of..., 2020). For the EU to achieve a 95% reduction in greenhouse gas emissions compared to 1990, the current level of greenhouse gas emissions must be significantly reduced, with a 75% reduction in the energy sector compared to 2017 (Bioenergy Europe Statistical..., 2019).

The use of renewable energy generates savings in greenhouse gas emissions, ensures food security, reduces environmental degradation, and supports certain ecosystem services. Its use can also bring social, environmental, and economic benefits while ensuring rural areas' development (The European Commission's..., 2019). To meet the EU's overall commitment to increase the share of renewable energy in total energy consumption to 50% by 2050, biomass is considered the primary renewable resource for heat and electricity generation (Searle, Malins, 2014). By producing the same amount of energy, the renewable energy sector creates more jobs than the fossil fuel sector (Kammen et al., 2004). The use of fast-growing woody crop plantations for biomass is an effective way of reducing greenhouse gas emissions and producing renewable resources.

Biomass cultivation solves several problems: the use of unused agricultural land, the reduction of unemployment, and rural development (Thornley, 2006; Upham, Shackley, 2007). Biomass has become a significant resource for renewable energy production in many countries. This is due to the many benefits of using biomass. In its various forms, biomass can provide all the main energy carriers: electricity, gas, liquid fuels, and solid fuels. The added value and income generated by bioenergy are maintained in the regions, thus reducing rural poverty.

Most fossil resources are concentrated in specific, isolated geographical regions, so they must be imported to extract and exploit resources in other regions. In contrast, biomass can be obtained in much larger regions, which allows the replacement of imported fossil resources with local resources. Using energy resources in the same region where they are produced creates new jobs.

Biomass can be stored for a long time before final use (Thornley, 2006). Most often, biomass is a local resource that contributes to energy diversification and supply security (Carneiro, Ferreira, 2012). Easy and convenient resource storage is an advantage over other resources, allowing biomass energy production to be considered predictable and easily adaptable to current capacity requirements. Combining biomass with other renewable resources makes it possible to better address the variability in energy demand.

For biomass to be economically viable, it must have a high dry matter distribution (high dry matter content per hectare), the lowest possible energy input for biomass production, low production costs, low environmental impact, and maximum dryness at harvest (McKendry, 2002; Evans et al., 2010). In Latvian conditions, biomass can be successfully obtained in fast-growing woody crop plantations by installing them in unused agricultural land. Compared to traditional crops, fast-growing woody crop plantations allow lower soil quality and site selection requirements. Fast-growing woody crop plantations are considered to be a promising biomass production system that will help to achieve the goals set by the EU for increasing renewable energy resources in the overall energy balance in the future (Dimitriou, Fistrek, 2014). The establishment of fast-growing woody crop plantations for the production of heat and electricity is considered to be one of the most effective ways of reducing greenhouse gas emissions and producing renewable energy (Heller et al., 2004; Cocco, 2007; Styles, Jones, 2007; Njakou et al., 2015).

Fast-growing woody crops grow better in moist soils and flood-affected areas than in annual crops (Slotiņa et al., 2014). In addition to biomass production, fast-growing woody crop plantations also provide various ecosystem services – reduce rain and wind erosion, promote soil recovery, and creates raw materials for pharmacies and handicrafts.



The main advantages of fast-growing woody crop plantations are energy security (plantations are mostly grown and used within one country), use of local resources, stable supply chains, consistent product quality, environmentally friendly land management (Weitz, 2014). The ecological footprint of fast-growing woody crop plantations is smaller than that of food production (Heller et al., 2004). The use of low-fertility land for fast-growing woody crop plantations increases employment opportunities in the region and promotes environmentally friendly resources in energy production (Volk et al., 2004; Campbell et al., 2014). Areas unsuitable for the cultivation of traditional crops can be successfully used to cultivate fast-growing woody crop plantations.

Woody crop planting is one way to increase the amount of organic carbon in the soil (Freibauer et al., 2004). When establishing fast-growing woody crop plantations, the impact on land use, biodiversity, soil, water, and landscape must be considered (Pučka, Lazdiņa, 2013). All these aspects are essential for plantations to be environmentally friendly and sustainable.

From an economic point of view, it is recommended to plant the plantations in large continuous groups, reducing management costs. It is recommended to establish the plantations as close as possible to the final consumer to reduce transport costs. The plantations are managed for many years, and the machinery is mainly used for installation and harvesting. (Dimitriou, Rutz, 2014). After finishing growing fast-growing woody crops, returning the agricultural land used in plantations to traditional crop production is possible.

### **1.3. Fast-growing woody crop plantation definitions and historical development**

In different information sources, fast-growing tree plantations are called differently: short-cut tree plantations, intensive short-cut tree management, short-cut forestry, short-cut plantations, intensive tree plantations, intensive plantation management, forest tree intensive management, SRC plantations, SRF plantations, agroforestry plantations (Dickmann, 2006).

Latvian regulatory enactments use the term – *woody crop plantations* (Law on Agriculture and Rural Development, 2004, Amelioration Law 2010) and *short-rotation coppice* what describes as woody crop cultivation on agricultural land (Direct Payments ..., 2015). The EU Regulation (1305/2013/EC) refers to the term *agroforestry system*, defined as a land-use system in which trees are grown on agricultural land.

In the international literature, fast-growing woody crop plantations are considered a type of agroforestry in which trees are planted on agricultural land. Agroforestry is defined differently in different literature sources. P.K.R. Nair (1993) defines agroforestry as the deliberate or sequential

cultivation of trees and crops and/or animals on the same land unit. In the EU context, agroforestry is a land-use system in which trees are grown on agricultural land (Official Journal of..., 2013). The EU's multilingual dictionary (EuroVoc) defines agroforestry as the simultaneous cultivation of trees and food crops and/or livestock on the same plot of land. According to the definition of the European Agroforestry Federation, agroforestry is the simultaneous maintenance of trees, crops, and animals on a single unit of land.

The Law on Agriculture and Rural Development (2004) defines woody crop plantations as perennial plantations (excluding ornamental trees, orchards, and nurseries) established for particular purposes and regularly on agricultural land with a maximum growing cycle of up to 15 years, after which the plantations are regenerated with woody crops, or used in agriculture crop growing. The establishment of tree plantations on agricultural land is permitted if it complies with the requirements specified in the spatial development planning documents and if the relevant territory is not included in the state register as a specially protected habitat. Plantations are established in ameliorated areas under the requirements of the Amelioration Law (2010).

Historically fast-growing woody crop plantations have developed from shoot forestry. Shoot forestry is a type of forestry in which deciduous stands are regenerated from shoots (Bisenieks, 2005).

In Europe, the beginning of agroforestry is considered the Middle Ages, when low-value forest stands were cut down, felling residues were burned, and agricultural products were grown for a certain period, after which the forest stand was restored. (King, 1987). In some cases, crops were grown together with trees for a certain period, most often until the trees grew large enough and began to shade the crops.

The first documented artificial hybridization of poplars took place in London in 1912, resulting in new varieties. The first large-scale poplar breeding program began in the United States in 1924 (Stout, Schreiner, 1933). In later years, such programs have also been established in Canada and Europe. Starting from the 21<sup>st</sup> century, woody hybrids are primarily used in all fast-growing woody crop plantations.

In the Nordic countries, from 1980 to 1990, intensive research was conducted on the possibilities of using grey alder and willow in the production of wood chips (Daugaviete et al., 2015). The most widely used tree species in fast-growing woody plantations is the willow. Willows show reasonable growth rates in regions with shorter vegetation periods and higher moisture regimes. To achieve maximum yields, the soil of the plantations must be well prepared. Weed control and soil fertilization must be performed before planting. Agrotechnical care of trees during the first years of planting should be done

(Mosiej et al., 2012). Fast-growing woody plantations can be grown in different climatic conditions and different soils.

Willow cultivation in plantations in Europe began in the first half of 19<sup>th</sup> century, mainly due to the high demand for wicker baskets. (Kuzovkina et al., 2008). The establishment of fast-growing woody crop plantations for commercial purposes in Europe began in the 1960's. Mostly, plantations are used as energy wood plantations, from which fuel material is obtained, which is used to produce electricity and heat. In Europe, deciduous trees are used in fast-growing woody crop plantations, as the plantations are regenerated with shoots. The most common planting lifespan is 1-20 years, in some cases up to 25 years, which brings this management model closer to agriculture than forestry, which has significantly longer lifespans.

The initial establishment of plantations is related to agricultural machinery (soil preparation, fertilization, planting), while tree care and harvesting are related to forestry activities and the use of forest machinery. The end product that is wood chips or timber, is more forestry products than agriculture.

Research on fast-growing tree woody crop plantations is carried out in many countries: Sweden, United Kingdom, Ireland, Poland, Estonia, Denmark, United States of America (Weih, Nordh, 2005; Mola-Yudego; 2010; Mola-Yudego; Gonzalez-Olabaria, 2010). The studied tree species (aspen, poplar, willow) differ from country to country, but the main research topics related to the cultivation and use of fast-growing woody crops in energy are very similar. Technological developments and renewable energy policies have generated interest in fast-growing woody crop plantations as a renewable energy resource that could be used more in the future.

#### **1.4. Documentary base for the fast-growing woody crop plantations biomass usage in renewable energy production in Latvia**

Renewable energy production from biomass is affected by conventions, international agreements, EU directives and regulations, laws of the Republic of Latvia, regulations of the Cabinet of Ministers, policy planning documents, and programs.

International conventions and agreements mark the chronological development of international rules, beginning with individual rules for protecting plant and animal species, followed by rules on human responsibility for the protection, improvement, and preservation of the environment for future generations and the rational use of renewable land resources.

Regulation of the European Parliament and the Council No. 1305/2013 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Council Regulation No. 1698/2005 sets out objectives for rural development, such as promoting the efficient use of

resources, promoting the supply and use of renewable energy sources for the bioeconomy, and promoting economic development in rural areas. The production of renewable energy sources in fast-growing woody crop plantations makes it possible to achieve part of the objectives set out in the regulation.

Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and the Council on promoting the use of energy from renewable sources, adopted in 2018, aims to reduce emissions by at least 40% by 2030 compared to 1990 levels. The directive provides more intensive energy use from renewable sources, including increasing biomass production (including biomass from fast-growing woody crop plantations).

In addition to the above-mentioned global and EU level regulatory documents, Latvia's development planning documents and regulatory enactments must also be observed when producing energy and managing woody crop plantations.

Sustainable Development Strategy of Latvia until 2030 (Latvia 2030) emphasizes that Latvia has enough renewables (wood, water, wind, biogas, solar) to increase electricity produced from them. Wood biomass from fast-growing woody plantations can help achieve the strategy's goals of ensuring the country's energy independence by increasing the use of renewable energy sources in electricity generation in cogeneration plants. The Latvian Bioeconomy Strategy 2030 promotes and maintains employment and increases the added value of products and exports in the bioeconomy sectors by 2030. Agriculture and forestry, which are included in the group of primary production of bio-resources, have been identified as one of the priority sectors to be developed. The Latvian Bioeconomy strategy 2030 envisages increasing land use efficiency in agriculture, involving about 400 000 ha of unused agricultural land in production. These areas can be used for growing fast-growing woody crop plantations without transforming the land into forest areas but preserving it as agricultural land. One of the successful implementations of Latvia's strategy to achieve climate neutrality by 2050 is sustainable land management and a gradual transition from fossil energy resources to renewable resources using wood biomass for energy production. The National Development Plan for 2021-2027 states that increasing energy security and reducing the country's dependence on energy imports can be achieved by increasing the use of local and renewable resources in energy production, including increasing the use of biomass in energy production. In the Latvian National Energy and Climate Plan 2021, one goal for achieving the long-term vision for 2030 is to reduce fossil and unsustainable resources and replace them with renewable resources, including biomass.

Energy Law (1998) defines biomass as one of the renewable energy resources, one of the products that can be obtained from fast-growing woody

plantations. The Forest Law (2000) stipulates that one of the forest types is plantation forest, which is planted for particular purpose and registered in the State Forest Register. Plantation forests are not subject to tree felling and reforestation as specified in the Forest Law. Fast-growing woody crop plantations, such as hybrid aspen, are grown as plantation forests if they are grown for a longer period (15 to 20 years). The Law on Agriculture and Rural Development (2004) defines woody crop plantations as perennial plantations (excluding ornamental trees, orchards, and nurseries) established for particular purposes and on a regular basis on agricultural land with a maximum growing cycle of up to 15 years, after which the crop is restored, or the land is continued to be used for other crops. The Amelioration Law (2004) defines the State Limited Liability Company “Real Estate of the Ministry of Agriculture” as an institution that issues technical regulations for planting woody crop plantations on amelioration land reclaimed for agricultural use.

For the management of plantation forests, which is one of the types of fast-growing woody crops, applies “Regulations for Reforestation and Plantation Forest” No. 308. The Regulations prescribe the procedures for afforestation, registration, management, and felling of plantations, as well as tree species that are permitted to be grown in a plantation forest. Regulation No. 834 “Requirements for the protection of water, soil and air from pollution caused by agricultural activities” are binding if fast-growing woody crop plantations are expected to be fertilized with sewage sludge, mineral fertilizers, or digestate.

Normative and planning documents stipulate to support and promote the production of renewable energy resources, including the production of wood biomass in fast-growing woody crop plantations.

## **2. WILLOW, HYBRID ASPEN AND GREY ALDER WOODY CROP PLANTATION GROWING MODELS AND AGROTECHNOLOGICAL CRITERIA EVALUATION FOR GROWING IN UNUSED AGRICULTURAL LANDS IN LATVIA**

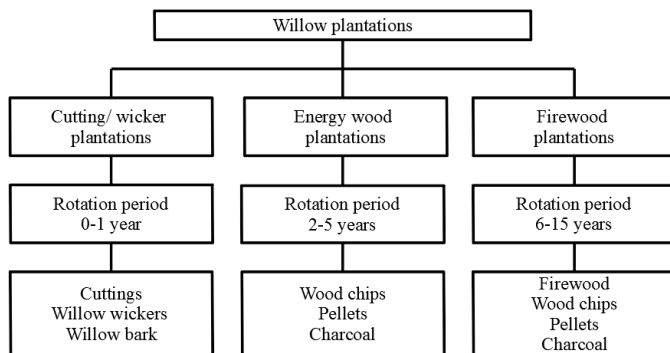
The volume of the chapter is 19 pages, with 3 tables and 5 figures. *Proposed thesis: Willow, hybrid aspen and grey alder are suitable woody crop species to Latvian climatic conditions and agrotechnological criteria to be used in fast-growing woody crop plantations in Latvia.*

The second chapter evaluates and summarizes information on the types of fast-growing woody crop plantations and their establishment's main principles.

Models of willow, hybrid aspen, grey alder woody plantations and agro-technological criteria for their establishment in Latvia are analyzed.

## 2.1. Willow plantations

Willows are considered one of the most promising species used in fast-growing woody crop plantations on agricultural land in the Northern European region (Hall, House, 1994). Plantations diversify the rural landscape and show a positive CO<sub>2</sub> balance (Gonzalez-Garcia et al., 2012). Willows show high yields and a relatively significant increase in biomass compared to other tree species (Mola-Yudego, 2010). Willows are one of the most suitable fast-growing woody species for biomass production, basket making, wicker furniture, and urban landscaping. Willow plantations by type of use is shown in Figure 1.



Source: author's construction according to the used literature

Fig. 1. Willow plantation types according to usage.

**Willow cuttings** are used for the propagation and sale of planting material. The rotation period of plantations usually does not exceed one year. The selected willow varieties are certified by the Community Plant Variety Office (CPVO) and are protected by Council Regulation No. 2100/94. Without a breeder's permit, a willow grower is prohibited from producing seedlings, producing seedlings for planting, improving the quality of seedlings, selling or otherwise placing them on the market, storing and exporting them outside the EU (Selekcioneņo kārklu stādmateriāls..., 2017). In some cases, cuttings show up to 20 times higher economic income than wood chips (Stolarski et al., 2017). This willow plantation type is not widely practiced in Latvia.

**Willow wickers** are used to produce various wickerwork (furniture, baskets, boxes) and decorative elements (fences, decorations, statues). Willow wicker is grown for one year, harvested every autumn, and prepared for

weaving during the winter. Harvesting takes place once a year, from late autumn to early spring. Part of the collected material can be used as planting material for new plantings or traded.

**Willow energy wood plantations** are the primary use of willow. Willows are the most widely used tree species in energy wood plantations in Europe. The main reasons for their mass use are high yields in a relatively short period and simple and easy regeneration of plantations with shoots after biomass harvesting (Perttu, 1999). Willow seedlings are planted once during the plantation life. After each biomass harvest, they grow from stem shoots. Planting density is 12 000 to 15 000 seedlings per hectare and rotation period 3 to 5 years (Helby et al., 2006). It is unnecessary to restore the planting after each harvesting cycle. It occurs naturally with stem shoots (Lazdiņa, 2009). Usually, the plantation is grown for 25 years. The average productivity of willow plantations in Latvian conditions is 8-12 odt ha<sup>-1</sup> year, in some cases up to 30 odt ha<sup>-1</sup> year (Zalewski, Wagner, 2005; Lazdiņa, 2009, Mola-Yudego, 2010, Technical guide short..., 2010, Larsen et al., 2014). Studies show that willow short rotation coppice growing is economically justified if the biomass growth is at least 8-9 odt ha<sup>-1</sup> year (Rosenqvist, Dawson, 2005). In recent years, various willow clones have been tested in Latvia to select the most suitable clones for Latvian conditions.

Willow plantations with a continuous area of more than 10 hectares are harvested mechanized using combines, where harvesting and shredding (chipping) take place simultaneously. The purchase or rental of such equipment is usually expensive and not always available due to the small number of available equipment and the time of use, which usually overlaps for many plantation owners. Generally, such machines have a maximum tree diameter (5-8 cm) that they can cut, limiting the growing time of plantations to 4 years. In this method, biomass is usually not stored or dried in the field, so it is realized with relatively high moisture content (Berhongaray et al., 2013). Such machines' productivity can reach 25-35 tons of green biomass production per productive machine hour (Spinelli et al., 2009; Schweier, Becker, 2012). Due to the cost of purchasing equipment and high productivity, these machines are recommended for use when the total planting area exceeds 300 ha (Scholz et al., 2009). In Latvia, such machines are used in large willow plantations.

Willow plantations with a continuous area of less than 10 hectares are usually harvested manually using hand tools (brush cutters). This method involves harvesting, storing, and drying the biomass at the edge of the field and then chipping it. Harvesting is done manually using brush cutters, which do not impose restrictions on the trees' maximum diameter. Therefore, if it is not possible to harvest the area after 4 years, it can be done later. Agricultural or

forestry machinery is used to transport biomass to the edge of the field, and chipping is performed with mobile chippers.

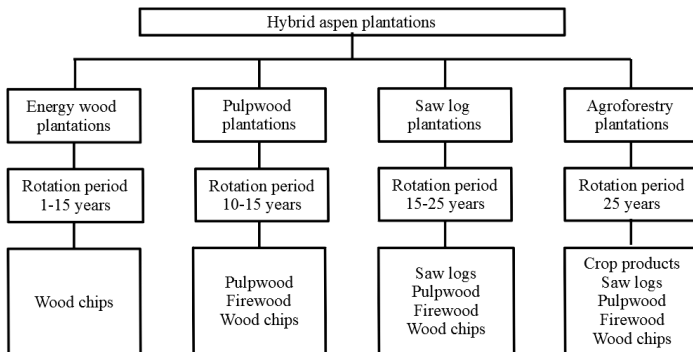
**Willow firewood plantations** are mainly used in Southern European countries, less in Central and Northern Europe. No specialized equipment is required for the establishment and management of plantations. Firewood is obtained using the shooting method or the pruning method. In Latvian conditions, willow firewood plantations are not practiced because willow energy wood plantations are more economically justified.

In the Northern European region, willows are considered a promising species for fast-growing woody crop plantations. Compared to other woody species, willows show high biomass growth rates in a relatively short period. Willow plantations for energy wood products are the most used plantation type in Europe and the most suitable for Latvian conditions.

## 2.2. Hybrid aspen plantations

Plantations of hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) in Latvian conditions can be used as short rotation coppice plantations where the main product is wood chips, or as timber plantations where the main product is pulpwood and saw logs.

Previous research on the cultivation of hybrid aspen on agricultural land in Latvia shows an increase in biomass to 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of wood per year in 15 years old plantations (Zeps, 2017). Depending on the type of use, hybrid aspen plantations can be divided into energy wood, pulpwood, saw log or agroforestry plantations, which are summarized in Figure 2.



Source: author's construction according to the used literature

Fig. 2. Hybrid aspen plantation types according to usage.

The main goal of **energy wood plantations** is to obtain as much biomass as possible in the shortest possible time. To ensure maximum financial return, the



rotation period of energy wood plantations is usually 10 to 15 years. More often, 2400 to 4000 seedlings per hectare are planted, and planting occurs in one row (Zeps, 2017). In hybrid aspen plantations in Sweden with a life span of 4 years, biomass growth reached 9 odt ha<sup>-1</sup> year (Rytter, 2006). In Latvia's plantations with an initial density of 2500 trees ha<sup>-1</sup>, the average stock at age 10 was 160 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, and the average stock of the 5 most productive clones reaches 230 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Zeps, 2017). In Latvia, hybrid aspen energy wood plantations are not grown, mainly due to high planting material prices, making growing economically unprofitable.

The **hybrid aspen pulpwood plantation** rotation period in Latvian conditions is 10-15 years, and the initial tree planting density is 1100-1600 trees ha<sup>-1</sup> (Tulus et al., 2007; Rytter, Stener, 2012; Tullus et al., 2012a; Zeps, 2017). Biomass increment 7-15 odt ha<sup>-1</sup> year grown for 10-20 years (Technical guide short..., 2010). Hybrid aspen wood fibers form a mechanically durable paper, which indicates the suitability of hybrid aspen wood to produce high value added paper products (Zeps et al., 2012). Usually, plantations' lifespan in Latvian conditions is 2 cycles, where the second is restored with shoots. In Latvia's plantations with an initial density of 1100 trees, the average stock at the age of 15 is 246 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, and the average stock of the 5 most productive clones reaches 285 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Zeps, 2017).

The **hybrid aspen saw log plantation** rotation period in Latvian conditions is 20 years, and the initial tree planting density 800 trees ha<sup>-1</sup>. If it is planned to grow saw log plantations with thinning, it is performed at the age of 15, and the initial density is 1100 trees ha<sup>-1</sup> (Zeps, 2017). Usually, the lifespan of plantations is 2 cycles, where the second movement is restored with shoots. In plantations grown in Estonia, biomass in 25 year old plantations reached 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year, in the same age plantations in Sweden on average 12 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> year (Beuker, 2000; Tullus et al., 2012a). Studies in Estonia show that plantations of hybrid aspen reach the highest internal rate of return (IRR) at 26-34 years, if the initial planting density is 1300 trees per hectare (Tullus et al., 2012b). In Latvian conditions, the highest return on investment is for saw log plantations. In the management model, where plantations are cultivated with thinning at the age of 15, timber sold from thinning covers 75% of the establishment costs (Zeps, 2017). Saw log plantations are the most widely used hybrid aspen plantation type in Latvia.

**Agroforestry plantations** is a form of biomass production that involves the successive cultivation of grasses and trees in one area for a certain period. It can be seen as a combination of forestry and agricultural practices in one area, creating a productive land management system that provides an economically sound, socially responsible, and environmentally friendly way of using the land. According to Somaribba (1992), in order for a land use to be recognized

as agroforestry, three primary conditions must be met: at least two biologically interacting plant/tree species are grown on the area, at least one is a perennial tree species, and at least one is an annual or a perennial plant species used for the production of fodder, food or biomass. Agroforestry plantations provide an opportunity to increase the total income by selling several products from one unit of land (Feldhake et al., 2008). The main benefits are a better use of resources, reduced competition for nutrients, and trees' ability to survive periods of drought when planted with plants. (Bardule et al., 2013). Successful planting requires good knowledge of agriculture and forestry and knowledge of the characteristics of the species grown (Filius, 1982). The use of agroforestry plantations allows to differentiate income, where in the first years it is possible to earn income from plants, but income from wood sales is obtained later. In Latvia, agroforestry plantations have been established only for scientific research.

Hybrid aspens are recommended to be planted on abandoned and unused agricultural land. Such lands tend to have high concentrations of nutrients from past fertilization and can be successfully used by trees in the first years after planting (Hoffman-Schielle et al., 1999; Ritter et al., 2003). Due to the previous use of the land in agriculture, which includes regular tillage (plowing, discing, harrowing, cultivation), the top layer is sufficiently loose and evenly mixed, which is a prerequisite for the successful growth of aspens (Messing et al., 1997; Wall, Heiskanen, 2003). In Latvia, unused agricultural land could be used for biomass production by establishing hybrid aspen plantations. Previous studies on hybrid aspen cultivation in Latvia show an increase in biomass to 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> per year in 15 years old plantations, which confirms this tree species' potential and makes these plantations suitable for growing in Latvia.

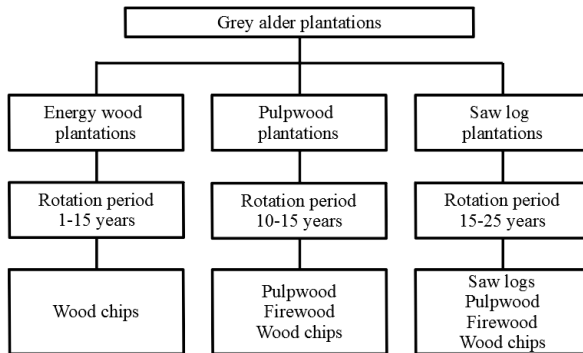
### **2.3. Grey alder plantations**

Grey alder (*Alnus incana* L.) in the boreal forest zone is considered one of the fastest growing tree species from which it is possible to obtain timber or use it as a renewable energy resource production of energy wood (Daugaviete, 2010). In Latvia, grey alder is mainly grown on forest land, while agricultural land is mainly cultivated with already forested grey alder areas.

Grey alder stands are characterized by the rapid wood mass increment in a short period, high resistance to diseases, pests, animal damage, climate change, and the ability to regenerate with shoots. These characteristics make this species suitable for fast-growing woody plantations (Pregent, Camire, 1985; Johansson, 1999; Daugaviete, 2006; Daugaviete, Daugavietis 2007; Daugaviete et al., 2009; Uri et al., 2010; Daugavietis et al., 2011; Hytonen, Saarsalmi, 2015). Compared to other fast-growing tree species, grey alder can attract

atmospheric nitrogen (Granhall, Verwijst, 1994), which reduces the intensity of plantation fertilization.

Growing grey alder in plantations, three management scenarios are possible: energy wood, pulpwood, and saw log plantations, shown in Figure 3.



Source: author's construction according to the used literature

Fig. 3. Grey alder plantation types according to usage.

It is recommended to plant grey alder in fertile clay and loamy soils, where it shows high productivity, while it is necessary to avoid planting in moist and poor soils, where it forms a bush (Ozols, Hibners, 1927). Tree growth is influenced by planting density, mineral availability, water regime, and average temperature (Bārdulis et al., 2015). Grey alder plantations on agricultural land are mainly used to produce energy wood (wood chips) and pulpwood, less for saw logs.

In Latvia, wood chips from grey alder are primarily obtained from overgrown agricultural lands by cleaning them or logging residues after the main felling in forest lands. By changing the number of trees planted, plantations can be used to produce energy wood or pulpwood. If pulpwood is grown in the plantation, then assortments that do not meet pulpwood standards can be used as energy wood. Large-scale, purposefully established grey alder plantations on agricultural land in Latvia in 2020 have been established on small (less than 50 ha) areas.

Research on the use of grey alder in woody plantations in Latvia was first started in 1978. The research compared different methods of plantation fertilization, soil preparation, and planting material cultivation. The research was discontinued after the first results were obtained and was not continued (Igaunis, 1982; Katkevich, 1985; Katkevic, Lukashunas, 1986). In the plantations established on agricultural land in 2008, after the first two years, it was found that the type of containers used for growing the planting material

significantly affects the growth rates of the trees. (Liepins, Liepins, 2010). In the first 3-4 years of planting, faster plant growth is essential to ensure that the plantations are better preserved and not overwhelmed by the surrounding grasses.

From 2005 to 2009, Latvian State Forest Research Institute "Silava" (LSFRI Silava) carried out research to test the suitability of grey alder for **energy wood production** with different life spans on agricultural lands (5, 10, and 15 years). In Latvian conditions, the dry biomass of annual shoots in forest lands reaches 1.3-3.2 t ha<sup>-1</sup>, but of biennial 3.4-5.5 t ha<sup>-1</sup> (Daugaviete et al., 2009). In other studies, the dry biomass of 1 year old shoots is 0.9-7.7 t ha<sup>-1</sup>, 2 years old 2.2-23.6 t ha<sup>-1</sup>, 3 years old 5.2-28.9 t ha<sup>-1</sup>, 4 years old 7.3-57.4 t ha<sup>-1</sup> and 5 years old 15.2-64.4 t ha<sup>-1</sup> (Daugaviete, 2011). Depending on the soil fertility, the stock of overgrown agricultural land in 5 years old plantations is 8-32 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (20-97.5 m<sup>3</sup> of wood chips), 10 years old 20-102 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (50-255 m<sup>3</sup> of wood chips), and 15 years old 34-178 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (85-445 m<sup>3</sup> of wood chips). The number of trees in 5 years old plantations was 4000-10 000, 10 years old 2339-5192, and 15 years old 1709-3539 (Daugaviete et al., 2015). The studies confirmed the suitability of grey alder for use in fast-growing woody plantations on agricultural land.

At the age of 20, the average growth of wood decreases (Aossar et al., 2012). Therefore, for the production of energy wood, it is recommended to harvest at the age of 15-17, where the number of trees should exceed 3000 trees ha<sup>-1</sup> (Uri et al., 2008; Miezīte, Dreimanis, 2013; Klovāne, 2015). This number of trees is optimal in plantations established on overgrown agricultural lands during the initial thinning of plantations. In purpose-built plantations that provide for the use of specially grown planting material, the number of trees at the age of 15-17 usually does not exceed 2000 trees ha<sup>-1</sup>.

When choosing to grow grey alder for **pulpwood and saw logs**, the optimal rotation period should not exceed 20-25 years. Biomass growth in such managed areas reaches 6-10 odt ha<sup>-1</sup> year (Technical guide short..., 2010). Plantations should be maintained by the age of 5, and the number of trees left after maintenance should be 2000 trees per hectare (Johansson, 1999; Uri et al., 2014). To establish a plantation on agricultural land, the minimum number of trees must be 800 trees per hectare (Forest Restoration, Forest..., 2012). In studies in Scandinavia and the Baltic States, the wood stock in 15-20 years old stands is 98-226 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Aossar et al., 2012). In Latvia, in grey alder stands on forest lands, the wood stock at the age of 40 can reach 410 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Miezīte, Dreimanis, 2013) and at the age of 25 can reach 250-400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, where 50-70% of the wood is timber (Daugaviete, Daugavietis, 2008).

Some studies show that grey alder is not suitable for a very short rotation period and the optimal growing period is 20 years (Hytonen, Saarsalmi, 2015),

while in other studies, high wood growth also remains after 20 years (Uri et al., 2014). In Latvian conditions, the rotation period of plantations should not exceed 30 years.

Grey alder plantations on agricultural lands are mainly used in the production of energy wood and pulpwood, less in the production of saw logs. At the beginning of 2020, purposefully planted grey alder plantations on agricultural lands have been established primarily on areas intended for scientific purposes. The information obtained in the research carried out by Latvia and other countries concludes that grey alder is a suitable tree species for fast-growing woody crop plantations on agricultural lands.

#### **2.4. Evaluation of agrotechnological criteria for the establishment of fast-growing woody crop plantations**

To successfully establish fast-growing woody crop plantations, it is necessary to consider some criteria that may affect the successful establishment of plantations. The criteria allow selecting the most suitable tree species in the specific area where the plantations are planned and checking whether the selected woody crop species are suitable for growing in the specific area. Criteria related to meteorological factors are essential to ensure plant viability and seedling growth. Criteria related to the area's location and condition are essential to predict plantations' economic return, the viability of plantations, and stable biomass growth. Management criteria are essential to select the species of woody crops and plantation type in a given area.

Areas with an average annual air temperature of 7°C and an average temperature in vegetation time of more than 13°C are ideal places for willow, hybrid aspen, and grey alder plantations (Technical guide short..., 2010). The average annual air temperature in Latvia, according to the information provided by the Latvian Environment, Geology and Meteorology Center (LEGMC), is 5.9°C.

Meteorological and soil characteristics criteria are the primary determinants of fast-growing woody crop growth. These criteria must be considered when choosing the plantations' location and the most suitable woody crop species.

Water regime and rainfall in the area are essential factors in the successful cultivation and management of plantations (Zālītis, 2005). Suitable annual rainfall for willow and hybrid aspen plantations is 600-1000 mm per year and, during the growing season, over 300 mm. For grey alder, the annual rainfall should be above 1000 mm and during the growing season above 480 mm (Lazdiņš et al., 2005; Technical guide short..., 2010). According to the information provided by the LEGMC, the average annual rainfall in Latvia is 600-700 mm.

Plantations can be planted in clay and sandy soils. Soils with a well-formed grainy structure are suitable, while unstructured and massive (dense) soils should be avoided (Lazdiņš et al., 2005). Soils with shallow groundwater levels are unsuitable (Growers guide to..., 2006). Suitable soil acidity (pH) for plantations is from 5.5 to 8 (Lazdiņš et al., 2005; Growers guide to..., 2006). A pH of 5.5-6.5 is suitable for willow plantations, 5.5 for aspen, and 4.5 for grey alder (Technical guide short..., 2010). In general, climatic conditions and soils are suitable for growing fast-growing woody crops in Latvia.

When setting up a plantation, the terrain of the area must be considered. To ensure safe biomass extraction, the field's slope should not exceed 7-10% and the area should be flat, without large depressions (Growers guide to..., 2006). Areas with a high slope are not suitable for large-scale willow plantings when planting, and harvesting is carried out mechanized, especially in wet conditions, making it difficult for the mowing tractor and chipper to move. Willow harvesters cannot work if the slope exceeds 15% (Lazdiņš et al., 2005; Schweier, Becker, 2012a). In plantations where the main product is timber and forest machinery is used, the area's slope may exceed 10% (Schweier, Becker, 2012b). The plantation can be established in areas with high stoniness. If possible, large stones that may interfere with the plantation management are recommended to be removed before planting.

The agricultural land quality depends on soil type, soil mechanical components, bedrock, soil acidity, drainage system, stoniness, and relief. The weighted average quality assessment in Latvia is 38 points (maximum 100 points), which is considered the minimum fertility level of agricultural land to ensure commercially viable agriculture. Of all agricultural land, 41% are areas with fertility below 35 points and 4% areas with fertility above 55 points (Zemes politikas plāns..., 2016). According to experts, agricultural land afforestation is desirable in areas where quality assessment is lower than 25 points (Ex-ante novērtējums Lauku..., 2013).

A larger continuous plantation is more economically advantageous, and the minimum recommended willow plantation is 3-5 ha, preferably 10 ha (Lazdiņš et al., 2005; Growers guide to..., 2006). The use of smaller plantations is justified when the plantations are located close to each other or trees with a more extended rotation period (10-25 years) are grown in them.

To improve the plantations' productivity, it is recommended to improve the soil before planting and after harvesting. During one year of growing willow plantations consume on average 60-100 kg of nitrogen (N), 10-15 kg of phosphorus (P) and 35-50 kg of potassium (K). To improve the productivity of plantations, the recommended fertilizer doses are 100-200 kg N, 20-40 kg P and 100-200 kg K per hectare per year (Lazdiņa, Lazdiņš, 2008). A dose of 3-5 years is included in one fertilization time (Lazdiņš et al., 2005). It is

recommended to perform soil analyzes before planting to determine the exact fertilizer rates. The most widely used improvers in plantations are mineral fertilizers, stabilized wood ash and sewage sludge. Transport distance should not exceed 50 km (Lindh et al., 2003), except for mineral fertilizers, which are more compact to transport than sewage sludge and wood ash.

Labor in plantation maintenance is needed periodically and is not needed full time. Soil preparation before planting is no different from traditional agricultural tillage, so no additional staff training is required. Plantations harvest during the winter, which allows the use of labor during periods when traditional agricultural products are not produced.

The primary wood products from woody crop plantations are saw logs, pulpwood, and wood chips. Saw logs are mainly used in wood processing companies in Latvia, while pulpwood is exported. Wood chips are mainly used in local boiler houses for the production of heat or electricity. The economic return of plantations can be increased by reducing the distance of product transportation. Willow plantations are recommended to be established within a radius of 50 km from the place of consumption (Lazdina, Lazdins, 2008). For longer rotation period plantations of 15-20 years, this distance can be up to 150 km.

Adherence to the criteria allows choosing the most suitable woody crop species for the specific area and the most appropriate management system, determining the plantations' future economic viability.

### **3. WILLOW, HYBRID ASPEN AND GREY ALDER WOODY CROP PLANTATION ECONOMIC EVALUATION AND AMOUNT OF BIOMASS TO BE OBTAINED IN POTENTIAL AREAS IN LATVIA**

The volume of the chapter is 47 pages, with 16 tables and 18 figures. *Proposed thesis: 1) Willow, hybrid aspen and grey alder fast-growing woody crop plantations can be an economically justified way to manage unused agricultural lands in Latvia. 2) In Latvia there are available unused agricultural lands that are not suitable for growing agricultural crops but can be used for obtaining wood biomass in fast-growing woody crop plantations, increasing the share of renewable energy resources in the total energy balance of Latvia.*

In the third chapter willow, hybrid aspen and grey alder fast-growing woody crop plantation growing models suitable for Latvian conditions are developed and described. Economic calculations of plantation establishment, management, and harvesting are described. Potential areas in Latvia's regions

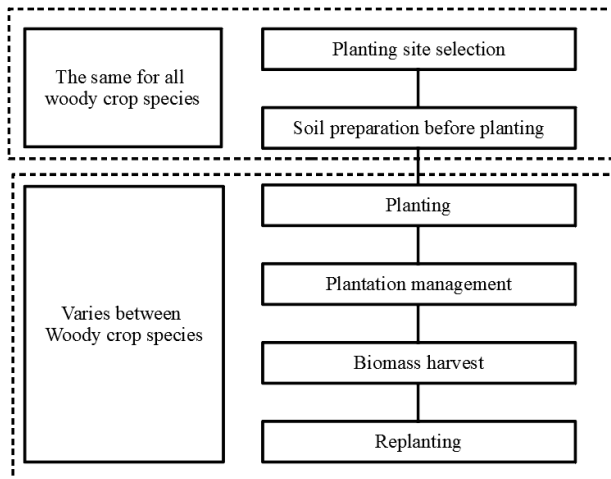
that would be suitable for establishing fast-growing woody crop plantations are identified. The potential wood resource obtained if fast-growing woody plantations grown in the potential areas has been calculated.

### 3.1. Evaluation of economic profitability for fast-growing woody crop plantations in Latvia conditions

One of the efficient ways of managing non-used and abandoned agricultural land in Latvia is establishing fast-growing woody crop plantations.

The accounting of short rotation woody plantations in Latvia started in 2010. Willow, aspen, and grey alder plantations are declared as short rotation woody plantations if the rotation period does not exceed 5 years. The most declared areas of short rotation coppice were registered in 2019, in total 874 ha, where 622 ha of willow, 247 ha of aspen, and 5 ha of grey alder. Declared areas have increased by 86.9% during the last 9 years (2010-2019), while during the last 5 years (2014-2019) by 40.4%.

Some activities, such as planting site selection and soil preparation before planting, do not differ between woody crop species and growing models. Other activities: planting, management, biomass harvest, and replanting vary between woody species and are described in the subchapters under the economic assessment of tree species. Fast-growing woody crop plantation establishment and management scheme is shown in Figure 4.



Source: author's construction according to the used literature

Fig. 4. Fast-growing woody crop plantation establishment and management scheme.



The removal of vegetation should precede planting if the area has not been used for agriculture for some time or is overgrown with shrubs. Such areas are most often chosen for woody plantations, as established and cultivated agricultural land is usually used to produce other agricultural crops.

The average soil preparation cost per hectare of fast-growing woody crop plantations before planting in Latvia in 2015-2019 was 667.45 EUR ha<sup>-1</sup>. In 2019, the soil preparation costs were 691.23 EUR ha<sup>-1</sup>, which in comparison with 2015 is +6.7%. Comparing the service prices in 2019 with the average prices in 2015-2019, they are 3.7% higher, which is considered an insignificant price rise. The calculations of the study use the average prices of agricultural services in Latvia in 2015-2019. The costs of planting are met once during the cultivation of the plantations.

### 3.1.1. Willow plantation economic evaluation

When establishing willow plantations, after selecting the area's location and soil preparation, the area is planted. Site planting includes planting material (seedling) and planting costs. It is recommended to plant by hand in small areas (up to 1 ha). In larger areas, a planting machine or other equipment adapted for planting willow cuttings should be used. The calculations assume that 13 000 seedlings are used to plant one hectare, which is the optimal number of seedlings in Latvian conditions.

The total cost of installing one hectare of willow plantations is 865.00 EUR, of which 650.00 EUR (75%) is the cost of planting material and 215.00 EUR (25%) is the cost of planting service. In planting, selected cuttings are used, and planting occurs using mechanized planting equipment.

In Latvia, it is possible to use an extensive or intensive plantation management model in willow plantations.

The **extensive willow management model** is used in areas with a total area size up to 5 hectares or in cases where harvesting techniques are not available. The plantation life span is 25 years, one rotation period is 4 years, the first harvest is obtained in the 5<sup>th</sup> year of the plantation, and 6 biomass harvests are carried out. The area is fertilized before planting with fertilizers and is not fertilized during further management of the plantation. Plantation harvest can be done by hand or using a harvesting machine. It is possible to receive a single area payment (SAP) and greening payment (GP) for growing willow plantations.

The **intensive willow management model** is used in areas with a total area size of over 5 ha. Intensive management is used if harvesting techniques are freely available or there is a large concentration of small areas (distance between different willow plantations up to 5 km). The plantation life span is 25 years, one rotation period is 3 years, the harvest is obtained in the 4<sup>th</sup> year of

the plantation, and 8 biomass harvests are carried out. In an intensive willow management model, biomass harvest is done by special harvesting machines. It is possible to receive a single area payment (SAP) and greening payment (GP) for growing willow plantations.

The real estate tax (RET) included in the calculations is 7.67 EUR ha<sup>-1</sup> per year. The calculations of the study assume that the land is owned and the land rent is not paid. The plantation administrative costs are 5.00 EUR ha<sup>-1</sup> per year.

In willow plantations, trees grow in rows, which facilitates their harvest compared to naturally overgrown areas, where trees grow chaotically (Sarmulis, Seveljevs, 2015). In order to obtain willow biomass in Latvia, the manual harvesting method or the mechanized harvesting method is used.

The **manual willow biomass harvesting method** is used in small plantations with a total continuous area of up to 5 hectares. Willow moving is done using handheld power tools – chainsaw or brushcutter. The trunks' transport to the edge of the field is performed using a small class forestry tractor or an adapted agricultural tractor with a trailer adapted to transport the trunks. Trunk chipping is performed on the field's edge with mobile chippers, filling the biomass into delivery machines. Extensively managed plantations use the manual willow biomass harvesting method.

The **mechanized willow biomass harvesting method** is used in plantations with a total continuous area of more than 5 hectares. In harvest, specialized harvest machines are used, where the moving is carried out together with chipping. The chipped biomass is stored in open piles on the edge of the field for some time, where it dries before further transportation. Intensively managed plantations use the mechanized biomass harvesting method.

With mechanized willow biomass harvesting method, biomass harvest cost is 3.00 EUR loose m<sup>3</sup>, while using the manual biomass harvesting method 4.19 EUR loose m<sup>3</sup>, which is 43% more. Both willow biomass harvesting methods can be combined in areas where parts of the area cannot be harvested with a specialized harvester machine due to excessive moisture, large trunk diameter, stoniness, or other conditions.

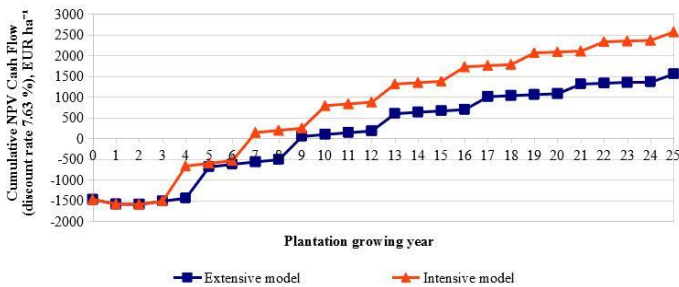
In the extensive model, the biomass increase in one year is 7 odt ha<sup>-1</sup>, which is 54.01 loose m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of wood chips. Willow mowing occurs once in 4 years, where the total amount of wood chips in one mowing is 216.05 loose m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. In total, there are 6 harvests during plantation lifespan, where the total amount of wood chips obtained is 1296.30 loose m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

In the intensive model, the biomass growth in one year is 8 odt ha<sup>-1</sup>, which is 61.73 loose m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of wood chips. Annual biomass increase in the intensive management model is higher than in the extensive model, as the plantations are fertilized with wood ash after each biomass harvest, promoting the growth of biomass. Willow mowing occurs once in 3 years, where the total amount of

wood chips in one mowing is 185.19 loose m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. In total, there are 8 harvests during plantation lifespan, where the total amount of wood chips obtained is 1481.48 loose m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

The highest costs in both models are harvesting costs, 67% in the extensive model and 58% in the intensive model. Studies by other authors have found that willow harvesting costs account for 35 to 65% of the plantation cost during their lifetime (Schweier, Becker, 2012a; Ehlert, Pecenka, 2013).

The selling price of wood chips in the calculations is 9.38 EUR loose m<sup>3</sup>, the average purchase price for wood chips in 2015-2019 in Latvia (Koksnes cenu datu..., 2015-2019). The projected cash flow of willow plantations during their lifespan is the difference between income and expenses, to which a discount rate of 7.63% is applied. The discount rate used in the calculations is applied according to the Treasury discount rate calculator according to the following parameters – type of transaction: “Determination of the fair value of long-term investments”; type of economic activity: “Livestock/agriculture”; currency: Euro; period: 4<sup>th</sup> quarter of 2019 (Diskonta likmes, 2020). To better compare the two willow plantation models, the cumulative Net Present Value (NPV) cash flow is shown in Figure 5.



Source: author's construction

Fig. 5. Willow plantation cumulative NPV cash flow during plantation lifespan in Latvia on average in 2015-2019, EUR ha<sup>-1</sup>.

Applying the discount rate of 7.63%, the cumulative NPV cash flow for extensively managed willow plantations during their lifetime is 1561.91 EUR ha<sup>-1</sup>, while for intensively managed willow plantations 2576.64 EUR ha<sup>-1</sup>, which is 65% more. Comparing willow plantation models, intensively grown willow plantations show a higher cumulative NPV cash flow over their lifetime.

Several authors (Kuemmel et al., 1998; Goor et al., 2000; Webb et al., 2009; Konstantinaviciene et al., 2020) have used the NPV method to characterize

different types of biomass production plantations. When choosing between different alternatives, preference is given to the project with the highest NPV value. When evaluating willow cultivation models during their lifespan (25 years) according to the NPV method, both models show a positive NPV value, which indicates a return on initial investment when choosing to grow willow plantations.

The payback period, NPV, and internal rate of return (IRR) were calculated for evaluating and comparing willow plantation management models, shown in Table 1.

Table 1

**Willow plantation economic indicators during plantation lifespan of 25 years in Latvia in 2015-2019**

<b>Willow plantation models</b>	<b>Payback period, years</b>	<b>NPV, EUR ha<sup>-1</sup></b>	<b>IRR, %</b>
Extensive management model	8.9	1561.91	15.0
Intensive management model	6.8	2576.64	19.3

*Source: author's calculations.*

The intensive management model shows a faster payback period of 6.8 years, which is 2.1 years faster than the extensive model of 8.9 years. A faster payback period guarantees a faster return on investment, which is an essential factor when choosing to set up fast-growing woody crop plantations or choosing a willow plantation management model. For both willow models, the payback period is shorter than the growing time of willow plantations (25 years), which indicates the economic profitability of willow plantations.

According to Vandenhove et al. (2002) and Tharakan et al. (2005), when evaluating fast-growing woody plantations in parallel with the value of NPV, it is useful to calculate the IRR. The value shows at which discount rate NPV = 0. The results show that the lowest discount rate at which it pays to install intensively managed plantations in Latvia is 19.3%, and extensively managed plantations 15%.

To compare different variable's effects on NPV value, sensitivity analysis was done. In both willow management models, the most significant impact on the NPV value is the price of wood chips and the annual increase in biomass. In order to reduce the NPV value of plantations to 0.00 EUR ha<sup>-1</sup>, which would mean that income and expenses during planting are the same, the price of wood chips in the extensive planting model should decrease by 34.2% and be 6.18 EUR loose m<sup>3</sup>, while in the intensive cultivation model it should decrease by 47.7% and should be 4.92 EUR loose m<sup>3</sup>, instead of the current 9.38 EUR loose m<sup>3</sup>. The second most important variable in both plantation

models is the annual biomass increase. This variable depends on the yield of willow clones and the management of plantations. By choosing certified willow planting material (cuttings) and managing the plantations properly, the annual increase in biomass must be sufficient to not fall to the point where the economic return on the plantations is negative.

At the end of the plantation lifespan, the area can be returned to other crops by recultivation, or willow cultivation can be continued by replanting.

### 3.1.2. Hybrid aspen plantation economic evaluation

One of the most promising tree species in fast-growing woody crop plantations in the Baltic region is hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.), where they show high biomass increments planted on abandoned agricultural lands (Tullus et al., 2012a). The study analyzes 3 different hybrid aspen cultivation models: hybrid aspen woody and agroforestry plantations and plantation forest.

The rotation period of the **hybrid aspen woody plantation** is 15 years (the plantation is grown with 2 rotations), and the total lifespan of the plantations is 30 years, after which the plantation is renewed. Plantations are grown to obtain pulpwood, firewood, and wood chips.

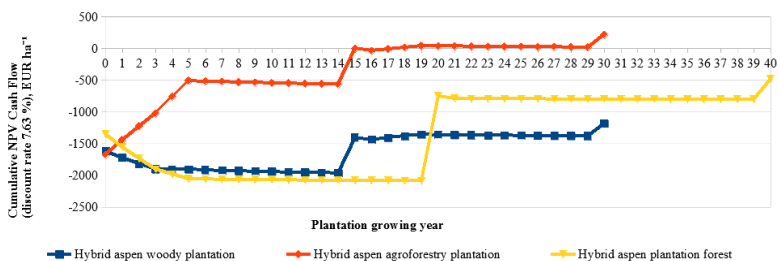
The rotation period of the **hybrid aspen agroforestry plantation** is 15 years (the plantation is grown for 2 rotations), and the whole plantation lifespan is 30 years, after which the plantation is renewed. Agroforestry plantation involves growing trees and grasses simultaneously in the same area for a certain period. After a certain period, usually 5 years, the grasses are not reseeded, and only trees are grown till biomass harvest. For the first 5 years of the study, reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) is grown together with hybrid aspen, seeds harvested and sold.

The rotation period of the **hybrid aspen plantation forest** is 20 years (the plantation is grown for 2 rotations), and a total plantation lifespan is 40 years, after which the plantation is renewed. It is impossible to receive SAP and GP payments for growing plantations if registered as a plantation forest, but no RET has to be paid because the plantation is qualified as forest young stand. The timber is harvested using forestry machines. Plantations are grown to obtain saw logs, pulpwood, firewood, and wood chips.

The calculations in the study assume that the land is owned and no rent is not paid. The administrative costs in the study are assumed to be 5.00 EUR ha<sup>-1</sup>. The methodology for calculating RET is described under willow management and is 7.67 EUR ha<sup>-1</sup>.

The cultivation of hybrid aspen woody plantations and plantation forests generates income from the sale of timber. When growing agroforestry plantations, in addition to the sale of wood, the income for the first 5 years is

obtained by selling reed canary grass. In woody and agroforestry plantations for the first 5 years at the beginning of the rotation period, revenues are also received from SAP and GP payments, while support payments for hybrid aspen plantation forests are not received. To better compare the hybrid aspen plantation models, the cumulative Net Present Value (NPV) cash flow is shown in Figure 6.



Source: author's construction

Fig. 6. Hybrid aspen plantation cumulative NPV cash flow during plantation lifespan in Latvia on average in 2015-2019, EUR ha<sup>-1</sup>.

Applying the discount rate of 7.63%, the cumulative NPV cash flow over the plantation lifespan of the hybrid aspen woody plantation is -1184.63 EUR ha<sup>-1</sup>, the plantation forest is -484.22 EUR ha<sup>-1</sup> and the agroforestry plantation is 215.31 EUR ha<sup>-1</sup>, which is the only type of hybrid aspen plantation showing positive cash flow. Under the current circumstances, when the average service and sales prices for 2015-2019 are used, aspen woody plantations and plantation forests are not economically justified and make it necessary to evaluate the usefulness of growing such plantations from the economic point of view.

The payback period, NPV and IRR were calculated for evaluating and comparing hybrid aspen plantation management models, shown in Table 2.

Table 2

Hybrid aspen plantation economic indicators during plantation lifespan in Latvia in 2015-2019

Hybrid aspen plantation models	Payback period, years	NPV, EUR ha <sup>-1</sup>	IRR, %
Hybrid aspen agroforestry plantation	17.4	215.31	9.1%
Hybrid aspen plantation forest	No payoff	-484.22	6.4%
Hybrid aspen woody plantation	No payoff	-1184.63	2.6%

Source: author's calculations.

Hybrid aspen plantation forests and woody plantations do not earn the funds invested in their establishment, but the payback period of hybrid aspen agroforestry plantations is 17.4 years. This is possible due to growing reed canary grass parallel to trees in the first 5 years, where additional income is generated from the grass seed sales. This income can be obtained at the beginning of the plantation lifespan, so that part of the investment can be recouped quicker than in traditional tree growing where the first income is after 15-20 years.

The hybrid aspen agroforestry plantation shows a positive NPV value of 215.31 EUR ha<sup>-1</sup>, which indicates the recovery of the initial investment by choosing to grow agroforestry plantation using a discount rate of 7.63%. The woody plantation and the plantation forest show a negative NPV value, which means that these plantations' cultivation is not economically justified.

The calculated IRR value concludes that the lowest discount rate at which it pays to establish agroforestry plantations is 9.1%, plantation forests 6.2% and woody plantations 2.6%. In Estonian hybrid aspen plantations IRR ranges from 5.7-8.1%, while in Sweden, around 10% (Rytter et al., 2011; Tullus et al., 2012b). The obtained results state that the cultivation of hybrid aspen plantations in the Nordic countries is an economically viable use of agricultural land.

Hybrid aspen plantation forest growing can be profitable if SAP and GP payments can be received for the entire lifespan. If so, then the NPV of the plantation forest during their lifespan would be 882.20 EUR ha<sup>-1</sup>, and the payback period would be 19.7 years. If hybrid aspen woody plantations receive SAP and GP support payments all growing period, the NPV value would still be negative -503.27 EUR ha<sup>-1</sup>, which indicates that even after receiving support payments, woody plantation cultivation is not profitable.

To compare different variable's effects on NPV value, sensitivity analysis was done. One of the main variables influencing the value of NPV and the economic viability of hybrid aspen plantations is the timber selling price. For plantations to become economically profitable and the NPV value to reach 0.00 EUR ha<sup>-1</sup> (negative in the base model), the price of timber in the woody plantation model should increase by 64.4%, while in the plantation forest model by 16.2%. In 2015-2019, the average timber price has increased by 19.6%, reaching its highest point in 2018. Future increases in timber price are possible and are determined by several factors such as economic downturn, prices of substitutes (cement, metal), climate change, construction industry stagnation, changes in oil prices, and restrictions on felling (Suchomel et al., 2012).

The most significant impact on the NPV value from costs is timber harvesting, consisting of timber preparation, delivery, and transport. According to the CSB database information, the costs of timber harvesting in 2015-2019

have increased by 5.9%, which can be considered a slight increase in the five years. The cost of harvesting timber in the future can be influenced by several factors, such as fuel price, labor costs, and timber prices (Fulvio et al., 2017).

The increment of wood biomass has a significant impact on the value of NPV. It is possible to increase wood biomass increment in plantations by performing proper planting, tree protection, fertilizing plantations and selecting hybrid aspen clones suitable for the specific area.

At the end of the plantation lifespan, usually 30-40 years, the area can be returned to other crops by recultivation, or hybrid aspen cultivation can be continued by replanting.

### 3.1.3. Grey alder plantation economic evaluation

Grey alder is considered a suitable tree species for Latvia's climatic conditions, which can be used in fast-growing woody crop plantations on non-used agricultural lands (Daugaviete, 2010). Plantations can be used to grow energy wood, firewood, or pulpwood. Grey alder grows rapidly in the first 10-15 years. It is recommended for energy wood and timber production to keep rotation periods 10-15 years (Lazdiņš et al., 2011; Miežīte, Dreimanis, 2013). The study analyzes woody and energy wood plantation models.

The rotation period of the **grey alder woody plantation** is 15 years (the plantation is grown for 2 rotations), and the total lifespan of the plantations is 30 years, after which the plantation is restored. Plantations are grown to obtain pulpwood and firewood.

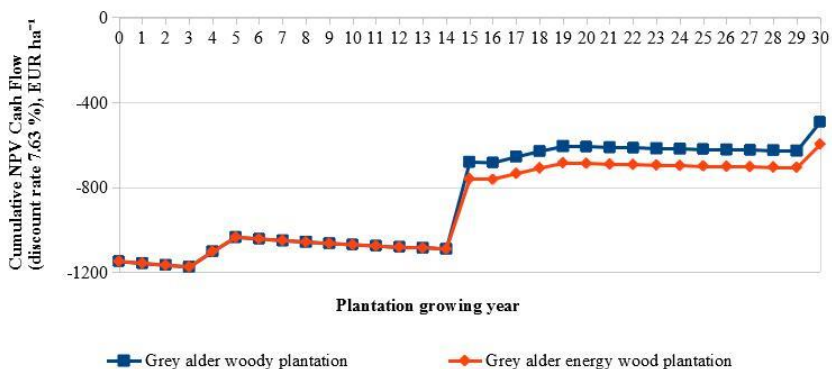
The rotation period of the **grey alder wood energy plantation** is 15 years (the plantation is grown for 2 rotations), and the total lifespan of the plantations is 30 years, after which the plantation is restored. Plantations are grown to obtain wood chips.

The calculations of the study assume that the land is owned and the land rent is not paid. The administrative costs in the study are assumed to be 5.00 EUR ha<sup>-1</sup> per year. The REN calculation methodology is described for willow management and is 7.67 EUR ha<sup>-1</sup>.

Applying a discount rate of 7.63%, the accumulated NPV cash flow over a lifespan for a grey alder woody plantation is -490.84 EUR ha<sup>-1</sup>, and for an energy wood plantation -596.14 EUR ha<sup>-1</sup>. The performed calculations allow us to establish that regardless of the type of wood product (timber or wood chips), Grey alder plantations show a negative cash flow.

Both models of grey alder plantation do not earn money invested in establishment, management and harvesting. For both plantation models, the NPV value is negative, which means that these plantations are not economically justified. Cumulative NPV cash flow is shown in Figure 7.





Source: author's construction

Fig. 7. Grey alder plantation cumulative NPV cash flow during plantation lifespan in Latvia on average in 2015-2019, EUR ha<sup>-1</sup>.

The payback period, NPV, and IRR were calculated for evaluating and comparing hybrid aspen plantation management models, shown in Table 3.

Table 3  
Grey alder plantation economic indicators during plantation lifespan in Latvia in 2015-2019

Grey alder plantation models	Payback period, years	NPV, EUR ha <sup>-1</sup>	IRR, %
Grey alder woody plantation	No payoff	-490.84	4.3%
Grey alder energy wood plantation	No payoff	-596.14	3.1%

Source: author's calculations.

The calculated IRR value concludes that the lowest discount rate at which pays to grow woody plantations is 4.3% and energy wood plantations 3.1%, which is at a rate of 44% and 59% lower than the discount rate of 7.63% used in the calculations.

Assuming that it would be possible to receive SAP and GP support payments (together 110.07 EUR ha<sup>-1</sup> per year) for the entire lifespan of grey alder plantations, the NPV value for woody plantation would be 190.51 EUR ha<sup>-1</sup>, while energy wood plantations 85.22 EUR ha<sup>-1</sup>, which would make plantations profitable. Consequently, only by granting support payments for the entire plantation lifespan, plantation growing becomes profitable without changing other factors.

To compare different variable's effects on NPV value, sensitivity analysis was done. In both grey alder plantation cultivation models, one of the main

variables influencing the NPV value and plantations' economic viability is the selling price of timber and the selling price of wood chips. The assortments of timber that are grown in the grey alder plantation are pulpwood and firewood.

From 2015 to 2019, the average price of pulpwood had increased by 8.5%, reaching the highest point in 2018, when pulpwood's price was 38.15 EUR m<sup>3</sup>, compared to 25.59 EUR m<sup>3</sup> in 2015, which was a 43% price increase. The price of firewood in 2015-2019 had increased by 24%, reaching the highest point in 2018, when the price of firewood was 28.22 EUR m<sup>3</sup>, which compared to 2015 was a 29% price increase. For the NPV value in grey alder plantations to reach 0.00 EUR ha<sup>-1</sup>, the price of timber should increase by 36.7%. Such a scenario, assuming changes in pulpwood and firewood prices for the last 5 years (2015-2019), is considered unlikely.

The price of wood chips in 2015-2019 had increased by 33%, reaching the highest point in 2018, when its price was 11.53 EUR loose m<sup>3</sup>, which compared to 2015 was a 38% price increase. For the NPV value of grey alder energy wood plantations to reach 0.00 EUR ha<sup>-1</sup>, the price of wood chips should increase by 41%. Such a scenario, assuming changes in wood chip prices over the last 5 years (2015-2019), is considered possible but unlikely.

Of the costs, the most significant impact on the NPV value of grey alder plantations is timber harvesting costs, which in 2015-2019 have increased by 5.9%, which the author considers a slight increase.

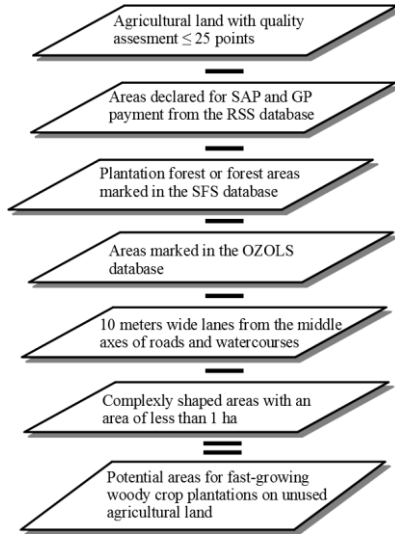
The income of grey alder plantations can be increased by growing more wood in a shorter period. It is possible to increase wood biomass growth in plantations by carrying out proper planting and fertilizing the area.

At the end of the plantation lifespan, usually 30 years, the area can be returned to other crops by recultivation, or grey alder cultivation can be continued by replanting.

### **3.2. Potential areas, amount of biomass and economic value to be obtained in plantations of fast-growing woody crop species in Latvia**

According to the author's calculation, the potential areas for growing fast-growing woody plantations are agricultural land with soil fertility  $\leq 25$  points, they do not receive SAP and GP payments, on them are not mature trees, they are not in the protected areas marked in the OZOLS database, they are not in 10 m buffer zones and they are of regular shape. The total amount of such areas in Latvia in 2018 was 186 100 hectares.

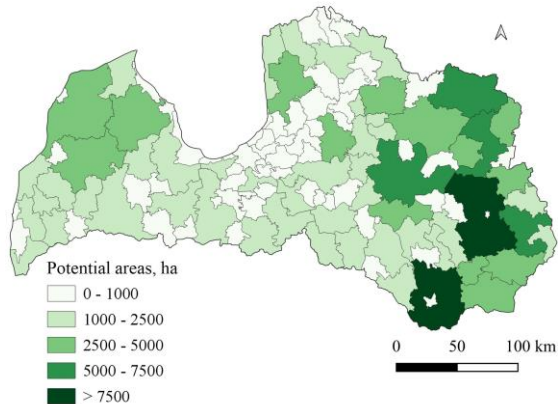
The potential areas that could theoretically be used for growing fast-growing woody crop plantations in agricultural lands were calculated using the geospatial data processing method, which is graphically represented in Figure 8.



Source: author's construction

**Fig. 8. Representation of the calculation of potential areas for the establishment of fast-growing woody crop plantations in Latvia in 2018.**

The potential areas that could be used for growing fast-growing woody crop plantations in unused agricultural lands, distributed in 102 counties, are shown in Figure 9.



Source: author's construction

**Fig. 9. Potential lands for fast-growing woody crop plantation establishment in Latvia, 2018.**

The largest potential areas for establishing fast-growing woody crop plantations are in Rēzekne and Daugavpils counties, where the total potential areas are > 7500 ha, and in Madona, Balvi, Ludza, and Alūksne counties with a total area of 5000-7000 ha in each county. The author assumes that not all potential areas are available for planting. For example, on lands are crops for which no SAP and GP application has been submitted. The location of potential areas in Latvia's regions indicates the concentration of areas in Latvia's eastern part, less in the central part.

The distribution of potential areas for establishing fast-growing woody crop plantations in classes according to the continuous size in 2018 is summarized in Table 4.

Table 4

**Potential areas for planting fast-growing woody crop plantations divided in classes according to the continuous area in Latvia in 2018**

Class	Continuos area, ha	Total area, ha	Percentage distribution, %
1.	< 1	42 844	23.02
2.	1-5	97 018	52.13
3.	5-10	27 068	14.54
4.	> 10	19 170	10.31
<b>Total</b>		<b>186 100</b>	<b>100</b>

*Source: author's calculations.*

When planning the potential amount of biomass in Latvia, which would be available by using these areas to establish fast-growing woody crop plantations, a continuous area size is essential. The optimal continuous area size varies for different fast-growing woody crop species and management models.

When calculating the potential amount of wood chips that could be obtained by growing willow and grey alder energy wood plantations in the calculated potential areas, it is assumed that the willow plantations are grown in areas larger than 1 hectare. The previously calculated amount of such areas in 2018 was 143 256 hectares. In turn, grey alder energy wood plantations are grown in all potential areas, which in 2018 was 186 100 hectares (Table 4).

When calculating the potential amount of timber obtained by growing hybrid aspen plantation forests, woody plantations, agroforestry plantations, and grey alder woody plantations, it is assumed that the plantations are grown in all potential areas – 186 100 hectares (Table 4).

Reed canary grass seeds are harvested in agroforestry plantations for the first 5 years, 163 kg ha<sup>-1</sup> per year for the first 5 years. By establishing agroforestry plantations in all potential areas, the amount of reed canary grass produced would be 30.3 thousand tons. It would not be possible to sell such a volume of seeds in Latvia. Therefore, it is possible to grow agroforestry plantations for reed canary grass seed production in a part of the potential areas, according to the volume of seed sales that could be sold.

Further calculations use the average, theoretically obtained amount of wood during one year in plantations, which is obtained by dividing the total amount of wood at the time of planting harvest by the planting lifespan (years).

The average amount of biomass obtained during one year in the potential areas of agricultural land intended for fast-growing woody crop plantations in Latvia in 2018 is summarized in Table 5.

Table 5

**The average amount of biomass obtained during one year by growing fast-growing woody crop in potential agricultural land areas in Latvia based on calculations for the year 2018**

Plantation type	Wood product	Unit	The intensity of potential agricultural land for fast-growing woody crop plantations use			
			100%	75%	50%	25%
Intensive willow plantations	Wood chips	thous. loose.m <sup>3</sup>	8843	6632	4422	2211
Extensive willow plantations	Wood chips	thous. loose.m <sup>3</sup>	7737	5803	3869	1934
Grey alder energy wood plantations	Wood chips	thous. loose.m <sup>3</sup>	4355	3266	2177	1089
Grey alder woody plantations	Timber	thous. m <sup>3</sup>	1489	1117	744	372
	Wood chips	thous. loose.m <sup>3</sup>	335	251	167	84
Hybrid aspen plantation forest	Timber	thous. m <sup>3</sup>	2429	1821	1214	607
	Wood chips	thous. loose.m <sup>3</sup>	502	377	251	126
Hybrid aspen woody and agroforestry plantations	Timber	thous. m <sup>3</sup>	1675	1256	837	419
	Wood chips	thous. loose.m <sup>3</sup>	335	251	167	84

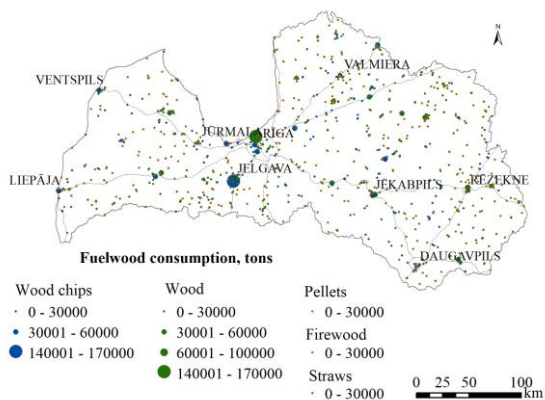
Source: author's calculations.

The largest amount of wood chips can be obtained by growing intensively managed willow plantations in the potentially available agricultural lands. Assuming that 100% of the potentially available and willow eligible areas, which are 143 256 hectares, are used, the average amount of wood chips grown in one year would be 8843 thous. loose m<sup>3</sup>.

The total amount of wood chips consumed in 2018 in Latvia was 7684 thous. loose m<sup>3</sup>, where 3858 thous. loose m<sup>3</sup> were consumed in cogeneration plants and 1991 thous. loose m<sup>3</sup> in boiler houses (Kurināmā koksnes sadalījumā..., 2020). From the results, it can be stated that using 25% of the potential areas for willow plantations growing it is possible to grow 29% of all consumed wood chips in Latvia, 57% of cogeneration plant consumption, and grow by 220 thous. loose m<sup>3</sup> more than is consumed in boiler houses yearly. To produce all wood chips in Latvia using only willow plantations, plantations should be established in 86% of all potential areas suitable for willows – 123 200 hectares. To produce all the wood chips consumed in cogeneration plants, 44% of available area should be planted. To produce all the wood chips consumed in boiler houses, 22% of all potential areas suitable for willows should be planted.

Assuming the average price of wood chips in 2015-2019, which was 9.38 EUR loose m<sup>3</sup> and using all potential areas for willow plantations, wood chips value would be 82.80 MM EUR per year.

The largest wood chips users in Latvia are Ltd Fortums (Jelgava) and J/S Rigas Siltums (Riga). The consumption of fuelwood in Latvian companies in the production of heat or electricity in 2018 is shown in Figure 10.



Source: author's construction

Fig. 10. Fuelwood consumption in Latvian companies for heat and electricity production in 2018, t.

Companies that use fuelwood for the production of heat or electricity are evenly distributed throughout the territory of Latvia. Small-scale consumers, most often small company or parish boiler houses, are located in parish centers. Even distribution of consumers who consumes different amounts of fuelwood can ensure stable demand for wood. Part of this demand can be met by using wood from fast-growing woody crop plantations.

The largest amount of timber can be obtained by growing hybrid aspen plantation forest. Using 100% of the potential area, which is 186 100 ha, it is possible to grow an average of 2429 thous. m<sup>3</sup> timber per year, while using 25% of the potential area of 46 525 hectares, it is possible to grow 607 thous. m<sup>3</sup> per year.

The total amount of timber harvested in Latvia in 2019 was 13.34 MM m<sup>3</sup>, of which 921 thou. m<sup>3</sup> was aspen timber. Using all potential agricultural land areas for hybrid aspen plantations, the amount of timber obtained in Latvia would increase by 18% and would be 15.82 MM m<sup>3</sup>, while the total amount of aspen timber increases by 263% and would be 3.33 MM m<sup>3</sup>. Using 25% of the potential areas, which is a more realistic scenario, the amount of timber obtained in Latvia would increase by 4.5% and would be 14 MM m<sup>3</sup>, while the total amount of aspen timber would increase by 70% and would be 1.52 MM m<sup>3</sup>.

Assuming the average prices of timber assortment and wood chips in 2015-2019 and using all potential areas for growing hybrid aspen plantations, wood product value would be 98.50 MM EUR per year.

To compare fast-growing woody crops plantations by the energy value of wood products, timber and wood chips are expressed in primary energy units: Gigawatt hours (GWh). One wood chip loose m<sup>3</sup> corresponds to 0.0008 GWh, and one m<sup>3</sup> of timber corresponds to 0.0021 GWh (Enerģētisko šķeldu ražošana..., 2008). In 2019, the heat energy was produced in 643 boiler houses and 175 cogeneration plants in Latvia. The total heat energy produced by the district heating system in Latvia in 2019 was 7948 GWh, compared to 7072 GWh in 2015, which increased by 12%. In boiler houses, fuelwood is mainly used for heat production. In 2019, 61.2% of all heat energy in Latvia was produced using fuelwood and was 4864 GWh.

The largest amount of primary energy in one year can be obtained by growing intensively managed willow plantations. Using 100% of the potential agricultural land, converting the wood chips into heat energy it would be 7075 GWh in one year. Primary energy obtained from woody crop plantation from potential area summarized in Table 6.

Table 6

**Primary energy produced from fast growing woody crop plantation products growing in potential areas in 2018, Gwh**

Plantation type	The intensity of potential agricultural land for fast-growing woody crop plantations use			
	100%	75%	50%	25%
Intensive willow plantations	7075	5306	3537	1769
Extensive willow plantations	6190	4642	3095	1547
Grey alder energy wood plantations	3484	2613	1742	871
Grey alder woody plantations	3246	2434	1623	811
Hybrid aspen plantation forest	5259	3944	2630	1315
Hybrid aspen woody and agroforestry plantations	3618	2713	1809	904

*Source: author's calculations.*

By establishing intensively managed willow plantations in all potential agricultural land areas, the amount of primary energy obtained would be 89% of all heat energy produced in Latvia in 2019. By planting 25% of the potential areas of agricultural land, the amount of primary energy obtained would be 22% of the total heat energy produced, and 36% of all heat energy produced from fuelwood. To replace all heat energy produced from fuelwood in 2019 with energy from willow plantations, it would be necessary to plant 69% of the potential agricultural land, which would be 97 803 hectares.

Solutions to promote fast-growing woody crop plantations and increase interest in biomass cultivation include the organization of seminars on the establishment and management of fast-growing woody crop plantations. In order to facilitate the establishment of plantations, the dissemination of information should involve local governments in the territories of which there are areas that could potentially be used for the establishment of fast-growing woody crop plantations. The Law on Local Governments (1994) stipulates that the functions of local governments are the provision of district heating services, the determination of land use procedures and the reduction of unemployment. By supporting the establishment of plantations in their territory, the benefit of local governments would be the use of unused agricultural land for the production of renewable resources. Also, energy resources would be produced in its territory, which could be used in municipal boiler houses (if they use wood) for heat production, municipal land, if it meets the criteria, could be used



for wood biomass production, as well as new jobs would be created in the municipality.

Growing willow plantations in all potentially available agricultural land areas, it would theoretically be possible to create 744 new jobs. By installing plantations with a rotations period of 15-20 years, it would theoretically be possible to create 1464 to 1753 new jobs.

The solution to promote plantations and increase interest in biomass cultivation is seminars about establishing and managing fast-growing woody crop plantations. To facilitate the establishment of plantations, the dissemination of information should involve local governments in the territories, where are potential available agricultural lands for plantation growing. The Law on Local Governments (1994) stipulates that local government's functions are the provision of district heating services, the determination of land use procedures, and the reduction of unemployment. By supporting the establishment of plantations in their territory, the benefit of local governments would be the use of unused agricultural land to produce renewable resources. Timber and energy wood produced in its territory could be used in municipal boiler houses (if they use wood) for heat production. If it meets the criteria, municipal land could be used for wood biomass production, as well as new jobs would be created in the municipality.

## MAIN CONCLUSIONS

1. Fossil resources replacement with woody biomass can mitigate future climate change impacts caused by the economic growth which until the 2020s has been associated with increasing energy use and may lead to climate change in the future. In Latvia, agricultural land that is not used for food production can be successfully used to produce renewable resources by growing biomass in fast-growing woody crop plantations. Compared to traditional crops, plantations do not require high-quality and fertile land. Plantations are classified as low-intensity farming practices and considered environmentally friendly and sustainable land management systems.
2. Fast-growing woody crop plantations are grown in almost all European countries, and the most widely used woody crops in European countries are poplars, hybrid aspen and willows. The European countries with the largest areas of fast-growing woody crop plantations are Sweden, England, Poland, Italy, Germany and Denmark. The most used woody crop species in Latvia in purposefully established fast-growing woody crop plantations are willow, grey alder and hybrid aspen, which are

grown in woody plantations, energy wood plantations, or plantation forests, depending on the rotation period.

3. Production of wood biomass in woody plantations or plantation forests on unused agricultural land in Latvia would lead to land efficient use and production of renewable resources. It is in line with the objectives of the Latvian Bioeconomy Strategy 2030 to increase the efficiency of land use in agriculture or forestry, involving in production of around 400 thousand ha of unused land and in line with the Latvian strategy for achieving climate neutrality by 2050 for sustainable land management and gradual transition from fossil energy sources to renewable resources.
4. The agro-technological criteria that affect the cultivation of fast-growing woody crop plantations are meteorological, soil characteristics, landscape location, and management criteria. Meteorological criteria are essential to ensure the growth and survival of woody crops. Criteria related to the landscape area's location are essential to predict the growth of plantation biomass and harvesting technologies. Management criteria are essential to select the species of woody crops and plantation growing models in a given area. The most suitable woody crop species for obtaining wood biomass in Latvian fast-growing woody crop plantations on agricultural lands are willows, hybrid aspen, and grey alder. Plantations can be used for energy wood or timber production.
5. Comparing the economic indicators for planting models during their cultivation and applying a discount rate of 7.63%, positive accumulated discounted cash flow shows intensively managed willow plantations with a payback period of 6.8 years and IRR 19.3%, extensively managed willow plantations with a payback period of 8.9 years and IRR 15%, and hybrid aspen agroforestry plantations with a payback period of 17.4 years and IRR 9.1%. Hybrid aspen woody plantations and plantation forest and grey alder energy wood and woody plantations show a negative accumulated cash flow, and their establishment in 2020 does not pay off. The accumulated discounted cash flow value is most affected by the timber and wood chips price, and biomass amount after harvest.
6. The cultivation of hybrid aspen plantations forest, grey alder woody, and energy wood plantations can be profitable if it would be possible to receive SAP and GP support payments for the entire period of their cultivation, and not only for the first 5 years.
7. Potential areas for fast-growing woody crop plantations are agricultural land with soil fertility  $\leq 25$  points, they do not receive SAP and GP payments, on them are not grown trees, they are not in the protected areas marked in the OZOLS database, they are not in 10 m buffer zones

from roads and ditches, and they are of regular shape. Potential agricultural land for hybrid aspen and grey alder plantations in Latvia in 2018 was 186 100 hectares, for willow plantations 143 256 hectares.

8. The largest amount of wood chips can be obtained by growing intensively managed willow plantations, where one-year average amount of wood chips grown in potentials areas would be 8843 thousand loose m<sup>3</sup>. This would be equivalent to 116% of all wood chips consumed in Latvia in 2018, or expressed in heat energy 7075 GWh would be obtained which would be 89% of all heat energy produced in Latvia in 2019. The largest amount of timber can be obtained by growing hybrid aspen plantation forest, where the average amount of timber grown in one year in these areas would be 2429 thousand m<sup>3</sup>, which would be 18% of the total amount of timber obtained in Latvia in 2019. The establishment of willow plantations on all potential agricultural lands could theoretically create 744 new jobs, while the establishment of fast-growing woody crop plantations with a rotation period of 15-20 years would create 1464 to 1753 new jobs.
9. Assuming the average prices of timber assortment and wood chips in 2015-2019 and using all potential areas for growing hybrid aspen plantation forest, wood product value would be 98.50 MM EUR per year. Using 25% of the potential areas, this value would be 24.60 MM EUR per year. Assuming the average price of wood chips in 2015-2019, which was 9.38 EUR loose m<sup>3</sup> and using all potential areas for willow plantations, produced wood chips value would be 82.80 MM EUR per year, while using 25% of the area, 20.70 MM EUR per year.

## **PROBLEMS AND PROPOSALS USED FOR SOLUTIONS**

### **Problem 1**

The Law On Agriculture and Rural Development (2004) stipulates that the establishment of woody crop plantations on agricultural land is permitted. The law defines woody crop plantations as perennial plantations (excluding ornamental trees, orchards, and nurseries) established for particular purposes and regularly on agricultural land with a maximum growing cycle of up to 15 years, after which the plantations are regenerated with woody crops, or used in agriculture crop growing. The study concluded that certain tree species and management models need longer period to reach maximum plantation productivity. For example, hybrid aspen plantations forest with rotation period of 20 years in which the main product is saw logs, show better economic

performance than woody plantations with rotation period of 15 years, in which the main product is pulpwood.

### **Solutions to the problem**

The Ministry of Agriculture should develop amendments to the Law On Agriculture and Rural Development (2004), where the maximum length of the growing cycle in the term “woody crop plantations” should be changed from 15 to 20 years.

### **Problem 2**

The single area payment (SAP) and greening payment (GP) following the Cabinet of Minister Regulation No. 126 (28.03.2015) “Procedures for Granting of Direct Payment to Farmers” may be granted for even age aspen (*Populus* spp.), willow (*Salix* spp.) and grey alder (*Alnus incana*) plantations on agricultural lands with a maximum lifespan of five years. It is impossible to receive the payment if the plantations are grown for more than the specified period of five years. Five year maximum period is not suitable for all fast-growing woody crop species and management models. The study concluded that some types of fast-growing woody crop plantations, such as hybrid aspen plantation forest, grey alder woody, and energy plantations, pay off and are economically profitable if direct payments are available for the entire cultivation period 15-20 years not just the first 5 years.

### **Solutions to the problem**

The Ministry of Agriculture should develop amendments to the Cabinet of Minister Regulation No. 126 (28.03.2015) “Procedures for Granting of Direct Payment to Farmers” where the maximum growing period for which the single area payment can be received would be changed from 5 years until the harvest of the plantations if it does not exceed 20 years. The study concluded that the potential agricultural land with a quality rating of  $\leq 25$  points that would be available for the establishment of hybrid aspen and grey alder plantations in Latvia in 2018 was 186 100 hectares and for willow plantations 143 256 hectares. The support rate (SAP+GP) in 2019 was 131.85 EUR ha<sup>-1</sup>. Assuming that hybrid aspen or grey alder plantations are planted on all potential areas of 186 100 hectares and all areas are declared for payments, this would cost an additional 24.40 MM EUR per year, which would be 11% of the total support paid (SAP+GP) in 2019. in Latvia, which was 221.10 MM EUR. Assuming that willow plantations would be established in all potential areas in the amount of 143 256 hectares and all areas would be applied for support payments, it would cost an additional 18.80 MM EUR per year, which would be 8.5% of the total support amount (SAP+GP) in 2019 in Latvia. Assuming the average prices of timber assortment and wood chips in 2015-2019 and using all potential areas for growing hybrid aspen plantation forest, wood product

value would be 98.50 MM EUR per year. Assuming the average price of wood chips in 2015-2019, which was 9.38 EUR loose m<sup>3</sup> and using all potential areas for willow plantations, wood chips value would be 82.80 MM EUR per year. The annual additional support payments for fast-growing woody crop plantations would be 22.7% to 24.7% of the average value of wood biomass produced in these plantations per year.

### **Problem 3**

Based on RSS data, in 2019, there were 2.2 MM ha of agricultural land, including unused agricultural lands – 256 180 ha. Part of these lands can be used for fast-growing woody crop plantations, promoting the rational land use and production of renewable resources. The study concluded that the potential areas of agricultural land that would be suitable for establishing hybrid aspen and grey alder plantations in 2018 were 186 100 ha, for the willow plantations – 143 256 ha. One of the factors that hinder the use of potential areas is the high establishment costs of 1157.00-1715.00 EUR ha<sup>-1</sup>, depending on the used woody crop species and management model. The Latvian Rural Development Program for 2014-2020 is forecasted as financial support for afforestation, supplementing partially overgrown agricultural lands. Support costs include soil preparation, reproductive material purchase, planting, seedling protection, replenishment, and tending. Support can be received to establish forest stands on agricultural land with a quality  $\leq 25$  points. However, support for afforestation is not granted for fast-growing woody crop plantations.

### **Solutions to the problem**

Within the National subsidy framework, financial support should be redirected for unused agricultural land with a quality score of  $\leq 25$  points use for biomass production, subsidizing the establishment of fast-growing woody crop plantations with rotation period of maximum 20 years.

## **GALVENO IZMANTOTO LITERATŪRAS AVOTU SARAKSTS / LIST OF MAIN REFERENCES**

1. Arunachalam V.S., Bharadwaj A. (2012) The Global energy landscape and energy security. In: Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability. Editors: Ginley D.S., Cahen D. Cambridge University Press, New York.
2. Axelsson R., Angelstam P., Elbakidze M., Stryamets N., Johansson, K.-E. (2012) Sustainable Development and Sustainability: Landscape Approach as a Practical Interpretation of Principles and Implementation Concepts.

- J. Landsc. Ecol 4., pp. 5-30.
3. Bioenergy Europe Statistical Report. (2019). Report Bioenergy Landscape. Bioenergy Europe, pp. 1-46.
  4. Carneiro P., Ferreira P. (2012). The economic, environmental and strategic value of biomass. *Renewable Energy* (44), pp. 17-22.
  5. Daugaviete M., Bārdulis A., Daugavietis U., Lazdina D., Bārdule A. (2015) Potential of producing wood biomass in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantations on agriculture lands. *Nordic View to Sustainable Rural Development*, NJF 25<sup>th</sup> Congress, 16-18 June 2015, Riga, pp. 394-399.
  6. Direktīva par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu un ar ko groza un sekojoši atceļ Direktīvas 2001/77/EK un 2003/30/EK: Eiropas Padomes 2009. gada 23. aprīļa Direktīva 2009/28/EK (2009).
  7. Dooley B. (2006) Introduction. In: Energy and Culture: perspectives on the Power to Work. Edited by Dooley B. International University Bremen, Germany, Ashgate Publishing Company, USA.
  8. Grubb M., Hourcade J.C., Neuhoff K. (2014) Planetary Economics: energy, climate change and the three domains of sustainable development. Routledge Taylor and Francis Group, London and New York.
  9. Jansons A., Zurkova S., Lazdina D., Zeps M. (2014) Productivity of polar hybrid (*Populus balsamifera* × *P. laurifolia*) in Latvia. *Agronomy Research* 12(2), pp. 469-478.
  10. Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam. (2010) [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: [https://www.pkc.gov.lv/sites/default/files/inline-files/Latvija\\_2030\\_7.pdf](https://www.pkc.gov.lv/sites/default/files/inline-files/Latvija_2030_7.pdf)
  11. Lazdiņa D. (2009) Notekūdeņu dūņu izmantošanas iespējas kārkļu plantācijās (Usage of Sewage Sludge in Willow Plantations) Promocijas darba kopsavilkums Dr. silv. zinātniskā grāda iegūšanai mežzinātnes nozarē, meža ekoloģijas un mežkopības apakšnozarē. Jelgava, 58. lpp. (in Latvian).
  12. Lutter R., Tullus A., Kanal A., Tullus T., Tullus H. (2016) The impact of short-rotation hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) plantations on nutritional status of former arable soils. *Forest Ecology and Management* (362), pp. 184-193.
  13. Mola-Yudego B. (2010) Regional potential yields of short rotation willow plantations on agricultural land in Northern Europe. *Silva Fennica* 44(1), pp. 63-76.
  14. Quaschnig V. (2010) Renewable Energy and Climate Change. IEEE Press, John Wiley & Sons, West Sussex, United Kingdom.
  15. Schulte R.P.O., Creamer R.E., Donnellan T., Farrelly N., Fealy R., O'Donoghue, O'hUallachain D. (2014) Functional land management:

A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science and Policy* (38), pp. 45-58.

16. Searle S., Malins C. (2014) A reassessment of global bioenergy potential in 2050. *GCB Bioenergy* 7(2), pp. 328-336.
17. Smil V. (2017) *Energy and civilization: a history*. The MIT Press, Cambridge, London.
18. Thornley P. (2006). Increasing biomass based power generation in the UK. *Energy Policy* 34(15), pp. 2087-2099.
19. Weih M., Norfh N.E. (2005) Determination of biomass production in hybrid willows and prediction of field performance from pot studies. *Tree Physiology* (25), pp. 1197-1206.
20. Zeps M. (2017) Apšu hibrīdu (*Populus tremuloides* Michx. × *Populus tremula* L.) audzēšanas potenciāls Latvijā. Promocijas darba kopsavilkums Dr. silv. zinātniskā grāda iegūšanai. 51 lpp.