

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Ekonomikas un sabiedrības attīstības fakultāte
Ekonomikas un reģionālās attīstības institūts

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"



Mg. oec. **Kristaps Makovskis**

promocijas darbs

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

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

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

DOI: 10.22616/lluthesis/2021.002

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

Promocijas darba zinātniskā vadītāja
asoc.prof., Dr. oec. **Dina Popluga**

Promocijas darba zinātniskā konsultante
Dr. silv. **Dagnija Lazdiņa**

Promocijas darba autors
Mg. oec. **Kristaps Makovskis**

Jelgava 2021

ANOTĀCIJA

Kristaps Makovskis. Promocijas darbs: “Ātraudzīgo kokaugu izvērtējums koksnes biomasas ražošanai neizmantotās lauksaimniecības zemēs Latvijā”. Jelgava, 2021.

Promocijas darba **hipotēze**: ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšana neizmantotās lauksaimniecības zemēs ir ekonomiski pamatots zemes apsaimniekošanas veids un sekmētu koksnes biomasas ražošanu Latvijā.

Atbilstoši promocijas darba tēmai, **pētījuma objekts** ir koksnes biomasas ražošana ātraudzīgo kokaugu stādījumos, bet **pētījuma priekšmets** ir koksnes biomasas ražošana ātraudzīgo kokaugu stādījumos neizmantotās lauksaimniecības zemēs. Definētā hipotēze rosināja promocijas darba **mērķi** – izpētīt ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanu, ekonomisko atdevi, potenciāli pieejamās platības un iegūstamo biomasas apjomu neizmantotās lauksaimniecības zemēs Latvijā.

Pētījuma mērķim pakārtoti risināmie darba **uzdevumi**:

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

Darba saturs izveidots un strukturēts atbilstoši darba uzdevumiem, tajā ir trīs nodaļas ar apakšnodaļām.

Pirmajā nodaļā analizēti teorētiskie aspekti par koksnes biomasas izmantošanu atjaunojamās enerģijas ražošanā. Skaidrotas sabiedrības attīstības un koksnes biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanai kopsakarības. Analizēti koksnes biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanai vides un ekonomiskie aspekti. Apkopotas ātraudzīgo kokaugu stādījumu definīcijas un vēsturiskā attīstība. Izvērtēta ātraudzīgo kokaugu stādījumu biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanā dokumentārā bāze Latvijā.

Otrajā nodaļā izvērtēta kārklu, apšu hibrīdu un baltalkšņa piemērotība izmantošanai koksnes biomasas ražošanai ātraudzīgo kokaugu stādījumos. Apraksīti stādījumu izmantošanas veidi un iegūtie produkti tajos. Analizēti ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas meteoroloģiskie, augsnes īpašību, platības novietojuma ainavā, platības stāvokļa un apsaimniekošanas faktori, kas ietekmē kokaugu augšanu.

Trešajā nodaļā izveidoti un analizēti kārklu, apšu hibrīdu un baltalkšņa ātraudzīgo kokaugu stādījumu ekonomiskie modeļi. Analizēta stādījumu vietas izvēles un aprēķinātas augsnes sagatavošanas pirms stādīšanas, stādīšanas, apsaimniekošanas un biomasas novākšanas izmaksas. Aprēķinātas potenciāli pieejamās lauksaimniecībā neizmantotās platības, kas būtu piemērotas ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai. Aprēķināts potenciāli iegūstamais biomasas apjoms un ekonomiskā vērtība, kā arī darba vietu skaits apsaimniekojot stādījumus.

Darba nobeigumā formulēti galvenie secinājumi, galvenie pētījuma rezultāti, kā arī raksturotas problēmas un izvirzīti priekšlikumi to risināšanai. Promocijas darba apjoms ekonomikas doktora (Dr. oec.) grāda iegūšanai ir 134 lappuses. Darbā ir 20 tabulas, 25 attēli, 2 pielikumi, izmantoti 328 informācijas avoti, t.sk. 236 avoti angļu valodā.

ANNOTATION

Kristaps Makovskis. Doctoral dissertation: Fast-growing woody crops evaluation for biomass production on unused agricultural lands in Latvia. Jelgava 2021.

Dissertation **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 dissertation 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 dissertation – 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, aspen hybrids and grey alder. Evaluate agro-technological criteria for their establishment on unused agricultural lands;
- analyze the economic return on the establishment of willow, aspen hybrids and grey alder fast-growing woody crop plantations in the potentially available areas, the amount of biomass to be obtained and the economic value.

The dissertation was designed and structured according to the research tasks and consists of three chapters with subchapters.

Chapter 1 analyzes the theoretical aspects of the use of wood biomass in renewable energy production. The development of society and the use of wood biomass for renewable energy production is explained. Environmental and economic aspects of using wood biomass for renewable energy production have been analyzed. Definitions and historical development of fast-growing woody crop plantations are summarized. The documentary base of the use of wood crop plantations in the production of renewable energy in Latvia has been evaluated. **Chapter 2** evaluates the suitability of willows, aspen hybrids and grey alder use in fast-growing woody crop plantations and the products obtained in them are described. Meteorological, soil properties, area location in the landscape, area condition and management factors influencing tree growth have been analyzed. **Chapter 3** develops economic models of willow, aspen hybrids and grey alder fast-growing woody crop plantations. The costs of planting site selection were analyzed. The costs of soil preparation, planting, management and biomass harvesting were calculated. Potentially available unused agricultural areas suitable for fast-growing woody crop plantations have been calculated. The amount and economic value of potentially available biomass and the number of jobs in plantation management have been calculated.

The final part of the dissertation restates key conclusions and research findings and problems and proposals to solve problems. The dissertation's length for the acquisition of a doctor's degree in economics (Dr. oec.) is 134 pages. The dissertation contains 20 tables, 25 figures, 2 annexes; it used 328 information sources, including 236 sources in English.

АННОТАЦИЯ

Кристапс Маковскис. Докторская диссертация: “Оценка создания быстрорастущих древесных насаждений для производства древесной биомассы на неиспользуемых сельскохозяйственных землях в Латвии”. Елгава, 2021.

Оценка ситуации и междисциплинарные исследования создали основу для гипотезы диссертации: выращивание быстрорастущих древесных насаждений на неиспользуемых сельскохозяйственных землях является экономически оправданным способом управления земельными ресурсами и будет способствовать производству древесной биомассы в Латвии. Согласно теме диссертации, **объектом исследования** является производство древесной биомассы, **а предметом исследования** – производство древесной биомассы в быстрорастущих древесных насаждениях. Определенная гипотеза привела к **цели диссертации** – изучить создание быстрорастущих древесных насаждений, экономическую отдачу, потенциально доступные площади и количество биомассы, которое будет получено на неиспользуемых сельскохозяйственных землях в Латвии.

Решаемые задачи, подчиненные цели исследования:

- изучить теоретические аспекты взаимосвязи между развитием общества и использованием древесной биомассы для производства возобновляемой энергии, экологические и экономические аспекты, а также историческое развитие быстрорастущих древесных насаждений;
- оценка насаждений ивы, гибридов осины и быстрорастущих деревьев ольхи белой и агротехнологических критериев их посадки на сельскохозяйственных землях, не используемых для возделывания;
- проанализировать экономическую отдачу от создания посадок быстрорастущих деревьев ивы, гибридов осины и белой ольхи, потенциально доступных площадей, количества получаемой биомассы и экономической ценности.

В первой главе анализируются теоретические аспекты использования древесной биомассы в производстве возобновляемой энергии. Объясняется взаимосвязь между развитием общества и использованием древесной биомассы для производства возобновляемой энергии.

Во второй главе оценивается пригодность ивы, гибридов осины и ольхи белой для использования в производстве древесной биомассы в быстрорастущих древесных плантациях. Проанализированы метеорологические, почвенные свойства, расположение участков в ландшафте быстрорастущих древесных насаждений.

В третьей главе разработаны и проанализированы экономические модели посадок быстрорастущих деревьев ивы, осины и ольхи белой. Рассчитаны потенциально доступные несельскохозяйственные площади, пригодные для выращивания быстрорастущих плантаций. Были рассчитаны количество и экономическая ценность потенциально доступной биомассы, а также количество рабочих мест в управлении плантациями.

Объем диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук (Dr. oec.) – 134 страницы. Работа содержит 20 таблиц, 25 рисунков, 2 приложения, использовано 328 источника информации, в т.ч. 236 источника на английском языке.

SATURS / CONTENT

| | |
|--|----|
| INFORMĀCIJA PAR PUBLIKĀCIJĀM UN ZINĀTNISKI PĒTNIECISKO DARBU / <i>INFORMATION ON PUBLICATION AND RESARCH WORK</i> | 7 |
| TABULU SARAKSTS / <i>LIST OF TABLES</i> | 11 |
| ATTĒĻU SARAKSTS / <i>LIST OF FIGURES</i> | 13 |
| DARBĀ LIETOTO AKRONĪMU SARAKSTS UN SKAIDROJUMS / <i>LIST AND EXPLANATION OF ACRONYMS USED IN THE WORK</i> | 15 |
| DARBĀ LIETOTO TERMINU SKAIDROJUMS / <i>IN WORK USED TERM EXPLANATION</i> | 16 |
| IEVADS / <i>INTRODUCTION</i> | 17 |
| 1. TEORĒTISKAIS APSKATS PAR SABIEDRĪBAS ATTĪSTĪBAS UN KOKSNES BIOMASAS IZMANTOŠANAS ATJAUNOJAMĀS ENERĢIJAS RAŽOŠANAI KOPSAKARĪBĀM, VIDES UN EKONOMISKAJIEM ASPEKTIEM, UN ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU VĒSTURISKO ATTĪSTĪBU / <i>THEORETICAL OVERVIEW OF SOCIETY DEVELOPMENT AND WOOD BIOMASS FOR RENEWABLE ENERGY PRODUCTION , ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS, AND FAST GROWING WOODY CROP PLANTATION HISTORICAL DEVELOPMENT</i> | 21 |
| 1.1. Sabiedrības attīstības un koksnes biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanai kopsakarības / <i>Coherence between community development and wood biomass usage in renewable energy production</i> | 22 |
| 1.2. Koksnes biomasas izmantošana atjaunojamās enerģijas ražošanai: vides un ekonomiskie aspekti / <i>Wood biomass for renewable energy production: environmental and economic aspects</i> | 28 |
| 1.3. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu definīcijas un vēsturiskā attīstība / <i>Fast-growing woody crop plantation definitions and historical development</i> | 34 |
| 1.4. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanā normatīvo aktu un plānošanas dokumentu bāze Latvijā / <i>Documentary base for the fast-growing woody crop plantations biomass usage in renewable energy production in Latvia</i> | 38 |
| 2. KĀRKĻU, APŠU HIBRĪDU UN BALTALKŠŅA ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU UN IERĪKOŠANAS AGROTEHNOĻISKO KRITĒRIJU IZVĒRTĒJUMS AUDZĒŠANAI NEIZMANTOTĀS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS LATVIJĀ / <i>WILLOW, ASPEN HYBRID AND GREY ALDER WOODY CROP PLANTATION GROWING MODELS AND AGROTECHNOLOGICAL CRITERIA EVALUATION FOR GROWING IN UNUSED AGRICULTURAL LANDS IN LATVIA</i> | 45 |
| 2.1. Kārķļu stādījumi / <i>Willow plantations</i> | 45 |
| 2.2. Apšu hibrīdu stādījumi / <i>Hybrid aspen plantations</i> | 51 |
| 2.3. Baltalkšņa stādījumi / <i>Grey alder plantations</i> | 54 |
| 2.4. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas agrotehnoģisko kritēriju izvērtējums / <i>Evaluation of agro-technological criteria for establishment of fast-growing woody crop plantations</i> | 57 |
| 3. KĀRKĻU, APŠU HIBRĪDU UN BALTALKŠŅA ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU IERĪKOŠANAS EKONOMISKAIS IZVĒRTĒJUMS UN IEGŪSTAMĀIS BIOMASAS APJOMS POTENCIĀLAJĀS PLATĪBĀS LATVIJĀ / <i>WILLOW, ASPEN HYBRID AND GREY ALDER WOODY CROP PLANTATION ECONOMIC EVALUATION AND AMOUNT OF BIOMASS TO BE OBTAINED IN POTENTIAL AREAS IN LATVIA</i> | 64 |

| | |
|--|-----|
| 3.1. Latvijas apstākļiem piemērotu ātraudzīgo kokaugu stādījumu ekonomiskais izvērtējums / <i>Evaluation of economic profitability for fast-growing woody crop plantations in Latvia conditions</i> | 64 |
| 3.1.1. Kārķu stādījumu ekonomiskais izvērtējums / <i>Willow plantation economic evaluation</i> | 67 |
| 3.1.2. Apšu hibrīdu stādījumu ekonomiskais izvērtējums / <i>Aspen hybrid plantation economic evaluation</i> | 81 |
| 3.1.3. Baltalkšņa stādījumu ekonomiskais izvērtējums / <i>Grey alder plantation economic evaluation</i> | 92 |
| 3.2. Potenciālās platības, iegūstamais biomasas apjoms un ekonomiskā vērtība ātraudzīgo kokaugu stādījumos Latvijā / <i>Potential areas, amount of biomass and economic value to be obtained in plantations of fast-growing woody crop in Latvia</i> | 98 |
| GALVENIE SECINĀJUMI / MAIN CONCLUSIONS | 111 |
| PROBLĒMAS UN PRIEKŠLIKUMI TO RISINĀŠANAI / PROBLEMS AND PROPOSALS FOR SOLVING THEM | 113 |
| IZMANTOTĀ LITERATŪRA / REFERENCES | 115 |
| PIELIKUMI / ANNEX | 135 |

INFORMĀCIJA PAR PUBLIKĀCIJĀM UN ZINĀTNISKI PĒTNIECISKO DARBU / INFORMATION ON PUBLICATION AND RESEARCH WORK

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. Pieejams: <https://www.intechopen.com/books/energy-efficiency-and-sustainable-lighting-a-bet-for-the-future/plantation-forests-a-guarantee-of-sustainable-management-of-abandoned-and-marginal-farmlands>
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 9th 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). Pieejams: <https://ejournals.vdu.lt/index.php/rd/article/view/665/838>
3. **Makovskis K.**, Lazdiņa D., Popluga D. (2019) Ātraudzīgo koku stādījumu izvērtējums, izmantojot AHP metodi. *Akadēmiskā Dzīve* (55), pp. 22-26. ISSN 0516-3145. Indeksēta: EBSCO (Academic Search Complete). https://www.apgads.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/apgads/PDF/Akademiska_Dzive/Akademiska-Dzive_55/adz-55-Book.pdf
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), pp. 134-142. ISSN 1406-894X. Indeksēta: Scopus, Web of Science BIOSIS Citation Index, EBSCOhost Academic Search Complete, CAB Abstracts. Pieejams: https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/05/Vol14-_nr1_Makovskis.pdf#abstract-4066
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), pp. 109-122. ISSN 1406-894X. Indeksēta Scopus, Web of Science BIOSIS Citation Index, EBSCOhost Academic Search Complete, CAB Abstracts. Pieejams: https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/05/Vol14-_nr1_Lazdina.pdf#abstract-4060
6. **Makovskis K.**, Lazdina D. (2015) Potential areas of low productivity agriculture lands for SRC energy wood production in Vidzeme region. *Research for Rural Development*. Jelgava: LLU, pp. 288-292. ISSN 1691-4031. Indeksēta Scopus, Web of Science, EBSCOhost Academic Search Complete. Pieejams: http://www2.llu.lv/research_conf/Proceedings/21st_volume2.pdf
7. Lazdiņa D., Rancāne S., **Makovskis K.** (2015) Agromežsaimniecības sistēmu ierīkošanas pirmo trīs gadu pieredze. *Proceedings of the Scientific and Practical Conference Harmonious Agriculture, Jelgava, 19-20 February*,

2015, pp. 44-49. Pieejams:

https://llu.lv/conference/lidzsvar_lauksaim/2015/Latvia-Lidzsvarota-lauksaimnieciba2015-44-49.pdf

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), pp. 589-602. ISSN 1406-894X. Indeksēta Scopus, Web of Science BIOSIS Citation Index, EBSCOhost Academic Search Complete, CAB Abstracts. Pieejams: https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2014/05/2014_2_29_b5.pdf#abstract-3214
9. **Makovskis K.**, Lazdina D., Bite L. (2012) Economic calculations of short rotation willow plantations in Latvia. In: *Proceedings of Annual 18th 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. Pieejams: http://www2.llu.lv/research_conf/Proceedings/18th_volume2.pdf
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 8th 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(25)*. 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.

Pētījuma rezultāti prezentēti 12 starptautiskās zinātniskās konferencēs

1. *Rural Development*. The 9th International Scientific Conference. Kauņa: Vytautas Magnas University (Lietuva), 2019. gada 27. septembrī. Ziņojums: Cut-away peatland re-cultivation with fast growing woody plantations: cost-benefit analysis. Pieejams: <http://www.ruraldevelopment.lt/wp-content/uploads/2019/09/ProgrammeRD2019.09.26.pdf>
2. *4th World Congress on Agroforestry*. Montpellier (Francija), 2019. gada 21. maijā. Ziņojums: Different tree species and management system economics as buffer zones in Baltic climate conditions. Pieejams: <https://www.alphavisa.com/agroforestry/2019/documents/Agroforestry2019-Book-of-Abstract-v1.pdf>
3. *EUBCE 2019*. 27th European biomass conference. Lisabona: EUBCE (Portugāle) 2019. gada 30. maijā. Ziņojums: Cost-Benefit analysis of cut-away peatland re-cultivation with fast growing woody plantations. Pieejams:

<https://www.eubce.com/wp-content/uploads/2019/05/EUBCE-2019-Visual.pdf>

4. *Young scientists for advance of agriculture*. International conference of young scientists. Viļņa: Lithuanian academy of sciences (Lietuva), 2018. gada 5. novembrī. Ziņojums: Cut-away peatland re-cultivation with fast growing tree species. Viļņa, Lietuva. Pieejams: http://www.lma.lt/uploads/2018-11-15_programa-kvietimas_EN_1.pdf
5. *Conference “Coppice forests in Europe: ecosystem services, protection and nature conservation”*. Antverpene: University of Antwerp (Beļģija), 2016. gada 16. jūnijā. Ziņojums: Ecosystem services and tree growth on Hybrid aspen (*Populus tremula* × *tremuloides*) plantings under different fertilization and planting schemes. Pieejams: <https://www.eurocoppice.uni-freiburg.de/intern/pdf/conference-antwerp-2016/eurocoppice-antwerp-conference-bookofabstracts-160627.pdf>
6. *Scandinavian Forest Economics*. The Biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics “Forest-based sector into the bioeconomy”. Drobok: Scandinavian Society of Forest Economics (Norvēģija), 2016. gada 26. maijā. Ziņojums: Small scale pellet production cost calculations in Baltic countries. Pieejams: https://www.ssfe-network.org/wp-content/uploads/2017/01/Scandinavian_Forest_Economics_No_46.pdf
7. *Biosystem Engineering*. 7th International Conference. Tartu: Estonian University of Life Science (Igaunija), 2016. gada 12. maijā. Ziņojums: Mechanical durability and water absorption of pellets made from different tree species – a case study. Pieejams: <https://bse.emu.ee/bse2015/9.html>
8. *Biosystem Engineering*. 7th International Conference. Tartu: Estonian University of Life Science (Igaunija), 2016. gada 12. maijā. Ziņojums: The early growth and fall frost damage of poplar clones in Latvia. Pieejams: <https://bse.emu.ee/bse2015/9.html>
9. *Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems*. Conference. Rīga: LSFRI Silava (Latvia), 2015. gada 23. aprīlī. Ziņojums: Biomass and growth parameters of willow clones from the first rotation-research data from an industrial experimental plantations in Latvia. Pieejams: http://www.silava.lv/userfiles/file/Pasakumi/2015_04_Adapt_konf_Book_of_Abstracts.pdf
10. *Research for Rural Development*. 21th International Scientific Conference. Jelgava: LLU (Latvia), 2015. gada 13. maijā. Ziņojums: Potential areas of low productivity agriculture lands for SRC energy wood production in Vidzeme region. Pieejams: http://www2.llu.lv/research_conf/Proceedings/21st_volume2.pdf
11. *Forest Ecosystems and its management: towards understanding the complexity*. 9th Baltic theriological conference. Daugavpils: Daugavpils University (Latvia), 2014. gada 15. oktobrī. Ziņojums: Potential lands for short rotation coppice plantation establishment in Vidzeme region. Pieejams: http://www.silava.lv/userfiles/file/Pasakumi/2014_10_15_Book_of_Abstracts_ed.pdf
12. *Research for Rural Development*. 18th International Scientific Conference. Jelgava: LLU (Latvia), 2012. gada 23. maijā. Ziņojums: Economic calculations of short rotation willow plantations in Latvia Economic calculations of short rotation willow plantations in Latvia. Pieejams: http://www2.llu.lv/research_conf/Proceedings/18th_volume2.pdf

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 finansējums: 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 aramzemēs, 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.

TABULU SARAKSTS / LIST OF TABLES

| Nr. | Tabulas nosaukums | Lpp. |
|---------------------------|--|------|
| 1.1. tabula / Table 1.1 | Ātraudzīgo kokaugu stādījumu platības un izmantotās kokaugu sugas dažādās Eiropas valstīs / SRC plantation areas and woody crop species used in different Europe countries | 36 |
| 2.1. tabula / Table 2.1 | Ātraudzīgo stādījumu kokaugu sugas izvēles kritēriji atkarībā no meteoroloģiskajiem faktoriem un augsnes īpašībām / Selection criteria for fast-growing woody crop species depending on meteorological factors and soil properties | 57 |
| 2.2. tabula / Table 2.2 | Ātraudzīgo stādījumu kokaugu sugas izvēles kritēriji atkarībā no platības novietojuma un stāvokļa / Selection criteria for fast-growing woody crop species depending on site location and conditions | 59 |
| 2.3. tabula / Table 2.3 | Ātraudzīgo stādījumu kokaugu sugas izvēles kritēriji atkarībā no apsaimniekošanas veida / Criteria for the selection of plantations of fast-growing woody crop species depending on management | 61 |
| 3.1. tabula / Table 3.1 | Viena hektāra ātraudzīgo kokaugu stādījuma augsnes sagatavošanas izmaksas pirms stādīšanas Latvijā 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / Costs of soil preparation for one hectare of fast-growing woody crop plantations in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha ⁻¹ | 67 |
| 3.2. tabula / Table 3.2 | Kārklu ilggadīgo stādījumu stādīšanas izmaksas Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / Willow plantation average planting costs in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha ⁻¹ | 68 |
| 3.3. tabula / Table 3.3 | Kārklu stādījumu apsaimniekošanas modeļu salīdzinājums Latvijā 2019. gadā / Comparison of willow plantation management models in Latvia in 2019 | 69 |
| 3.4. tabula / Table 3.3 | Ekstensīvi apsaimniekotu kārklu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas stādījumu dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / Average management costs of extensively managed willows plantations in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha ⁻¹ | 71 |
| 3.5. tabula / Table 3.5 | Intensīvi apsaimniekotu kārklu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas stādījumu dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / Average management costs of intensively managed willows plantations in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha ⁻¹ | 72 |
| 3.6. tabula / Table 3.6 | Kārklu biomasas novākšanas izmaksu salīdzinājums Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ber.m ³ / Willow harvesting method cost comparison in Latvia in the period 2015-2019, EUR lose.m ³ | 73 |
| 3.7. tabula / Table 3.7 | Kārklu stādījumu ekonomiskie rādītāji dzīves laikā (25 gadi) Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā / Willow plantation economic indicators during plantation lifetime (25 years) on average in Latvia in the period 2015-2019 | 77 |
| 3.8. tabula / Table 3.8 | Apšu hibrīdu stādījumu apsaimniekošanas modeļu salīdzinājums Latvijā 2019. gadā / Comparison of aspen hybrid plantation management models in Latvia in 2019 | 82 |
| 3.9. tabula / Table 3.9 | Apšu hibrīdu stādīšanas un miežabrāļa sēšanas izmaksas Latvijā 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / Hybrid aspen planting and reed canary grass sowing costs in Latvia in time period 2015-2019, EUR ha ⁻¹ | 83 |
| 3.10. tabula / Table 3.10 | Apšu hibrīdu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / Hybrid aspen plantation management costs in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha ⁻¹ | 84 |
| 3.11. tabula / Table 3.11 | Apses koksnes un miežabrāļa sēkļu novākšanas izmaksas un | 85 |

| Nr. | Tabulas nosaukums | Lpp. |
|----------------------------------|--|------|
| | kokmateriālu/sēklu cenas ostā vai pie uzpircēja Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā / <i>Aspen timber and reed canary grass seed harvesting costs and timber/ seed prices in the port or at the collector in Latvia on average in the period 2015-2019</i> | |
| 3.12. tabula / <i>Table 3.12</i> | Ekonomiskie rādītāji apšu hibrīdu stādījumos to dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā / <i>Economic indicators in aspen hybrid plantation lifetime in Latvia on average in the period 2015-2019</i> | 87 |
| 3.13. tabula / <i>Table 3.13</i> | Baltalkšņa stādījumu ekonomiskie rādītāji to dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā / <i>Grey alder plantation economic indicators during plantation lifetime in Latvia on average in the period 2015-2019</i> | 94 |
| 3.14. tabula / <i>Table 3.14</i> | Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai sadalījums klasēs pēc vienlaidus platības lielumā Latvijā 2018. gadā / <i>Potential areas for planting fast-growing woody crop e plantations divided in classes according to continuous area in Latvia in year 2018</i> | 102 |
| 3.15. tabula / <i>Table 3.15</i> | Vidējais viena gadā laikā iegūtais biomasas apjoms audzējot ātraudzīgo kokaugu stādījumus potenciālajās LIZ platībās Latvijā balstoties uz aprēķiniem par 2018. gadu / <i>Average amount of biomass obtained during one year by growing fast-growing woody crop species in potential agricultural land areas in Latvia based in calculations for year 2018</i> | 103 |
| 3.16. tabula / <i>Table 3.16</i> | Vidējā vienā gadā iegūtā primārā enerģija audzējot ātraudzīgo kokaugu stādījumus potenciālajās LIZ platībās Latvijā balstoties uz aprēķiniem par 2018. gadu / <i>Primary energy by growing fast-growing woody crop species in potential agricultural land areas in Latvia based in calculation for year 2018</i> | 106 |

ATTĒLU SARAKSTS/ *LIST OF FIGURES*

| Nr. | Attēla nosaukums | Lpp. |
|-----------------------------|---|------|
| 1.1. att. / <i>Fig. 1.1</i> | Dabas resursu klasifikācija / <i>Classification of natural resources</i> | 21 |
| 1.2. att. / <i>Fig. 1.2</i> | Galvenie atjaunojamās enerģijas ražošanas no biomasas reglamentējošie normatīvie akti Latvijā 2020. gadā / <i>Key legal documents regulating renewable energy production from biomass in Latvia in 2020</i> | 39 |
| 2.1. att. / <i>Fig. 2.2</i> | Kārklu stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida / <i>Willow plantation distribution according to type of use</i> | 46 |
| 2.2. att. / <i>Fig. 2.2</i> | Kārklu stādījumu pļaušanas un šķeldošanas metodes / <i>Willow plantation cutting and chipping methods</i> | 49 |
| 2.3. att. / <i>Fig. 2.3</i> | Kārklu stādījumu novākšanas metodes / <i>Willow plantation harvest methods</i> | 50 |
| 2.4. att. / <i>Fig. 2.4</i> | Apšu hibrīdu stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida / <i>Aspen plantation distribution according to type of use</i> | 52 |
| 2.5. att. / <i>Fig. 2.5</i> | Baltalkšņa stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida / <i>Grey alder plantation distribution according to type of use</i> | 55 |
| 3.1. att. / <i>Fig. 3.1</i> | Deklarētās īscirtmeta atvasāju platības Latvijā 2010.-2019. gadā, ha / <i>Declared fast-growing tree plantation areas in Latvia in the period 2010-2019, ha</i> | 64 |
| 3.2. att. / <i>Fig. 3.2</i> | Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas un apsaimniekošanas shēma / <i>Fast growing tree plantation establishment and management scheme</i> | 66 |
| 3.3. att. / <i>Fig. 3.3</i> | Kārklu stādījumu stādīšana mašinizēti un ar rokām / <i>Willow plantation mechanized and manual planting</i> | 68 |
| 3.4. att. / <i>Fig. 3.4</i> | Kopējo izmaksu sadalījums kārklu stādījumos Latvijā audzējot 25 gadus vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Average growing cost comparison growing willow plantations during the 25-year management period in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 75 |
| 3.5. att. / <i>Fig. 3.5</i> | Uzkrātā diskontētā naudas plūsma kārklu stādījumos Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Willow plantation cumulative cashflow during plantation lifespan in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 76 |
| 3.6. att. / <i>Fig. 3.6</i> | Ekstensīvi apsaimniekotu kārklu stādījumu NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Changes in the NPV value of an extensively managed willow model depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 78 |
| 3.7. att. / <i>Fig. 3.7</i> | Intensīvi apsaimniekotu kārklu stādījumu NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Changes in the NPV value of an intensively managed willow model depending on the changes in the value of the variable in Latvia on the average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 79 |
| 3.8. att. / <i>Fig. 3.8</i> | Uzkrātā diskontētā naudas plūsma apšu hibrīdu stādījumos Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Cumulative cashflow in aspen hybrid plantation lifespan in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 86 |
| 3.9. att. / <i>Fig. 3.9</i> | Apšu hibrīdu kokaugu stādījuma NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Changes in the NPV value of an aspen hybrid plantations depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 88 |

| Nr. | Attēla nosaukums | Lpp. |
|------------------------|---|------|
| 3.10. att. / Fig. 3.10 | Apšu hibrīdu plantāciju meža NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Changes in the NPV value of an aspen hybrid plantation forest depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 89 |
| 3.11. att. / Fig. 3.11 | Apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījuma NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Changes in the NPV value of an aspen hybrid plantation forest depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 90 |
| 3.12. att. / Fig. 3.12 | Uzkrātā diskontētā naudas plūsma baltalkšņa stādījumos Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Aspen hybrid plantation cumulative cashflow during plantation lifespan in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 94 |
| 3.13. att. / Fig. 3.13 | Baltalkšņa kokaugu stādījuma NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Changes in the NPV value of an grey alder plantation depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 95 |
| 3.14. att. / Fig. 3.14 | Baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījuma NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha ⁻¹ / <i>Changes in the NPV value of an grey alder energy wood plantation depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹</i> | 96 |
| 3.15. att. / Fig. 3.15 | Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai aprēķināšanas attēlojums Latvijā 2018. gadā / <i>Potential land for fast-growing woody crop plantation establishment calculation schematic representation in Latvia, 2018</i> | 99 |
| 3.16. att. / Fig. 3.16 | Potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai Latvijas novados 2018. gadā / <i>Potential lands for fast-growing woody crop plantation establishment in Latvia, 2018</i> | 100 |
| 3.17. att. / Fig. 3.17 | Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai īpatsvars pret LIZ Latvijas novados 2018. gadā / <i>Proportion of potential areas for planting fast-growing woody crop plantations in agricultural land in Latvian regions, 2018</i> | 101 |
| 3.18. att. / Fig. 3.18 | Biokurināmā patēriņš Latvijas uzņēmumos siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanā 2017. gadā, t / <i>Fuelwood consumption in Latvian companies for heat and electricity production in 2018, t</i> | 105 |

DARBĀ LIETOTO AKRONĪMU SARAKSTS UN SKAIDROJUMS / LIST AND EXPLANATION OF ACRONYMS USED IN THE WORK

| | |
|---------------------|---|
| AER | Atjaunojamie energoresursi |
| ANO | Apvienoto nāciju organizācija |
| ASV | Amerikas Savienotās valstis |
| ber.m ³ | Berkubikmetri |
| cieš.m ³ | Cieškubikmetri |
| CO ₂ | Oglekļa dioksīds |
| CSP | Centrālā statistikas pārvalde |
| EK | Eiropas Komisija |
| ERAF | Eiropas Reģionālās attīstības fonds |
| ES | Eiropas Savienība |
| EUR | Eiro valūtas starptautiskais apzīmējums |
| IRR | Iekšējās atdeves koeficients |
| K | Kālija minerālmēsli |
| LAD | Lauku atbalsta dienests |
| LIZ | Lauksaimniecībā izmantojama zeme |
| LLKC | Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs |
| LR | Latvijas Republika |
| LVĢMC | Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrs |
| LVMI Silava | Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava" |
| m ³ | kubikmetrs |
| MK | Ministru kabinets |
| N | Slāpekļa minerālmēsli |
| NĪN | Nekustamā īpašuma nodoklis |
| NPV | Neto tagadnes vērtība |
| OMA | Oglekļa mazietilpīga attīstība |
| OZOLS | Dabas aizsardzības pārvaldes dabas datu pārvaldības sistēma |
| P | Fosfora minerālmēsli |
| pH | Augsnes skābums |
| SEG | Siltumnīcefekta gāzes |
| SIA | Sabiedrība ar ierobežotu atbildību |
| šausnas | Sausnas tonnas |
| VMD | Valsts Meža dienests |
| VPM | Vienotais platību maksājums |
| ZAL | Zaļināšanas maksājums |

DARBĀ LIETOTO TERMINU SKAIDROJUMS / *IN WORK USED TERM EXPLANATION*

Agromežsaimniecības stādījumi (sistēmas) – kokaugu stādījumi, kuros vienlaicīgi ar kokiem tiek audzēti zālaugi.

Agrotehniskā kopšana – stādījumu kopšana, parasti izmantojot krūmgriezi, ar mērķi novērst lakstaugu, puskrūmu, nevēlamu koku un krūmu atvašu konkurenci ap mērķa sugas kokiem.

Apalkoksne – nogāzts, atzarots koka stumbrs bez galotnes, ko parasti var sadalīt īsākos nogriežņos (lietkoksnēs sortimentos).

Aprite – periods starp divām biomasas novākšanas reizēm, kura laikā stādījumos atjaunojas iepriekšējais sastāvs un vecumstruktūra.

Apšu hibrīdi – Amerikas apses (*Populus tremuloides*) un parastās apses (*Populus tremula*) krustojumi.

Atjaunojamie energoresursi (atjaunīgie energoresursi) – resursi, kas papildināmi dabiskā procesā, bet to papildināšana ir ierobežota, tie laika gaitā ir neizsīkstoši, tomēr pieejamais resursu enerģijas apjoms noteiktā laika vienībā ir ierobežots. Tajos ietilpst biomasā, ūdens, ģeotermālā, saules un vēja enerģija.

Atsēdināšana uz celma – laupu koku virszemes daļas nogriešana, lai panāktu jaunu un spēcīgu dzinumu veidošanos no celmos snaudošajiem pumpuriem.

Ātraudzīgo kokaugu stādījumi – vienvecuma ātraudzīgo kokaugu sugu stādījumi (kārklis, apšu hibrīdi, baltalksnis), kuri tiek audzēti kā kokaugu stādījumi vai plantāciju mežs ar maksimālo vienas aprites periodu ≤ 20 gadi un koki var tikt audzēti kopā ar zālaugiem.

Enerģētiskā koksne – koksne, kas paredzēta sadedzināšanai siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanai.

Enerģētiskās koksnes stādījumi – kokaugu stādījumi, kuros galvenais produkts ir koksnes šķeldas.

Īscirtmeta atvasāji – viena vecuma un sugas (apses (*Populus* spp.), kārklu (*Salix* spp.) vai baltalkšņa (*Alnus incana*)) stādījumi lauksaimniecības zemēs ar piecu gadu maksimālo aprites laiku.

Kokaugu stādījumi – ilggadīgie koku stādījumi, 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.

Koksnes biomasā – augošu koku, krūmu un krūmāju koksainā biomasā, izņemot saknes un celmus.

Koksnes šķeldas – enerģētiskās koksnes veids, kas iegūts sasmalcinot koksnes biomasu un paredzēts sadedzināšanai siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanā.

Neatjaunojamie energoresursi (fosilie resursi) – resursu, kas tiek iegūti no zemes dziļēm un šo resursu atjaunošanās nav iespējama īsā laikā. Par neatjaunojamiem energoresursiem uzskata naftu, dabas gāzi, ogles, degslānekli, urānus.

Papīrmalkas stādījumi – stādījumi, kuros galvenais produkts ir papīrmalka.

Plantāciju mežs – ieaudzētas, īpašiem mērķiem paredzētas un Meža valsts reģistrā reģistrētas mežaudzes.

Primārā enerģija – enerģija no atjaunojamiem un neatjaunojamiem enerģijas avotiem, kas nav pārstrādāta vai pārveidota.

Spraudenis – kokaugu viengadīga, retāk divgadīga virszemes dzinuma vai saknes daļa, kas paredzēta veģetatīvajai pavairošanai.

Zāgbaļķu stādījumi – stādījumi, kuros galvenais produkts ir zāgbaļķis.

IEVADS / INTRODUCTION

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: biomasu, 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 2020. gadam enerģijas gala patēriņā ir palielināt atjaunojamās enerģijas īpatsvaru līdz 20%, bet 2030. gadā sasniegt 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 biomasu, 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 ≤ 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 mašinizēt.

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 zāģbaļķi, 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 kārkli, 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 izvirza 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 izvirzīts pētījuma **mērķis** – izpētīt ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanu, ekonomisko atdevi, potenciāli pieejamās platības un iegūstamo biomasas apjomu neizmantotās lauksaimniecības zemēs Latvijā.

Izvirzītā 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 kārklu, apšu hibrīdu un baltalkšņa ātraudzīgo kokaugu stādījumus un ierīkošanas agrotehnoloģiskos kritērijus audzēšanai neizmantotās lauksaimniecības zemēs;
- izanalizēt kārklu, 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 biomasas, 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.

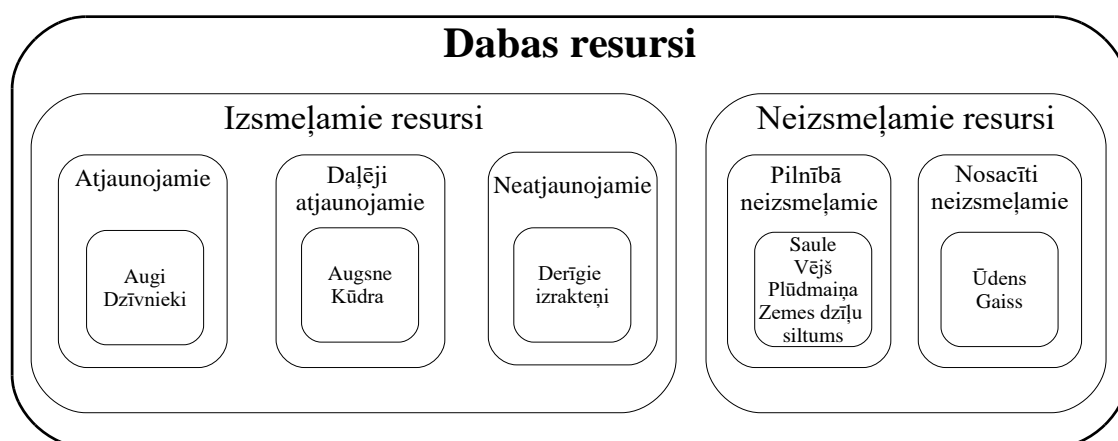
Aizstāvamās tēzes

1. Koksnes biomasas 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 kultūragu 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 KOKAUGU STĀDĪJUMU VĒSTURISKO ATTĪSTĪBU / THEORETICAL OVERVIEW OF SOCIETY DEVELOPMENT AND WOOD BIOMASS FOR RENEWABLE ENERGY PRODUCTION, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS, AND FAST GROWING WOODY CROP PLANTATION HISTORICAL DEVELOPMENT

Dabas resursu efektīva izmantošana ir viens no zemes ilgtspējīgas izmantošanas uzdevumiem. Ilgtspējīga dabas resursu attīstība ietver atsevišķus principus, kuru izmantošana ir svarīga ekonomiskās, sociālās un vides prasību nodrošināšanā. Ilgtspējīgu principu ievērošana ir zemes izmantošanas pamats, kas ļauj apmierināt šodienas vajadzības, neapdraudot nākošo paaudžu vajadzības.

Dažādos laikos cilvēki ir izmantojuši atšķirīgus dabas resursus enerģijas ražošanai. Sākotnēji tika izmantoti atjaunojamie resursi, kā piemēram, augi, koki un dzīvnieki. Attīstoties tehnoloģijām un pieaugot vajadzībām pēc lētas un viegli pieejamas enerģijas, arvien vairāk tika izmantoti neatjaunojamie (fosilie) resursi, kā nafta, gāze un akmeņogles. 21. gadsimta sākumā fosilie resursi (akmeņogles, dabasgāze, nafta) ir visplašāk izmantotie resursi, kas tiek izmantoti enerģijas ražošanā un to intensīva izmantošana ir novedusi pie klimata pārmaiņām, kas var turpināties tuvākajā nākotnē. Dabas resursu klasifikācija attēlota 1.1. attēlā.



Avots: autora konstrukcija pēc izmantotās literatūras

1.1. att. /Fig. 1.1. Dabas resursu klasifikācija / Classification of natural resources.

ES arvien aktuālāks kļūst jautājums par daļēju fosilo resursu nomaiņu uz atjaunojamiem resursiem enerģijas ražošanā. Viens no pieejamākajiem atjaunojamajiem resursiem ir biomasas, kas tuvākajā laikā pakāpeniski aizstās daļu no fosilajiem resursiem. Biomasas ir vietējs resurss, kura ražošana un izmantošana sniedz ieguldījumu ilgtspējīgas ekonomiskās attīstībā Latvijā. Lai sekmīgi izmantotu biomasu enerģijas ražošanā ir jāievēro virkne ekonomisko un vides aspektu. Latvijā viens no pieejamākajiem biomasas veidiem, izvērtējot vides un ekonomiskos aspektus, ir koksne, kas tradicionāli tiek iegūta, apsaimniekojot meža zemes. Daļu koksnes, kas tiek izmantota enerģijas un produktu ražošanai, ir iespējams iegūt, ierīkojot ātraudzīgo

kokaugu stādījumus lauksaimniecībā neizmantotās zemēs. Šādi stādījumi tiek praktizēti citās Eiropas valstīs un šādu stādījumu ierīkošana Latvijā ļautu īsā laikā saražot atjaunojamu energoresursu – koksni, kā arī atgriezt ražošanā lauksaimniecībā neizmantotas platības.

Šajā nodaļā autors ir izvērtējis un apkopojis atjaunojamās enerģijas ražošanas no biomasas kopsakarības. Tāpat tiek izvērtēta biomasas ieguve no ātraudzīgajiem kokaugu stādījumiem, biomasas ražošanas vides un ekonomiskie aspekti, analizēti šāda veida stādījumi citās Eiropas valstīs un apskatīta ātraudzīgo kokaugu stādījumu dokumentārā bāze Latvijā.

1.1. Sabiedrības attīstības un koksnes biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanai kopsakarības / *Coherence between community development and wood biomass usage in renewable energy production*

Atjaunojamo energoresursu izmantošana enerģijas ražošanā 21. gs. pirmajā pusē 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 jūtas globālā mērogā, ierobežots energoresursu daudzums un pieaugošā konkurence to izmantošanā.

Cilvēki kā suga ir spējīgi izdzīvot pateicoties enerģijas transformācijai, sākot ar ēdienu, kura enerģija transformējas smadzeņu darbībā, kas tālāk noved pie mehāniskām un apzinātām darbībām, kā, piemēram, kustībām un valodas lietojuma, līdz materiālu izmantošanai siltuma ražošanā, kas nepieciešams dzīvības uzturēšanai un ēdiena pagatavošanai. Enerģijas nepieciešamība cilvēces izdzīvošanai ir novedusi līdz mūsdienu sabiedrības modelim, kad laika gaitā, lai varētu izdzīvot, cilvēki no mednieku un vācēju dzīvesveida nonāca pie lauksaimniecības dzīvesveida (Dooley, 2006). Šādi sabiedrības dzīvesveida maiņai par pamatu bija vēlme pēc vieglāk iegūstamas enerģijas un efektīvākas tās izmantošanas.

Līdz 18. gadsimta 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. Papildus enerģija tika iegūta no vēja un ūdens, ko pakāpeniski nomainīja akmeņogles (Quaschnig, 2010).

Pēc E. Kuka (*Cook*) (1971) enerģijas izmantošanu vēsturiski var iedalīt 6 periodos:

- *primitīvajā periodā (1 miljons g. p.m.ē.)* pārtika bija vienīgais, sākotnēji izmantotais, enerģijas avots;
- *medniecības periodā (100 tūkst. g. p.m.ē.)* arvien plašāk sāka izmantot siltuma enerģiju, kas tika iegūta, galvenokārt, sadedzinot koksni. Uguns izmantošana deva plašas iespējas pagatavot ēdienu, sasildīties un iegūt apgaismoju diennakts tumšajā laikā;
- *primitīvajā lauksaimniecības periodā (5000 g. p.m.ē.)* tika attīstīta lauksaimniecības kultūraugu audzēšana un pieradināti dzīvnieki, kas tika izmantoti pārtikā vai kā darbaspēks. Ikdienu darbu veikšanai cilvēku darbaspēku pamazām nomainīja dzīvnieku darbaspēka izmantošana;
- *attīstītajā lauksaimniecības periodā (sākot ar 1400. gadu)* enerģiju sāka iegūt no atjaunojamiem un neatjaunojamiem resursiem. Sākotnēji tika būvētas vēja un ūdens dzirnavas, vēlāk ap 1800. gadu arvien vairāk sāka izmantot akmeņogles;
- *industriālajā periodā (sākot ar 1875. gadu)* tvaika dzinēja atklāšana ļāva siltumenerģiju pārvērst mehāniskajā enerģijā. Sākotnēji tam tika izmantota

koksne, kuru vēlāk nomainīja akmeņogles. Akmeņogles bija vieglāk uzglabāt un transportēt, tamdēļ tās laika gaitā aizstāja koksni. Akmeņogles bija viegli izmantot lielu mašīnu darbināšanā, tomēr attīstoties tehnoloģijām un parādoties mazākām mašīnām, kā arī personiskajam transportam, to izmantošana kļuva neērta. Tādēļ arvien vairāk tika izmantoti naftas produkti, kas bija vieglāki, ātrāk transportējami un izmantošanā ērtāki, salīdzinot ar akmeņoglēm. Laika gaitā akmeņogles, kā galvenais enerģijas ražošanas resurss tika aizstāts ar naftas produktiem;

- *moderno tehnoloģiju periods (sākot ar 1970. gadu)* saistās ar iekšdedzes dzinēju attīstīšanu un arvien pieaugošu elektrības ražošanu un izmantošanu. Šo procesu nodrošināšanā arvien vairāk tika attīstīta naftas produktu izmantošana. Tāpat kā dabas gāze un kodolenerģijas izmantošana.

Vēsturiski enerģijas (resursu) izmantošanu un transformēšanu var skaidrot divos veidos:

- kvantitatīvi, kas parāda tikai enerģijas kopējā apjoma izmaiņas laika gaitā;
- kvalitatīvi, kas parāda enerģijas ražošanā izmantoto resursu maiņu laika gaitā, ietekmi uz sabiedrību un sabiedrības ietekmi uz resursu maiņu (Melosi, 2006).

Kvantitatīvo izmaiņu raksturojums balstās uz resursu apjoma uzskaitīšanu un salīdzināšanu savā starpā. Piemēram, koksne bija visvairāk izmantotais resurss enerģijas ražošanā Amerikas Savienotajās valstīs (ASV) līdz 1885. gadam. Sākot ar nākamajiem gadiem, par galveno resursu enerģijas ražošanā kļuva akmeņogles, ko 1955. gadā nomainīja naftas produkti. Kopējais enerģijas apjoms ASV sākot ar 1880. gadu ir palielinājies, neatkarīgi no izmantotajiem resursiem (Schurr, Netschert, 1960).

Kvalitatīvo izmaiņu raksturojums balstās uz resursu detalizētu analīzi, kas pēta procesu likumsakarības un to ietekmi uz vidi un sabiedrību. Piemēram, atjaunojamās enerģijas izmantošanas (koks, vējš, ūdens) nomainīja uz neatjaunojamiem resursiem (akmeņogles, nafta, dabasgāze). Kvalitatīvā metode cenšas izskaidrot, kādēļ notika šāda pāreja, kā mainījās sabiedrība un kādas izmaiņas paredzamas nākotnē (Schurr, Netschert, 1960; Schurr et al., 1979; Perelman et al., 1981). Kvalitatīvās metodes izmantošana ļauj labāk saprast resursu maiņas likumsakarības un paredzēt nākotnes tendences resursu izvēlē.

Atsevišķi autori norāda, ka resursu maiņu ietekmē ne tikai ekonomiskie faktori, bet arī citi faktori, kā piemēram izmaiņas ražošanas procesos un jaunu produktu attīstīšana. Piemēram, akmeņogļu nomainīja ar naftas produktiem enerģijas ražošanā 20. gadsimta sākumā. To ietekmēja ne tikai naftas produktu zemākā cena, bet arī naftas uzņēmumu struktūra un organizācija, kas ietvēra drošāku transportu (dzelzceļš un cauruļvadi), efektīvāku mārketingu, pozitīvu sabiedrības attieksmes veidošanu, jaunu produktu attīstīšanu, kā arī jaunu tirgu meklēšanu, kas 20. gadsimta sākumā palielināja pieprasījumu pēc naftas produktiem (Nye, 1998; Tarr, Lamperes, 1981). Fosilo resursu, tajā skaitā naftas produktu, izmantošana ir veicinājusi klimata pārmaiņas. Lai novērstu klimata pārmaiņas, ir nepieciešams atrast jaunus esošo resursu izmantošanas veidus vai jāveic esošo resursu pakāpeniska nomainīšana ar videi draudzīgākiem resursiem.

Resursu nomainīšana nav vienkārši realizējama pārmaiņas. Fosilie resursi, sākot ar 19. gs., ir bijuši galvenie resursi enerģijas ražošanā pasaulē, kuru izmantošana ir sekmējusi ekonomisko izaugsmi. Akmeņogļu tvaika dzinēji bija galvenie industriālās revolūcijas veicinātāji 18. un 19. gs., tāpat kā elektrība un iekšdedzes dzinēji 20. gs. (Grubb et al., 2014). Atjaunojamo resursu nomainīšana uz neatjaunojamiem resursiem izskaidrojama ar vairākiem faktoriem. Piemēram, koksnes nomainīšana ar akmeņoglēm 19. gs. beigās saistīta ar koksnes resursa cenas palielināšanos (koksnes ieguve attālinājās no sabiedrības centriem) un akmeņogļu cenas samazināšanos (efektīvāku

tehnoloģiju ieviešana resursa ieguvē, sabiedrības centru veidošana ap ieguves vietām), kas palielināja akmeņogļu kopējos izmantošanas apjomus. Attīstoties metālapstrādei un tvaika dzinēju izmantošanai, tehnoloģijas tika piemērotas akmeņogļu izmantošanai, kas vēl vairāk veicināja to izmantošanu, savukārt apjoma palielināšana ļāva samazināt ražošanas izmaksas (Landsberg, Schurr, 1968). Resursu nomaiņu veicināja sabiedrības pāreja no lauku, agrārā un decentralizētā sabiedrības modeļa uz pilsētu un industriālo sabiedrības modeli. Neatjaunojamie resursi (akmeņogles, nafta) tieši neveicināja šo pāreju, tomēr to izmantošana vairāk iederējās jaunajā sabiedrības modelī un spēja piedāvāt plašākas un dažādākas izmantošanas iespējas, salīdzinot ar tradicionālajiem atjaunojamajiem resursiem (koks, ūdens, vējš) (Tillman, 1978). Enerģijas ražošanā atjaunojamus resursus ir nomainījuši neatjaunojamie resursi, kas 21. gs. sākumā ir visplašāk izmantotie resursi.

Līdz 19. gs. sākumam sabiedrība pārsvarā enerģijas ražošanai bija izmantojusi atjaunojamus resursus, turpretī 20. gs. laikā pārsvarā ir izmantojusi neatjaunojamus resursus. Nereti šāds resursu sadalījums tiek pozicionēts kā pretnostatījums starp dažādiem saimniekošanas modeļiem, uzsverot atjaunojamo resursu pozitīvās īpašības un pieminot neatjaunojamo resursu negatīvās īpašības, kas ne vienmēr atbilst patiesībai. Šāds strikts resursu sadalījums ne vienmēr ir pamatots un precīzi raksturo situāciju. Piemēram, pārlieku intensīva atjaunojamā resursa, koksnes, izmantošana 20. gs. izraisīja izstrādāto platību degradāciju un izskalošanos, kas padarīja tālāku resursa iegūšanu neiespējamu. Turpretī, neatjaunojamā resursa, akmeņogļu, izmantošana rūpniecībā ļāva attīstīties ekonomikai un samazināties nabadzībai Eiropā (Smil, 2017). 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 politikajā 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 biomasa, uzsvāru liekot uz koksnes izmantošanas apjoma palielināšanu enerģijas ražošanā (Green Paper, 2006; Renewable Energy Directive, 2009). ES tiek attīstīts zaļās ekonomikas jeb bioekonomikas koncepts, kas paredz bioresursu ilgtspējīgu izmantošanu, kā piemēram, lauksaimniecības zemes izmantošanu pārtikas kultūraugu audzēšanai, nevis enerģētiskās koksnes stādījumu audzēšanai. Bioekonomikas koncepts paredz no atjaunojamiem resursiem ražot produktus ar augstu pievienoto vērtību un garāku dzīves ciklu, ko nevar attiecināt uz kurināmajiem resursiem, kuru dzīves cikls ir salīdzinoši īss (The Bioeconomy Strategy, 2012). Šāds ES uzstādījums ir pretrunā ar lauksaimniecības zemes izmantošanu atjaunojamo energoresursu ražošanai enerģētikas sektora vajadzībām. No vienas puses ES politika tiek virzīta, lai veicinātu biomasas plašāku izmantošanu enerģijas ražošanā, aizstājot fosilos kurināmos resursus ar

atjaunojamiem resursiem, tajā skaitā koksni. No otras puses tiek atbalstīta tādu produktu ražošana, sevišķi no koksnes, kam ir pēc iespējas garāks izmantošanas cikls.

Cenšoties sasniegt ES izvirzītos mērķus atjaunojamo resursu izmantošanas palielināšanā, iespējams nonākt pretrunā ar ES mērķiem, ka saistīti ar augstākas pievienotās vērtības produktu ražošanu. Piemēram, ilgtspējīga bioresursu izmantošana augstas pievienotās vērtības produktu ražošanā paredz bezatlikumu izmantošanu, kas neparedz resursu izmantošanu kā kurināmo (malka, šķelda, granulas, briketes, koksnes atlikumi). Nākotnes kontekstā būtu jāaktualizē jautājums par bioresursu ilgtspējīgas izmantošanas robežām un priekšnoteikumiem, lai tiktu izpildīti enerģētikas nozares mērķi saistībā ar bioresursu izmantošanu enerģētikā, kā arī mērķi saistībā ar bioresursu izmantošanu produktos ar augstu pievienoto vērtību (Muižniece, Blumberga, 2018). Lai atjaunojamo resursu, tajā skaitā biomasas, ražošana būt ilgtspējīga un videi draudzīga, ir jāievēro ilgtspējības zemes izmantošanas principi.

Zeme nodrošina vidi lauksaimnieciskajai ražošanai, taču tās apsaimniekošana ietver arī vides uzlabošanas pārvaldību, ieskaitot siltumnīcefekta gāzu avota un piesaistes funkcijas, barības vielu pārstrādi, filtrēšanu un attīrīšanu. Zemes izmantošanai ir jābūt racionālai un ekonomiski pamatotai.

Vēsturiski, līdz ar cilvēku skaita palielināšanos, zeme tika arvien vairāk izmantota pārtikas, šķiedrvielu un enerģijas produktu ražošanai. Šo darbību rezultātā līdz 21. gadsimta sākumam ir pārveidoti 75% sauszemes virsmas, lauksaimniecības ražošana notiek vienā trešdaļā no sauszemes platības un dabas aizsardzība vienā ceturtajā daļā (Ellis, Ramankutty, 2008).

Ilgspējīgas attīstības koncepts zinātniskajā literatūrā parādās 20. gadsimta 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, politekoniskajiem 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 jāasniedz 5 mērķi: produktivitāte, drošība, aizsardzība, dzīvotspēja, pieņemamība. **Produktivitāte** ietver ražošanas apjomu vai peļņas kāpināšanu no vienas zemes vienības noteiktā laika periodā. **Drošība** tiek raksturota kā līdzsvars starp ražošanas kāpināšanu un vides aspektiem. **Aizsardzība** ietver zemes resursa saglabāšanu nākošajām paaudzēm veicinot zemes kvalitātes saglabāšanu vai palielināšanu. **Dzīvotspēja** ir zemes izmantošana vietējo mērķu sasniegšanai, pretējā gadījumā šāds zemes izmantošanas veids nav uzskatāms par ilgtspējīgu. **Pieņemamība** tiek raksturota kā zemes izmantošanas veida atzīšana lielākajā daļā sabiedrības (FESLM: An international..., 1993).

M.J. Sanzs (*Sanz*) (2017) norāda, ka ilgtspējīgas zemes izmantošanā ir jāvadās pēc kāda no principiem:

- lauksaimniecības produktu ražošanas palielināšanai un stabilizēšanai lauksaimniecības zemēs jāizmanto dažādas apsaimniekošanas sistēmas, secīgi audzējot atšķirīgas lauksaimniecības kultūras vienā platībā, tādējādi neveicinot zemes noplicināšanu;
- jāveicina efektīvāka ganību izmantošana, kombinējot dzīvnieku un zālaugu audzēšanu vienā platībā;
- jāveicina meža platību palielināšanu, vienlaicīgi palielinot apmežošanu un samazinot atmežošanu;
- jāatbalsta agromežsaimniecības prakses plašāka izmantošana, audzējot kokus vienā platībā ar zālaugiem.

Izmantojot lauksaimniecības zemi biomasas audzēšanai, Amerikas ekoloģiskā biedrība (*Ecological Society of America*) iesaka ņemt vērā sekojošus faktoros:

- biomasas audzēšanas laiku, kas paredz ekoloģisko un vides procesu vērtēšanu gan īstermiņā, gan ilgtermiņā. Kāda procesa pārākums īstermiņā jāvērtē saistībā ar tā atstātajām sekām garākā laika posmā;
- izvēlēto sugu, kas paredz izvērtēt dažādu sugu simbiozi vienā platībā, vienas sugas (koku, dzīvnieku) pārākums vai ekonomiskais izdevīgums jāizvērtē attiecībā ar citas sugu dzīvošanas un izdzīvošanas iespējām šajā platībā;
- izvēlēto vietu, ko nosaka vietējie klimatiskie, hidroloģiskie augsnes un ģeomorfiskie faktori, kā arī biotiskās mijiedarbības ietekme sugu izvēlē konkrētajā platībā;
- iespējamais traucējums (lietus, sausums, vējš) un to intensitāti, ilgumu, kopējo ietekmi uz augšanas apstākļiem;
- apkārtējo ainavu, kas nosaka, ka ierīkojot stādījumus, platības ainaviskās vērtības jāaglabā esošajā līmenī vai jāuzlabo (*Ecological principles for...*, 2000).

Latvijas zemes pārvaldības likuma (2014) 1. nodaļas 1. pantā 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:

- zemes izmantošana saimnieciskajai darbībai, kur noteiktais mērķis ir nodrošināt esošo zemes resursu racionālu un efektīvu apsaimniekošanu. (Zemes apsaimniekošanā jāvadās no vides, ekonomiskajiem un sociālajiem aspektiem, papildus cenšoties sasniegt siltumnīcefekta gāzu (SEG) ierobežošanas mērķus. Zemes izmantošanai jāspēj nodrošināt oglekļa krātuvju saglabāšana un vairošana, veidojot un apsaimniekojot kvalitātes mežaudzes, kā arī veicinot aizaugušo un neapsaimniekoto zemju atgriešanu lauksaimnieciskajā ražošanā);
- zeme kā dabas kapitāls, kas ietver tās aizsardzību un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu tajā. (Mērķis ir saglabāt zemi kā dzīvotspējīgu ekosistēmu pamatu un tūras vides vērtību. Zeme ir jāizmanto, saglabājot un uzlabojot augsnes auglību un bioloģisko daudzveidību, tāpat arī jāveicina degradēto teritoriju atjaunošana);
- zeme kā telpa, kas paredzēta apbūvei, infrastruktūras un vides attīstīšanai. (Mērķis ir efektīvi izmantot esošās apbūves platības, novēršot jaunu teritoriju veidošanu, tādējādi saglabājot esošās lauksaimniecības un meža platības. Apbūves teritorijas tiek veidotas kompaktas, oglekļa mazietilpīgas, klimatnoturīgas un tiek ievēroti ilgtspējīgas attīstības principi).

Apkopojot analizēto informāciju, autors konstatē, ka enerģijas iegūšana, tās izmantošana un sabiedrības attīstība ir vienmēr bijušas savstarpēji saistītas. Pirmatnējās sabiedrības pamatvajadzības enerģijas ražošanā bija saistītas ar siltuma iegūšanu un ēdiena pagatavošanu. Sākot ar 15. gs. sabiedrības attīstību un labklājību noteica enerģijas ražošanā izmantoto resursu efektīvāka izmantošana un apjoma palielināšana, kas veicināja kopējo ekonomisko izaugsmi. Sākot ar 19. gs. beigām kopējais enerģijas apjoms, kā arī kopējā sabiedrības labklājība ir palielinājusies, galvenokārt pateicoties intensīvākai fosilo resursu izmantošanai. Kā vienu no aktuālākajām kopsakarībām zemes izmantošanā autors grib uzsvērt to, ka pastiprināta fosilo resursu izmantošana ir novedusi pie klimata izmaiņām, kuru novēršanai nepieciešams mainīt enerģijas izmantošanas paradumus, apjomus un resursus, arvien vairāk aizstājot fosilos resursus ar atjaunojamiem resursiem. Autors pievienojas to zinātnieku viedoklim, kas apgalvo, ka nākotnē, lai palielinātu cilvēku labklājību ilgtermiņā, atjaunojamiem resursiem jāklūst par galveno resursu veidu, kurš tiek izmantots enerģijas ražošanai. Šāds izvērtējums ļauj autoram spriest, ka viens no svarīgākajiem ilgtspējīgas zemes izmantošanas principiem, kas saistīts ar biomasas iegūšanu ir zemes racionāla izmantošana, kas maksimāli apmierina sabiedrības ekonomiskās, sociālās un vides prasības. Lai gan dažādi autori ilgtspējīgus zemes izmantošanas principus definē dažādi, galvenokārt tie ir saistīti ar

resursu efektīvu izmantošanu un cilvēku vajadzību apmierināšanu pēc ekonomiskas izaugsmes, sociālas attīstības un vides saglabāšanas, kā minimums, pašreizējā līmenī.

1.2. Koksnes biomasas izmantošana atjaunojamās enerģijas ražošanai: vides un ekonomiskie aspekti / *Wood biomass for renewable energy production: environmental and economic aspects*

Biomasas izmantošana enerģijas ražošanā tiek uzskatīta par būtisku instrumentu oglekļa dioksīda (CO₂), kas ir siltumnīcefektu izraisošā gāze, emisiju samazināšanai nākotnē. Fosilo resursu nepārtraukts izmantošanas palielinājums ir ietekmējis vidi mums apkārt.

Pirmkārt, tas saistīts ar piesārņojumu, kā piemēram, smogs virs pilsētām vai blakusprodukti, kas rodas, iegūstot konkrēto resursu. Šīs problēmas, lai arī uzskatāmas par nopietnām, pārsvarā neatstāj paliekošus efektus un ir viegli risināmas ar stingrākām vides prasībām vai jaunu tehnoloģiju izmantošanu. Novēršot šīs problēmas, negatīvās sekas neilgā laika posmā samazinās. Otrs, daudz nopietnāks drauds ir CO₂ gāzes palielinājums atmosfērā, kas rodas pastiprināti izmantojot fosilos resursus (Grubb et al., 2014). Novēršot šīs problēmas, kas saistītas ar pastiprinātu CO₂ izdalīšanos, gāzes daudzums atmosfērā nesamazinās uzreiz un negatīvās sekas ir jūtamas ilgākā laika periodā. Papildus esošo problēmu novēršanai ir jādomā par resursu izmantošanu, kas neradīs līdzīgas problēmas nākotnē.

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.

Ekonomikas teorija paredz, ka ierobežotu resursu cenas pieaugs, samazinoties šo resursu apjomam un tiek tiks aizstāti ar alternatīviem resursiem, kuru cena sākotnēji būs augstāka. Kad alternatīvo resursu cenas, kuras sākotnēji ir augstākas, kļūs konkurētspējīgas ar tradicionāli izmantoto (ierobežoto) resursu cenām, notiks esošo tehnoloģiju nomainīšana. Piemēram, lai kompensētu akmeņogļu negatīvo ietekmi uz vidi un cilvēkiem, pakāpeniski tiek palielināti nodokļi, kas saistīti ar šī resursa izmantošanu. Akmeņogles tiks izmantotas tik ilgi, līdz šo resursu izmantošana vairs nebūs ekonomiski izdevīga un citi resursi to aizvieto (Grubb et al., 2014). Samazinoties fosilajiem resursiem, tie tiks aizstāti ar atjaunojamiem resursiem.

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). 2019. gadā 84.3% no pasaules enerģijas tika saražota izmantojot fosilos resursus (nafta, akmeņogles, dabasgāze) (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 ekonomiskos ieguvumus vienlaikus nodrošinot lauku reģionu attīstību (The European Commission's..., 2019).

Viens no jautājumiem, kas saistīts ar enerģētikas nozari, ir citu nozaru pieaugošā atkarība no enerģijas ražošanas un straujais enerģijas apjoma palielinājums 21. gs. sākumā. Piesārņojuma līmeņa pieaugums un bažas par fosilo resursu izsīkumu rada vajadzību pēc jaunu resursu (videi draudzīgāku) izmantošanu enerģijas ražošanā. (Carneiro, Ferreira, 2012). Biomasa ir viens no draudzīgākajiem resursiem, ko izmantot enerģijas ražošanā.

Izmantojot atjaunojamus resursus, ir jāņem vērā, ka izmantošana nedrīkst atstāt negatīvu ietekmi uz bioresursu primāro izmantošanas veidu, noplicināt bioloģisko daudzveidību, piesārņot vai degradēt vidi, samazināt pieejamo bioresursu daudzveidību nākotnē vai atstāt cita veida negatīvu ietekmi uz vidi (Muižniece, Blumberga, 2018). Daudzu atjaunojamo resursu nepārdomāta izmantošana, kā piemēram, koksnes sadedzināšana ēdiena uzsildīšanai nevēdinātās iekštelpās, uzskatāma par vienu no galvenajiem veselības draudiem nabadzīgās valstīs. Tāpat koksnes ieguve atsevišķās pasaules valstīs saistīta ar zemes degradāciju un noplicināšanu (Grubb et al., 2014).

Ieguldījumu veikšana un finansējum piesaiste atjaunojamās enerģijas ražošanai var dot pozitīvu efektu reģiona vai valsts attīstībai un konkurētspējai. Investīciju efektu iespējams izteikt kā tiešu, netiešu vai pastarpinātu. Tiešais efekts ir jaunu darbavietu radīšana un tiešie ienākumi, kas iegūti sākotnējo investīciju veidā, piemēram, darba algas ātraudzīgo kokaugu stādījumu strādniekiem. Netiešais efekts ir papildus darba vietas, kas tiek radītas, lai atbalstītu atjaunojamo resursu ražošanu, piemēram, pasūtījums traktorū rūpnīcai izgatavot kārklu stādījumu pļaušanas aprīkojumu. Pastarpinātais efekts ir cita veida, ar atjaunojamo resursu ražošanu nesaistītas, nodarbinātības atbalstīšana, piemēram, nauda, kas tiek nopelnīta, apsaimniekojot kokaugu stādījumus, tiek tērēta vietējā veikalā, kafējnīcā vai frizētavā (Working group for..., 2008). 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.

Lai izpildītu ES kopējo apņemšanos palielināt atjaunojamo energoresursu īpatsvaru kopējā enerģijas patēriņā 2050. gadā līdz 20%, biomasa tiek uzskatīta par galveno atjaunojamo resursu, kas tiks izmantots siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanā (Searle, Malins, 2014). Biomasa ir galvenais atjaunojamās enerģijas avots ES, ar 63.8% īpatsvaru starp visiem atjaunojamajiem resursiem un prognozes rāda, ka tāds tas paliks arī nākamajās desmitgadēs (Bioenergy Europe, Statistical..., 2018). ES 2016. gadā 60% no izmantotās biomasas tika iegūta no meža (tiešās koksnes piegādes sastādīja 32%, bet netiešās koksnes piegādes 28%), 27% no lauksaimniecības (speciāli enerģijas ražošanai audzēta biomasas un blakusprodukti no citu produktu ražošanas) un 13% no atkritumu nozares (The European Commission's..., 2019). Tāpat tiek prognozēts, ka biomasas izmantošana no pārtikā neizmantojamiem kultūraugiem un lauksaimniecības kultūraugu pārpalikumiem līdz 2050. gadam Eiropā strauji pieaugs (Green paper: a..., 2013). Apkopojums parāda, ka biomasa būs viens no galvenajiem atjaunojamiem energoresursiem, kas tiks izmantots enerģijas ražošanā nākotnē.

Siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanā plaši tiek izmantota biomasa, kas sastopama un izmantojama vairākās formās, parasti tā tiek klasificēta atkarībā no izcelsmes (dzīvnieku vai augu) un stāvokļa (ciets, šķidrums, gāzveida). Galvenokārt biomasa tiek iegūta no meža, enerģētiskajiem stādījumiem, ražošanas atlikumiem, blakusproduktiem un pārpalikumiem (Bauen, 2005). Enerģija tiek izmantota siltuma nodrošināšanai cilvēku mājvietās un industriālo materiālu pārveidošanai, tāpat kā

elektrība tiek izmantota produktu ražošanā, apgaismojumam, izklaidēm un citām, cilvēka dzīves kvalitāti uzlabojošām darbībām.

Pēc Latvijas CSP datiem (Atjaunīgo energoresursu patēriņš..., 2019) kurināmās koksnes īpatsvars kopējā energoresursu patēriņā Latvijā 2018. gadā bija 35.2%, savukārt AER 80.9%. Kurināmās koksnes patēriņš 2014.-2018. gadā ir palielinājies par 11.1%, savukārt salīdzinot 2018. gadu ar 2017. gadu, tas ir samazinājies par 4.5%. Saražotās kurināmās šķeldas daudzums, pateicoties tās izmantošanai koksnes granulu ražošanā, salīdzinot ar 2017. gadu pieauga par 10.8%. 2018. gadā koksnes granulu eksports salīdzinot ar 2017. gadu ir pieaudzis par 9.9%. Kurināmās koksnes patēriņš mājsaimniecībās 2018. gadā bija 36% no kopējā patēriņa, kam seko pārveidošanas sektors (33%) rūpniecība un būvniecība (25%) un pārējie patērētāji (6%). Sakarā ar koģenerācijas staciju pakāpenisku pāreju no dabasgāzes izmantošanas uz kurināmās šķeldas izmantošanu, tās īpatsvars pārveidošanas sektorā izmantotās kurināmās koksnes patēriņā 2018. gadā sasniedza 94.7%. Apkopojums parāda, ka koksnes biomasa ir dominējošais atjaunojamais energoresurss, kas tiek izmantots siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai Latvijā.

Biomasa audzēšana risina virkni problēmu: neizmantotas lauksaimniecības zemes izmantošana, bezdarba samazināšana un lauku apvidu attīstība (Thornley, 2006; Upham, Shackley, 2007). Biomasa enerģijas ražošanai tiek klasificēta kā primārā vai sekundārā biomasa. Primārā biomasa tiek speciāli audzēta meža vai lauksaimniecības zemēs ar mērķi izmantot enerģijas ražošanā. Sekundārā biomasa tiek iegūta kā blakusprodukts no citu produktu ražošanas (Ericsson, Nilsson, 2006). Ātraudzīgo kokaugu stādījumi tiek pieskaitīti pie primārās biomasas resursiem.

Biomasa atjaunojamās enerģijas ražošanā daudzās valstīs ir kļuvusi par galveno resursu. Tas saistīts ar vairākām priekšrocībām, ko sniedz biomasas izmantošana. Biomasa tās dažādajās formās spēj nodrošināt visus galvenos enerģijas nesējus: elektrību, gāzi, šķidro degvielu un cieta kurināmo. Bioenerģiju radītā pievienotā vērtība un ienākumi tiek saglabāti reģionos, tādējādi palīdzot mazināt lauku nabadzību.

Biomasa izmantošanas ekonomiskos aspektus ir jāvērtē individuālā līmenī (darbinieks, uzņēmums), reģiona (pagasts, novads) un valsts līmenī. Individuālā līmenī galvenā uzmanība jāpievērš biomasas izmantošanas rentabilitātei salīdzinājumā ar alternatīvām enerģijas sistēmām vai zemes izmantošanas alternatīvām. Reģiona līmenī galvenā uzmanība jāpievērš kopējiem sabiedrības ieguvumiem no biomasas izmantošanas, piemēram, zemāki siltumenerģijas tarifi, jaunu infrastruktūras objektu izveidošana, jaunu darbavietu radīšana. Ekonomiskā novērtējuma pamatā ir sabiedrības vajadzību apmierināšana un izmaksu sabalansēšana. Valsts līmenī galvenā uzmanība jāpievērš biomasas izmantošanas īpatsvaram valsts tirdzniecības bilancē, kopējām darba vietu skaita izmaiņām, nacionālās drošības jautājumiem un kopējās pievienotās vērtības palielināšanai.

Biomasa izmantošana atstāj pozitīvu ietekmi uz valsts vai reģiona ekonomiku. 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.

Biomasa izmantošanai enerģijas ražošanā ir vairāki pozitīvi ekonomiskie aspekti:

- darba vietu radīšana reģionos, jo biomasa pārsvarā tiek audzēta, novākta un izmantota noteiktā reģionā;
- ekonomiskās vides attīstīšana reģionos, veidojot jaunus projektus un biomasas izmantošanas sistēmas;

- nauda līdzekļi, kas tiek iztērēti iegādājoties biomasu, tiek saglabāti biomasas audzēšanas reģionā;
- reģiona bioekonomikas potenciāla palielināšana, ieviešot jaunus biomasas izmantošanas veidus;
- papildus ienākumu radīšana reģionos no nodokļu ienākumiem, realizējot vai izmantojot biomasu (Working group for..., 2008).

Biomasa ir viens no retajiem atjaunojamiem resursiem, kura pieejamību būtiski neietekmē laika apstākļi un sezonālas izmaiņas. Pirms galējās izmantošanas biomasu iespējams ilgstoši uzglabāt (Thornley, 2006). Visbiežāk biomasa 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 saunas izkliedi (liels saunas 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. Stādījumu ierīkošanai piemērotas mazāk auglīgas zemes, kā arī zemes ar paaugstinātu smago metālu koncentrāciju.

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). Tāpat kā fosilie resursi, arī biomasa, sadegot izdala gaisa piesārņotājus, kas atšķiras, mainoties sadedzināšanas veidam un pakāpei. Salīdzinot koksnes biomasu ar vairumu fosilo resursu, tie sadegot izdala līdzīgu slāpekļa oksīda (NO) daudzumu, bet ievērojami mazāku sēra dioksīda (SO₂) daudzumu (Miranda, Hale, 2001). Salīdzinot ar fosilajiem resursiem, biomasa uzskatāma par videi draudzīgāku kurināmo veidu.

Kā negatīvie aspekti biomasas iegūšanai ātraudzīgo kokaugu stādījumos ir novērota augsnes auglības samazināšanās, minerālu un oglekļa līdzsvara izmaiņas, paaugstināti ugunsgrēka riski, kā arī bioloģiskās daudzveidības un dzīvotņu samazināšanās (Thornley, 2006). Kā papildus negatīvie vides aspekti biomasas audzēšanā ir mēslošanas līdzekļu izmantošana un papildus CO₂ emisijas, kas rodas, audzējot, novācot un transportējot biomasu. Lielu daļu no negatīvajiem aspektiem, kas rodas no intensīvas saimniekošanas, var samazināt vai novērst, izvēloties piemērotu apsaimniekošanas plānu (Saez et al., 1998). Apsaimniekošanas plānu, kas ietver apsaimniekošanas darbību uzskaitījumu stādījumu audzēšanas laikā, ieteicams izveidot pirms stādījumu ierīkošanas.

Lai efektīvi izmantotu zemes resursu, stādījumus iespējams ierīkot teritorijās ar zemes nogrūvumu riskiem, plūdu apdraudētās teritorijās, paralēli maģistrālajiem autoceļiem un dzelzceļa līnijām, kā arī citās teritorijās, kas nav piemērotas lauksaimniecības kultūraugu audzēšanai. Ātraudzīgie koki, salīdzinot ar viengadīgiem

lauksaimniecības kultūraugiem, labāk aug pārmitrās augsnēs un plūdu skartās teritorijās. Stādījumu ierīkošana lauksaimniecības zemēs, kurās sācies dabiskais apmežošanās process, var būt laikietilpīgi un finansiāli neizdevīgi, jo vispirms jāveic apauguma novākšana un pastiprināta augsnes sagatavošana, ko var apgrūtināt celmi un koku saknes (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. Papildus koksnes produktiem, kas tiek izmantoti enerģijas ražošanā, stādījumi uzlabo ūdens kvalitāti, palielina bioloģisko daudzveidību, nodrošina dažādus ekosistēmas pakalpojumus (medības, biškopība, uguns aizsardzība), samazina dzīvnieku slimības, augsnes eroziju, mēslojuma un pesticīdu ienesi, uzlabo klimatiskos apstākļus, piesaistot CO₂.

Stādījumus ar nelieliem aprites periodiem, piemēram, kārkļu stādījumus, kuru aprites periods ir 3-5 gadi, var izmantot fitoatveseļošanas nolūkos (piesaistot smagos metālus kadmiju (Cd) un cinku (Zn)), kā arī organiskā piesārņojuma samazināšanai. Augšanas gaitā kārkli piesaista šos metālus, kas pēc tam kopā ar koksni tiek iznesti no platības (Quinn et al., 2004; Dimitriou et al., 2011b). Kokaugu stādījumi augšanas laikā fiksē oglekli no atmosfēras, tādējādi kompensējot oglekļa dioksīdu, kas vēlāk izdalās, sadegot biomasai.

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 labai 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.

Ātraudzīgo kokaugu stādījumos novērots lielāks bezmugurkaulnieku īpatsvars, kam par pamatu ir mazāka mēslojuma un pesticīdu lietošana. Īsirtmeta atvasāju stādījumus ieteicams ierīkot teritorijās ar zemu bioloģisko daudzveidību (Dimitriou, Rutz., 2014). 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.

Stādījumu ierīkošana ir piemērota vietās ar augstu zemes erozijas risku, tādēļ tos iesaka ierīkot pie kūdras ieguves vietām, kas palīdz samazināt vēja eroziju. Stādījumus iesaka ierīkot blakus dzīvnieku audzētavām, jo atvasāji labi piesaista slāpekli (N), kas palīdz samazināt pārmērīgu ūdensaugu savairošanos tuvējās ūdenstilpnēs un gruntsūdeņu piesārņojumu (Lazdiņa, Lazdiņš, 2011). Atsevišķi kokaugu stādījumi (apses hibrīdu, papeļu) piesaista meža zvērus, tādēļ atsevišķos gadījumos blakus ātraudzīgajiem kokaugu stādījumiem iespējams izvietot medību torņus, kas ļauj efektīvāk regulēt dzīvnieku populācijas blīvumu konkrētajā teritorijā un pasargāt stādījumus. Stādījumus nevajadzētu ierīkot platībās ar stāvošu ūdeni, jo kokaugu saknēm ir nepieciešams skābeklis, tos var ierīkot plūdu apdraudētās teritorijās ar mainīgu ūdens līmeni.

Stādījumi ir piemēroti meža putnu ligzdošanai, kā arī pavasarī tajos ir iespējams ierīkot bišu dravu. Piemēram, par būtisku pavasara nektāra un putekšņu avotu tiek

uzskatīt kārkli. Atsevišķas kokaugu sugas augot spēj piesaistīt kadmiju (Cd), tādēļ tās rekomendē audzēt bijušajās lauksaimniecības zemēs, kas ilgstoši mēslojas. Šādās platības kādu laiku iesaka audzēt īscirtmeta atvasājus, kas samazina kadmija (Cd) koncentrācijas risku pārtikas produktos (Dimitriou, Rutz, 2014). Pārtraucot platības izmantošanu ātraudzīgo kokaugu audzēšanai, to ir iespējams atgriezt lauksaimnieciskajā ražošanā.

Stādījumu augstums var pārsniegt 8 m, tāpēc uzmanība jāpievērš vietas un sugu (klonu) izvēlei. Visi īscirtmeta atvasāji nebūs piemēroti stādīšanai zem elektrolīnijām, pie dzelzceļa vai automaģistrāļu malās. Tirgū ir pieejamas sugas un kloni, kuri ir piemēroti stādīšanai vietās, kurās ir augstuma vai platuma ierobežojumi (Lazdiņa, Lazdiņš, 2008). Izvēloties stādīt kārklu stādījumus zem elektrolīnijām, ir jāizvēlas augšanas apstākļiem piemēroti kloni.

Stādījumus vēlams ierīkot tuvu pie augoša meža, tādējādi tos dabiski iekļaujot jau esošā ainavā, īpaši tas vēlams, ja stādījumus prognozēts novākt pēc ilgāka laika (10-25 gadi), kā piemēram, apšu hibrīdu zāgbaļķa plantāciju meži. Lai nepadarītu ainavu vienveidīgu, jāizvairās ierīkot stādījumus vietās, kur tos no visām pusēm ieskauj mežs. Stādījumus nav ieteicams stādīt tiešā arhitektūras pieminekļu un kultūrvēsturisko objektu tuvumā. Lai atdzīvinātu ainavu, stādījumus ieteicams ierīkot pie rūpniecības objektiem un rūpniecisko teritoriju tiešā tuvumā. Šādos gadījumos ieteicams izvēlēties kokaugu sugu klonus, kuru veģetācijas cikli atšķiras, tādējādi iegūstot pievilcīgāku ainavu pavasarī un rudenī.

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. Mēslojuma ienese augsnē, salīdzinot ar tradicionālo lauksaimniecības kultūraugu apsaimniekošanu, nav izplatīta prakse. Lielākoties mēslošana tiek veikta stādījumu ierīkošanas brīdī, vēlākajos gados barības vielas tiek iegūtas sadaloties lapām, saknēm un atmirušajai koksnei (Dimitriou, Rutz, 2014). Pesticīdi stādījumu ierīkošanā tiek izmantoti nelielos daudzumos vai netiek izmantoti vispār. Kokaugu stādījumi pieskaitāmi pie zemas intensitātes lauksaimniecības prakses, kas tiek uzskatīta par ilgtspējīgu zemes apsaimniekošanas veidu.

Apkopojot analizēto informāciju, autors uzskata, ka, lai samazinātu oglekļa emisijas nākotnē, jāpalielina atjaunojamo resursu, tajā skaitā biomasas, izmantošana enerģijas ražošanā. Ekonomiskā izaugsme līdz šim ir notikusi pateicoties arvien efektīvākai enerģijas izmantošanai. Lai turpinātu ekonomisko izaugsmi pasaulē, enerģijas ražošanas apjomi ir jāpalielina. Līdz 21. gs. sākumam tas ir noticis, palielinot fosilo resursu izmantošanas apjomus un efektivitāti. Fosilo resursu izmantošana ir novedusi pie klimata izmaiņām, kuru novēršanai kā risinājums tiek piedāvāts atjaunojamo resursu izmantošanas palielināšana kopējā enerģijas ražošanā. Atjaunojamie resursi tiek uzskatīti par videi draudzīgākiem resursiem, salīdzinot ar fosilajiem resursiem. Lauksaimniecības zeme, kas netiek izmantota pārtikas ražošanai, sekmīgi var tikt izmantota atjaunojamo resursu ražošanā, audzējot tajā biomasu, ātraudzīgo kokaugu stādījumus, jo salīdzinot ar tradicionālajiem lauksaimniecības kultūraugiem, to audzēšanai nav nepieciešamas augstas kvalitātes un auglības zeme. Stādījumus, papildus biomasas ražošanai, tiek nodrošināti un atbalstīti ekosistēmu pakalpojumi, kas ir svarīgi kopējās vides aspektu uzlabošanā. Stādījumi tiek klasificēti kā zemas intensitātes lauksaimniecības prakse, kas tiek uzskatīta par videi draudzīgu un ilgtspējīgu zemes apsaimniekošanas veidu. Autors uzskata, ka neizmantotas

lauksaimniecības zemes izmantošana biomasas ražošanai ir uzskatāms par ekonomiski pamatotu zemes izmantošanas veidu.

1.3. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu definīcijas un vēsturiskā attīstība / *Fast-growing woody crop plantation definitions and historical development*

Ātraudzīgie kokaugu stādījumu definīcijas dažādās valstīs atšķiras, tāpat kā atšķiras kokaugu sugas, kas tiek izmantotas stādījumos.

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. Latvijas apstākļos koki visbiežāk netiek audzēti kopā ar zālaugiem kā monokultūras un tiek saukti par kokaugu stādījumiem. 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. Starptautiskais agromežsaimniecības izpētes centrs (*The International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF)*) agromežsaimniecību definē kā dinamisku un ekoloģisku dabas resursu vadības sistēmu, kas, iestādot kokus lauksaimniecības zemēs, diversificē un rada ražošanas sistēmu ar lielāku sociālo, ekonomisko un vides pievienoto vērtību. 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. 2015. gada Ministru kabineta noteikumi Nr.126 "Tiešo maksājumu piešķiršanas kārtību lauksaimniekiem" nosaka, ka tiešos maksājumus var saņemt par platību, kurā stāda un audzē viena vecuma īscirtmeta atvasāju sugas – apsi (*Populus* spp.), kārklu (*Salix* spp.) vai baltalksni (*Alnus incana*) – ar piecu gadu maksimālo cirtes

aprites laiku un kurā saskaņā ar meliorācijas kadastra datiem pēc stāvokļa 2011. gada 1. jūlijā nav reģistrētas meliorācijas sistēmas, kā arī pēc 2011. gada 1. jūlija nav no jauna izveidota meliorācijas sistēma.

Vēsturiski ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšana ir attīstījusies no atvasāju mežsaimniecības, kas ir pazīstama jau no aizvēstures laikiem, kad no stādījumiem tika iegūta kurināmā koksne un dažādi koksnes materiāli. Atvasāju mežsaimniecība ir mežsaimniecības veids, kurā lapkoku audzes tiek ataudzētas no atvasēm (Bisenieks, 2005). Arheoloģiskie izrakumi ļauj konstatēt, ka neolīta perioda cilvēkiem bijuši pieejami pietiekami attīstīti darbarīki, lai varētu nocirst un apstrādāt kokus, kuru diametrs pārsniedz 25 cm (Iversen, 1956). O. Rackams (*Rackham*) (1990) izpētījis, ka Neolīta perioda cilvēki koksnī no atvasājiem izmantojuši vairāk kā koksnī no tradicionālā meža, galvenokārt pateicoties mazākām koku dimensijām. S.C. Varens-Vrens (*Warren-Wren*) (1972) uzskata, ka apzināta kārķļu un vītoli pavairošana stādījumos ar spraudņiem veikta no neatminamiem laikiem. Kārķļi un vītoli izmantoti kurināmā ieguvē, virvju pīšanā, grozu un darbarīku izgatavošanā (Perlin, 1991). Senās Romas impērijas laikā atvasāji stādīti, izmantojot iepriekš sagatavotas stādījumu shēmas, tikusi rēķināta ražība un aprēķinātas darbaspēka izmaksas (Rackham, 1990).

Eiropā par agromežsaimniecības izmantošanas sākumu, kādu to pazīstam šobrīd, uzskata viduslaikus, kad mazvērtīgas mežaudzes nocirta, ciršanas atliekas sadedzināja un lauksaimniecības produktus audzēja noteiktu laika periodu, pēc kura atjaunoja mežaudzi. Atsevišķos gadījumos lauksaimniecības kultūraugus audzēja kopā ar kokiem, noteiktu laiku, visbiežāk līdz koki izauga pietiekami lieli un sāka noēnot lauksaimniecības kultūraugus. Šobrīd šādu apsaimniekošanas sistēmu Eiropā vairs neizmanto, tomēr līdz 20. gs. sākumam to piekopa atsevišķos reģionos Somijā un Vācijā (King, 1987).

Pirmās papeļu šķirnes Eiropā no Ziemeļamerikas atveda pirmie ceļotāji 17. un 18. gs., lai iestādītu tās savos privātajos dārzos. Neilgi pēc atvešanas sākās šo papeļu dabiskā krustošanās ar vietējām sugām, kas pirmoreiz aprakstīta Francijā 1755. gadā, kā rezultātā radās tā saucamās Kanādas papeles (*P. × canadensis* Moench). Šīs papeles uzrādīja labākus augšanas rādītājus, salīdzinot ar vietējām šķirnēm, un no 18. gs. pirmās puses sākās šo šķirņu stādīšana plantācijās. Jaunās papeļu šķirnes kļuva par pirmajiem hibrīdajiem kokiem, kurus izmantoja plantāciju mežsaimniecībā (Eckenwalder, 2001). Pirmā dokumentētā mākslīgā papeļu hibrīdizācija tika veikta 1912. gadā Londonā, kā rezultātā tika izveidotas jaunas šķirnes. Pirmā plaša mēroga papeļu selekcijas un audzēšanas programma tika sākta ASV 1924. gadā. Programmas rezultātā tika atlasīti kloni, kas uzrādīja labākus augšanas rādītājus, augstāku aukstumizturību un izturību pret dažādām slimībām (Stout, Schreiner, 1933). Vēlākajos gados šādas programmas tika izveidotas arī Kanāda un Eiropā. Pirmais zinātniskais institūts, kas nodarbojās ar papeļu pētīšanu, Papeļu audzēšanas eksperimentālais institūts (*Instituto di Spertmentazione perla Pioppicoltura* (ISP)), dibināts 1937. gadā Itālijā. Pirmā starptautiskā papeļu komisija Apvienotās Nāciju Organizācijas (ANO) Pārtikas un lauksaimniecības organizācijā (*United Nations Food and Agriculture Organizations* (FAO)) izveidota 1947. gadā (Dickmann, 2006). 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 kārķļu izmantošanas iespējām šķeldas ražošanā (Daugaviete et. al., 2015). Visvairāk izmantotā kokaugu suga ātraudzīgajos stādījumos ir kārķlis. Ātraudzīgos stādījumos iespējams audzēt atšķirīgos klimatiskos apstākļos un dažādās augsnēs. Kārķļi uzrāda labus augšanas rādītājus reģionos ar īsāku veģetācijas 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).

Kārklu 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. sešdesmitajos gados. Pārsvārā, stādījumi tiek izmantoti kā enerģētiskie stādījumi, no kuriem tiek iegūts kurināmais materiāls, kas tiek izmantots elektroenerģijas un siltuma ražošanā. (Kasanen et al., 2002; Haapala et al., 2004). 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 kokaugu 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. Piemēram, Zviedrijā lielākā daļa kārklu stādījumu īpašnieku ir lauksaimnieki (Rosenqvist et al., 2000). Stādījumus nereti uzskata par lauksaimniecības un mežsaimniecības apvienojumu, jo tiek audzēti koki, kuru apsaimniekošana ir tuvāka mežsaimniecībai, tajā pašā laikā, tas tiek darīts lauksaimniecības zemēs.

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, kārklis) dažādās valstīs atšķiras, tomēr galvenās pētniecības tēmas, kas saistītas ar ātraudzīgo atvasju 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.

Dažādās Eiropas valstīs ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas principi atšķiras, tāpat kā plašāk izmantotās kokaugu sugas un stādījumu platības. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu platības un izmantotās kokaugu sugas dažādās Eiropas valstīs apkopotas 1.1. tabulā.

1.1. tabula / *Table 1.1*

Ātraudzīgo kokaugu stādījumu platības un izmantotās kokaugu sugas dažādās Eiropas valstīs / *SRC plantation areas and woody crop species used in different Europe countries*

| Valsts | Koku sugas | Kopējā platība, ha | Apraksts |
|----------|-----------------|--------------------|--|
| Austrija | Papeles, kārkli | 2236 | Stādījumi uz lauksaimniecības zemēm ar īsu rotācijas periodu enerģētiskās koksnes ražošanai. Stādījumi ar rotācijas periodu līdz 30 gadiem netiek uzskatīti par mežu, bet par lauksaimniecības produktu. |

1.1. tabulas turpinājums / *Continuation of Table 1.1*

| Valsts | Koku sugas | Kopējā platība, ha | Apraksts |
|-----------|---|--------------------|--|
| Horvātija | Papeles, kārkli | 26 | Stādījumi ierīkoti nelielās (eksperimentālās) platībās ar mērķi pārbaudīt dažādus papeļu un kārķļu klonus. Pārsvārā tiek stādītas papeles. |
| Čehija | Papeles, kārkli | 2088 | Stādījumi lauksaimniecības zemēs, ja koku skaits pārsniedz 1000 kokus. Stādījumus nav atļauts ierīkot uz auglīgām lauksaimniecības zemēm. Maksimālais stādījumu rotācijas periods ir 10 gadi un maksimālais stādījumu mūža ilgums 30 gadi. Pēc stādījumu mūža ilguma sasniegšanas stādījumi jānovāc un nākamajos stādījumus var ierīkot pēc 3 gadiem. Hibrīdo apsi atļauts stādīt tikai saņemot īpašu atļauju un to ir aizliegts stādīt aizsargājamās teritorijās. Pārsvārā tiek stādītas papeles. |
| Dānija | Kārķli | 6000 | Lielākā daļa stādījumu ierīkoti 1990. gados. |
| Igaunija | Hibrīdā apse, kārķli, baltalksnis | 1100 | Stādījumi lauksaimniecības zemēs, pārsvārā tiek stādīta hibrīdā apse. |
| Somija | Hibrīdā apse, kārķli, baltalksni, purva bērzs | 1000 | Stādījumi lauksaimniecības zemēs, pārsvārā tiek stādīti kārķli. |
| Francija | Papeles, kārķli | 2500 | Stādījumi lauksaimniecības zemēs. Atsevišķi tiek uzskaitīti īscirtmeta stādījumi (7-10 gadi) un ļoti īsas aprites stādījumi 2-4 gadi). Pārsvārā tiek audzētas papeles, mazākās platībās kārķli. |
| Vācija | Papeles, kārķli, robīnija | 6000 | Stādījumi lauksaimniecības zemēs ar mērķi ražot enerģētisko koksni. Ja stādījumu rotācijas periods nepārsniedz 20 gadus, tie tiek uzskaitīti par lauksaimniecības produktiem. Pārsvārā tiek audzētas papeles. |
| Īrija | Papeles, kārķli | 3000 | Galvenokārt tiek audzēti kārķli. |
| Itālija | Papeles, kārķli, robīnija, eikalīpts | 6500 | Galvenokārt tiek audzētas papeles. |
| Lietuva | Papeles, kārķli. hibrīdā apse, baltalksnis | 3000 | Galvenokārt tiek audzēti kārķli un hibrīdā apse. |
| Polija | Papeles, kārķli | 8700 | Stādījumi lauksaimniecības zemēs ar mērķi ražot enerģētisko koksni. Pārsvārā tiek audzēti kārķli. |
| Slovākija | Papeles, kārķli | 670 | Stādījumi meža un lauksaimniecības zemēs ar mērķi ražot enerģētisko koksni. Stādījumus atļauts izvietot arī meža zemēs. |
| Zviedrija | Papeles, kārķli | 16 000 | Stādījumi lauksaimniecības zemēs ar mērķi ražot enerģētisko koksni. Pārsvārā tiek audzēti kārķli un tie tiek uzskaitīti par lauksaimniecības produktu. |
| Anglija | Kārķli, kastaņa | 8000 | Stādījumi uz lauksaimniecības zemēm ar mērķi ražot enerģētisko koksni. Pārsvārā tiek audzēti kārķli. Kopējā kārķļu platība 2010. gadā bija 0.5% no lauksaimniecībā izmantotās aramzemes. |

Avots: autora apkopojums pēc: Lazdiņa, Celma, 2017; Reimo, 2017; Hauk et al., 2014; Dimitriou et al., 2011a; Dimitriou et al., 2011b; Clark, 2013; Weitz, 2014; SRC production in...

2014; Evstishenkov, 2016; Mola-Yudego, 2010; *Quantifying environmental effects...*, 2011; Mosiej et al., 2013; Konstantinaviciene et al., 2017.

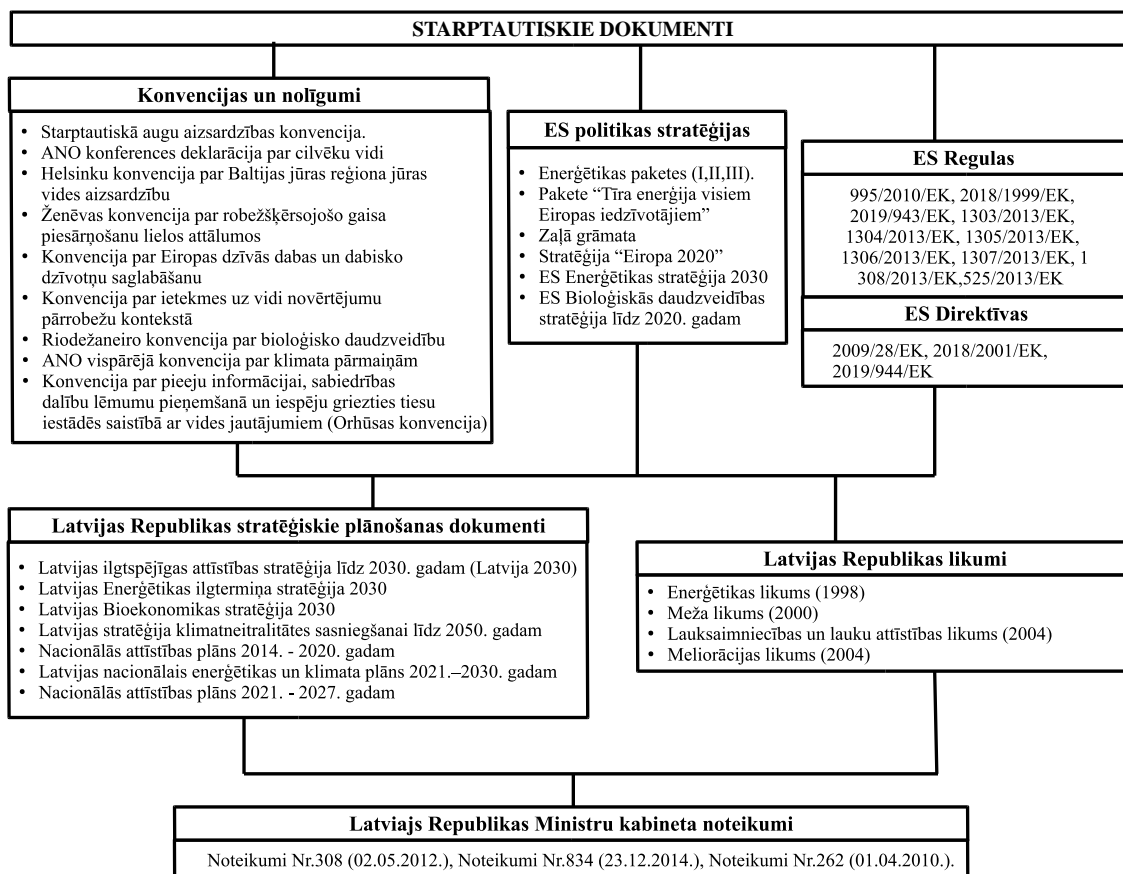
Atsevišķās Eiropas valstīs ātraudzīgos kokaugu stādījumus nestāda, to platība nepārsniedz 100 ha vai arī tiek stādīti kā zinātniskie stādījumi. Piemēram, Albānijā stādījumi ierīkoti ar mērķi ražot enerģētisko koksni. Beļģijā ir ierīkoti stādījumi ar īsu aprites periodu enerģētiskās koksnes ražošanai lauksaimniecības zemēs. Stādījumi ar aprites periodu līdz 8 gadiem Beļģijā netiek uzskatīti par mežu, bet par lauksaimniecības produktu. Nīderlandē stādījumi lauksaimniecības zemēs tiek audzēti ar mērķi ražot enerģētisko koksni, kur minimālais stādu skaits ir 10 000 stādi hektārā un aprites periods nav īsāks par 10 gadiem. Cītās Eiropas valstīs, kā Bulgārijā, Norvēģijā, Grieķijā, Rumānijā, Slovēnijā, Šveicē, Spānijā un Portugālē stādījumi tiek praktizēti pētniecības nolūkos.

Ātraudzīgo kokaugu stādījumu vēsturiskais attīstības izvērtējums ļauj autoram spriest, ka vēsturiski ātraudzīgo kokaugu izmantošana biomasas ražošanai ir pazīstama no aizvēstures laikiem, kad galvenais stādījumu produkts bija kurināmā koksne. Šādu stādījumu apsaimniekošanai nebija nepieciešami sarežģīti darbarīki, tādēļ to produkti (koksne, miza, zari) tika izmantoti vairāk kā produkti no tradicionālā meža. Analizējot un apkopojot informāciju par ātraudzīgo kokaugu audzēšanas pieredzi Eiropā, autors secina, ka pētījumi par ātraudzīgo kokaugu stādījumiem tiek veikti daudzās pasaules valstīs, tajā skaitā gandrīz visās Eiropas valstīs. Plašāk izmantotās kokaugu sugas ātraudzīgajos kokaugu stādījumos Eiropas valstīs ir papeles, apšu hibrīdi un kārkli. Eiropas valstīs, kurās visvairāk tiek praktizēti kokaugu stādījumi, ir Zviedrija, Anglija, Polija, Itālija, Vācija un Dānija. Latvijā visvairāk izmantotās kokaugu sugas mērķtiecīgi ierīkotos ātraudzīgo kokaugu stādījumos ir kārkls, papele un apšu hibrīdi.

1.4. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu biomasas izmantošanas atjaunojamās enerģijas ražošanā normatīvo aktu un plānošanas dokumentu bāze Latvijā / *Documentary base for the fast-growing woody crop plantations biomass usage in renewable energy production in Latvia*

Atjaunojamās enerģijas ražošanu no biomasas ietekmē dažādi dokumenti: 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. Reglamentējošie normatīvie akti un plānošanas dokumenti apkopoti 1.2. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

1.2. att. / Fig. 1.2. Galvenie atjaunojamās enerģijas ražošanas no biomasas normatīvie akti un plānošanas dokumenti Latvijā 2020. gadā / Key legal documents regulating renewable energy production from biomass in Latvia in 2020.

Šajā nodaļā autors ir izvērtējis un apkopojis informāciju par starptautiskajiem dokumentiem un konvencijām, kā arī ES un Latvijas līmeņa normatīvo ietvaru un plānošanas dokumentiem, kas attiecas uz biomasas ieguvu un atjaunojamās enerģijas ražošanu.

Biomasa izmantošanu enerģijas ražošanā un kokaugu stādījumu ierīkošanu netieši veicina un nosaka sekojoši starptautiskie dokumenti un konvencijas:

- Starptautiskā augu aizsardzības konvencija;
- Apvienoto Nāciju Organizācijas konferences deklarācija par cilvēku vidi;
- Konvencija par Baltijas jūras aizsardzību (Helsinku konvencija);
- Ženēvas konvencija par robežšķērsojošo gaisa piesārņošanu lielos attālumos;
- Konvencija par Eiropas dzīvās dabas un dabisko dzīvotņu saglabāšanu;
- Konvencija par ietekmes uz vidi novērtējumu pārrobežu kontekstā;
- Riodežaneiro konvencija par bioloģisko daudzveidību;
- Konvencija par pieeju informācijai, sabiedrības dalību lēmumu pieņemšanā un iespēju griezties tiesu iestādēs saistībā ar vides jautājumiem (Orhūsas konvencija);
- ANO vispārējā konvencija par klimata pārmaiņām.

Pētījumā uzskaitītās Konvencijas 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. Tālāk sekoja noteikumu izstrāde, kas bija saistīti ar starptautisko sadarbību ūdens un gaisa piesārņojuma samazināšanā, kā arī ietekmes uz vidi novērtēšanu pārrobežu kontekstā. Palielinoties starptautiskajai sadarbībai vides novērtēšanā, tika izstrādāti noteikumi, kas saistīti ar bioloģiskās daudzveidības elementu ilgtspējīgu izmantošanu un resursu izmantošanas ieguvumu godīgu un vienlīdzīgu sadali. Nepieciešamība pēc vienlīdzīgas un godīgas sadales veicināja noteikumu izstrādi, kas saistīti ar informācijas pieejas nodrošināšanu sabiedrībai, lai tā var piedalīties lēmumu pieņemšanā par vides jautājumiem. Sabiedrības attieksme par vides jautājumiem, kas saistīti ar klimata pārmaiņām veicināja noteikumu izstrādi, kas paredz SEG emisiju samazinājumu līdz 2030. gadam vismaz par 40%. Biomasas, tajā skaitā enerģētiskās koksne no ātraudzīgajiem kokaugu stādījumiem, tiek uzskatīta par videi draudzīgu energoresursu, kas līdz 2030. gadam ļaus samazināt SEG emisijas pasaulē.

Aktualizējoties klimata pārmaiņu jautājumiem, ES ir sākusi pakāpenisku pāreju uz ekonomiku ar zemu oglekļa emisijas līmeni. Pāreja tiek veicināta izmantojot dažādus politiskos instrumentus, kuru mērķis ir izveidot ekonomiku ar zemu enerģijas patēriņu, izmantot drošu, konkurētspējīgu, ilgtspējīgu un vietēji ražotu enerģiju. ES līmenī ir izstrādāta virkne politikas dokumentu attiecībā uz atjaunojamo resursu izmantošanu enerģijas ražošanai, kas ietver arī biomasas, kā atjaunojama resursa izmantošanu.

Papildus starptautiskajām konvencijām un nolīgumiem, Latvijai kā ES dalībvalstij, ir jāņem vērā ES pieņemtās stratēģijas, regulas un direktīvas.

Stratēģijas nosaka vispārīgos politikas mērķus. Eiropas Komisija (EK) izstrādā ES stratēģijas un tās īsteno ar politikas dokumentu palīdzību.

Regulas ir juridiski saistoši tiesību akti un tās ir jāpiemēro pilnībā visās dalībvalstīs. Tās ir saistošas visām dalībvalstu fiziskajām un juridiskajām personām. Pēc regulas stāšanās spēkā, tās iegūst saistošu spēku visā ES teritorijā, un kļūst par katras dalībvalsts tiesību sistēmas daļu, bez valsts tiesību aktu starpniecības. Piemēram, 2013. gada 17. decembrī pieņemtā **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.

Direktīvas ir tiesību akti, kas nosaka visām dalībvalstīm sasniedzamos mērķus. Mērķu sasniegšanai katra dalībvalsts ir tiesīga izstrādāt savus pasākumus. Dalībvalstīm līdz norādītajam termiņam ir jāiestrādā direktīvu nosacījumi valsts tiesību aktos. Piemēram, **Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva (ES) 2018/2001 par no atjaunojamiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu, kas tika pieņemta 2018. gadā** un 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 biomasas, 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.

Attīstības plānošanas dokumenti izvirza mērķus un sasniedzamos rezultātus attiecīgajā politikas jomā un tiek izstrādāti ilgtermiņam (līdz 25 gadiem, kā piemēram, Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģijas), vidējam termiņam (līdz 7 gadiem, kā

piemēram, Nacionālais attīstības plāns) un īstermiņam (līdz 3 gadiem). Darbā apskatītie Latvijas normatīvie akti ir Latvijas republikas likumi un Ministru kabineta noteikumi.

Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam (Latvija 2030) tika pieņemta 2010. gada 10. jūnijā. Stratēģija kā vienu no mērķiem nosaka *nodrošināt valsts enerģētisko neatkarību, palielinot energoresursu pašnodrošinājumu un integrējoties ES enerģijas tīklos*. Stratēģijā tiek akcentēts, ka *Latvijas rīcībā ir pietiekami AER (koksne, ūdens, vējš, biogāze, saule), lai palielinātu no tiem saražotās elektroenerģijas apjomu*. Kā arī turpmāk, *renovējot esošās un ceļot jaunas katlu mājas un koģenerācijas stacijas, siltumenerģijas ražošanā noteikti jāizmanto vietējie energoresursi – koksne, salmi, niedres un, pielietojot videi draudzīgas iegūšanas metodes, arī kūdra*. Stratēģija nosaka, ka Valsts enerģētisko neatkarību iespējams sasniegt uzlabojot *energoefektivitāti, palielinot vietējo atjaunojamo enerģijas resursu īpatsvaru enerģētikā, diversificējot energoresursu un enerģijas piegādes avotus un samazinot enerģijas importu*. Par AER izmantošanu un inovācijām tiek noteikts, ka, aktīvi veicinot pētniecību un jaunradi energoefektivitātes un AER jomā, iespējams uzlabot Latvijas ekonomikas konkurētspēju un radīt jaunas darba vietas. Kā arī, ka lauksaimniecībā neizmantotās zemes būtu iespējams izmantot biodegvielas ražošanai piemērotu energokultūru audzēšanai. Pārejai no fosilajiem uz vietējiem AER ir nepieciešams īpašs valsts atbalsts un koksnei ir vislielākais izmantošanas potenciāls kā atjaunojamajam energoresursam (Latvijas ilgtspējīgas attīstības..., 2010). Koksnes biomasa 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 Enerģētikas ilgtermiņa stratēģija 2030 – konkurētspējīga enerģētika sabiedrībai tika izsludināta 2012. gada 27. septembrī. Stratēģija tika radīta, lai piedāvātu enerģētikas politikas scenāriju, kas raugās ne vien uz enerģētikas sektora attīstību, bet skata to kontekstā ar klimata politiku, ES saistošo ietvaru SEG emisiju samazināšanai. Viens no stratēģijas mērķiem ir 2030. gadā nodrošināt 50% AER īpatsvaru bruto enerģijas galapatēriņā, kas tiks darīts palielinot koksnes izmantošanu enerģijas ražošanā.

Latvijas Bioekonomikas stratēģija 2030 tika pieņemta Ministru kabinetā (MK) 2017. gada 19. decembrī. Tās vīzija ir, ka *Latvijas bioekonomikas nozares (tajā skaitā lauksaimniecība un mežsaimniecība) ir līderes dabas kapitāla vērtības saglabāšanā, palielināšanā un efektīvā un ilgtspējīgā izmantošanā Baltijas valstīs*. Stratēģijas 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 neizmantotās LIZ, kā arī aizaugušu LIZ pārvērst par mežu platībām, kas nākotnē nav paredzētas izmantot lauksaimniecības produktu audzēšanai (Latvijas bioekonomikas stratēģija..., 2017). Daļu no šīm platībām ir iespējams izmantot ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai, neveicot zemes transformāciju par meža platībām, bet saglabājot kā lauksaimniecības zemes.

Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam tika izsludināta 2018. gadā un to izstrādāja Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. Tas ir ilgtermiņa plānošanas dokuments ievērojot klimata pārmaiņu mazināšanas mērķus. Dokumentā oglekļa maziētelpīga attīstība (OMA) raksturota kā: *“...ilgtspējīga ekonomiskā, vides un sociālā attīstība, kas balstīta gan uz zemām*

antropogēnām (cilvēku darbības radītām) siltumnīcefekta gāzu (turpmāk – SEG) emisijām un augstu oglekļa dioksīda (turpmāk – CO₂) piesaistes līmeni, gan noturību pret klimata pārmaiņām, to radīto risku mazināšanu un klimata pārmaiņu radīto ieguvumu izmantošanu”. OMA stratēģijas mērķis līdz 2050. gadam ir: “...samazināt Latvijas tautsaimniecības radītās SEG emisijas par 80% salīdzinot ar 1990. gadu un palielināt oglekļa piesaisti, pilnībā nosedzot Latvijas antropogēno SEG emisiju apjomu un sasniedzot oglekļa neitralitāti” (Latvijas stratēģija klimatneitralitātes..., 2019). Viens no uzdevumiem sekmīgai stratēģijas īstenošanai ir ilgtspējīga zemes apsaimniekošana un pakāpeniska pāreja no fosilajiem energoresursiem uz atjaunojamiem resursiem izmantojot koksnes biomasu enerģijas ražošanā.

Nacionālās attīstības plāns 2014.-2020. gadam tika apstiprināts 2012. gada 20. decembrī. Plānā tika teikts, ka *Latvija ir bagāta ar atjaunojamajiem energoresursiem, kas šobrīd netiek pietiekamā apjomā izmantoti enerģijas ražošanai valstī, tādēļ rīcības plāns paredz veicināt vietējo, atjaunojamo resursu izmantošanu enerģijas ražošanā. Kā viens no veicamajiem uzdevumiem tika noteikts atjaunojamo energoresursu izmantošana enerģijas ražošanā, samazinot atkarību no fosilajiem energoresursiem, un energoefektivitātes veicināšana centralizētajā siltumapgādē.* Viens no energoresursu ilgtspējīgas izmantošanas mērķa sasniegšanas rādītājiem tika noteikts, ka *no atjaunojamiem energoresursiem saražotās enerģijas īpatsvaram kopējā bruto enerģijas galapatēriņā 2020. gadā jāsasniež vismaz 40%* (Nacionālais attīstības plāns..., 2012). Plānā kā galvenais atjaunojamais resurss tika minēta biomas, kas ir uzsvērts arī **Nacionālās attīstības plānā 2021.-2027. gadam**, kas tika apstiprināts 2020. gada 2. jūlijā. Plānā 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 (Nacionālais attīstības plāns..., 2019).

Latvijas nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021.-2030. gadam tika pieņemts 2020. gada 4. februārī. Plāns ir veidots kā dokuments ilgtermiņa enerģētikas un klimata politikas plānošanai, kas nosaka Latvijas valsts enerģētikas un klimata politikas pamatprincipus, mērķus un rīcības virzienus līdz 2030. gadam. Viens no plāna 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 CO₂ piesaistes palielināšana zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektorā” (Latvijas nacionālais enerģētikas..., 2020).

Enerģētikas likums (1998). Likuma mērķis ir nodrošināt enerģijas lietotāju efektīvu, drošu un kvalitatīvu apgādi ar enerģiju pieprasītajā daudzumā un par pamatotām cenām, kā arī veicināt vietējo, atjaunojamo un sekundāro energoresursu izmantošanu, un veicināt saudzējošu enerģētikas ietekmi uz vidi un vidi saudzējošu efektīvu tehnoloģiju izmantošanu (Enerģētikas likums, 1998). Likums definē biomasu, kā vienu no atjaunojamiem energoresursiem, kas ir viens no produktiem, ko iespējams iegūt ātraudzīgo kokaugu stādījumos.

Meža likums (2000). Likuma mērķis ir veicināt meža ekonomiski, ekoloģiski un sociāli ilgtspējīgu apsaimniekošanu un izmantošanu, visiem meža īpašniekiem vai tiesiskajiem valdītājiem nodrošinot vienādas tiesības, īpašuma tiesību neaizskaramību un saimnieciskās darbības patstāvību un nosakot vienādus pienākumus. Likums 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 (Meža

likums, 2000). 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). Likuma mērķis ir radīt tiesisku pamatu lauksaimniecības attīstībai un noteikt ilglaicīgu lauksaimniecības un lauku attīstības politiku saskaņā ar ES kopējo lauksaimniecības politiku un kopējo zivsaimniecības politiku. Likums nosaka lauksaimniecības un lauku attīstības politikas īstenošanu, uzraudzību un novērtēšanu, lai sekmētu šīs politikas ilglaicīgu attīstību. Likums 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. (Lauksaimniecības un lauku..., 2004). Stādījumi, kas tiek audzēti īsāku aprites periodu (1-15 gadi), kā piemēram kārklu un baltalkšņa, tiek audzēti kā kokaugu stādījumi.

Meliorācijas likums (2004). Likuma mērķis ir nodrošināt tādu meliorācijas sistēmu pārvaldības mehānismu, kas veicina dabas resursu ilgtspējīgu apsaimniekošanu un izmantošanu, nodrošina iedzīvotāju drošībai un labklājībai, infrastruktūras attīstībai nepieciešamo ūdens režīmu, kā arī racionālu meliorācijas sistēmu būvniecību, ekspluatāciju, uzturēšanu un pārvaldību. (Meliorācijas likums, 2004). Likums 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. (Meža atjaunošanas, meža..., 2012). Apses hibrīdus, baltalksni un kārkļus ir atļauts audzēt kā plantāciju mežu, ievērojot minimālais koku skaits, kas ir 800 koki hektārā.

Veicot ātraudzīgo kokaugu stādījumu mēslošanu LIZ ir jāievēro MK 2015. gada 8. janvāra noteikumi Nr. 834 "**Prasības ūdens, augsnes un gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma**". Šie noteikumi nosaka ūdens un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskās darbības radītā piesārņojuma (Prasības ūdens, augsnes...2014). Šie noteikumi ir saistoši, ja ātraudzīgo kokaugu stādījumus prognozēts mēslo ar notekūdeņu dūņām, minerālmēsliem vai digestātu.

Normatīvo aktu un plānošanas dokumentu izvērtējums Latvijā 2020. gadā, ļauj autoram spriest, ka biomasas un atjaunojamās enerģijas ražošanu, kā arī ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanu, audzēšanu, ielabošanas materiālu izmantošanu, novākšanu un enerģijas ražošanu, ietekmē konvencijas un nolīgumi, ES politikas stratēģijas, regulas un direktīvas, kā arī Latvijas Republikas plānošanas dokumenti, likumi un ministru kabineta noteikumi. Pētījumā analizētās Konvencijas iezīmē starptautisko noteikumu hronoloģisku attīstību, kas sākas ar augu un dzīvnieku aizsardzības noteikumu izstrādi 1950-tajos gados, kam seko cilvēka atbildības par vidi definēšana 1970-tajos gados, kam seko 1990-to gadu beigās pieņemtie noteikumi par ikvienas personas tiesībām dzīvot tīrā vidē, kas rezultējas starptautiskā līgumā par siltumnīcas gāzu koncentrācijas stabilizāciju atmosfērā, kas paredz pakāpenisku atteikšanos no fosilo resursu izmantošanas un atjaunojamo energoresursu izmantošanas palielināšanu. ES stratēģiskās plānošanas dokumentos, kā viens no atjaunojamajiem energoresursiem, kas aizstās fosilos resursus ir nosaukta koksnes biomasas. ES regulās ir noteikts sekmēt atjaunojamo energoresursu, tajā skaitā koksnes biomasas, piegādi un

izmantošanu bioekonomikas vajadzībām. ES direktīvā 2018/2001 ir noteikts veicināt no atjaunojamiem energoresursiem iegūtās enerģijas izmantošanu. Latvijas Republikas stratēģijās un plānos ir noteikts enerģijas ražošanā izmantot vietējos energoresursus, tajā skaitā koksnī. Izvēloties ražot koksnī ātraudzīgo kokaugu stādījumos, Latvijas Republikas likumi un ministru kabineta noteikumi nosaka kārtību, kādā jāierīko un jāapsaimnieko stādījumi, ražojot tajos koksnes biomasu. Pētījumā analizētajos normatīvajos dokumentos un plānošanas dokumentos ir noteikts atbalstīt un veicināt atjaunojamu energoresursu ražošanu, tajā skaitā koksnes biomasas iegūšanu ātraudzīgo kokaugu stādījumos.

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

1. Sabiedrības labklājības attīstība vienmēr ir bijusi cieši saistīta ar enerģijas iegūšanu un izmantošanu, sākot ar primāro vajadzību apmierināšanu kā ēdiens un siltums, beidzot ar enerģijas izmantošanu produktu ražošanā un pakalpojumu nodrošināšanā.
2. Ilgtspējīgas zemes izmantošanas principi ir racionāla zemes apsaimniekošana, kas maksimāli apmierina sabiedrības un katra indivīda vajadzības pēc ekonomiskas izaugsmes, sociālas attīstības un vides saglabāšanas.
3. Lauksaimniecības zeme, kas netiek izmantota pārtikas ražošanai, sekmīgi var tikt izmantota atjaunojamo resursu ražošanā, audzējot tajā koksnes biomasu, ātraudzīgo kokaugu stādījumos, kas tiek klasificēti kā zemas intensitātes lauksaimniecības prakse un tiek uzskatīti par videi draudzīgu un ilgtspējīgu zemes apsaimniekošanas veidu.
4. Ātraudzīgo kokaugu sugu izmantošana biomasas ražošanai ir pazīstama no aizvēstures laikiem, kad koksnes ieguvei nebija nepieciešami sarežģīti darbarīki un tā tiek turpināta arī mūsdienās, kad tiek veikta kokaugu krustošana ar mērķi iegūt jaunas kokaugu šķirnes izmantošanai stādījumos.
5. Lauksaimnieciskajā ražošanā neizmantotas zemes izmantošana biomasas ražošanai ātraudzīgajos kokaugu stādījumos ir uzskatāms par ekonomiski pamatotu zemes izmantošanas veidu.
6. Plašāk izmantotās kokaugu sugas ātraudzīgajos kokaugu stādījumos Eiropas valstīs ir papeles, apšu hibrīdi un kārkli, ar lielākajām platībām Zviedrijā, Apvienotajā Karalistē, Polijā, Itālijā, Vācijā un Dānijā.
7. Starpvalstu konvencijas un nolīgumi ir saistoši ES valstīm, tajā skaitā Latvijai, un to ievērošana padara biomasas izmantošanu enerģijas ražošanā videi draudzīgāku, ekonomiski pamatotāku un ilgtspējīgu, kā pasaules, tā ES un Latvijas kontekstā.
8. Latvijai, kā ES dalībvalstij ir jāsasniedz ES izvirzītais mērķis enerģijas ražošanā, kas nosaka, ka atjaunojamās enerģijas īpatsvaram 2030. gadā jābūt vismaz 32% no kopējās saražotās enerģijas un līdz 2030. gadam emisijas ir jāsamazina par 40% salīdzinot ar 1990. gada līmeni.
9. Latvijas Bioekonomikas stratēģija 2030 paredz palielināt zemes izmantošanas efektivitāti lauksaimniecībā, iesaistot ražošanā ap 400 tūkst.ha neizmantotas LIZ, savukārt Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam, kā uzdevumu izvirza ilgtspējīgu zemes apsaimniekošanu un pakāpenisku pāreju no fosilajiem energoresursiem uz atjaunojamiem resursiem, ierīkojot ātraudzīgos kokaugu stādījumus neizmantotās LIZ šīs zemes tiktu efektīvi izmantotas, kā arī tiktu ražoti atjaunojami energoresursi.

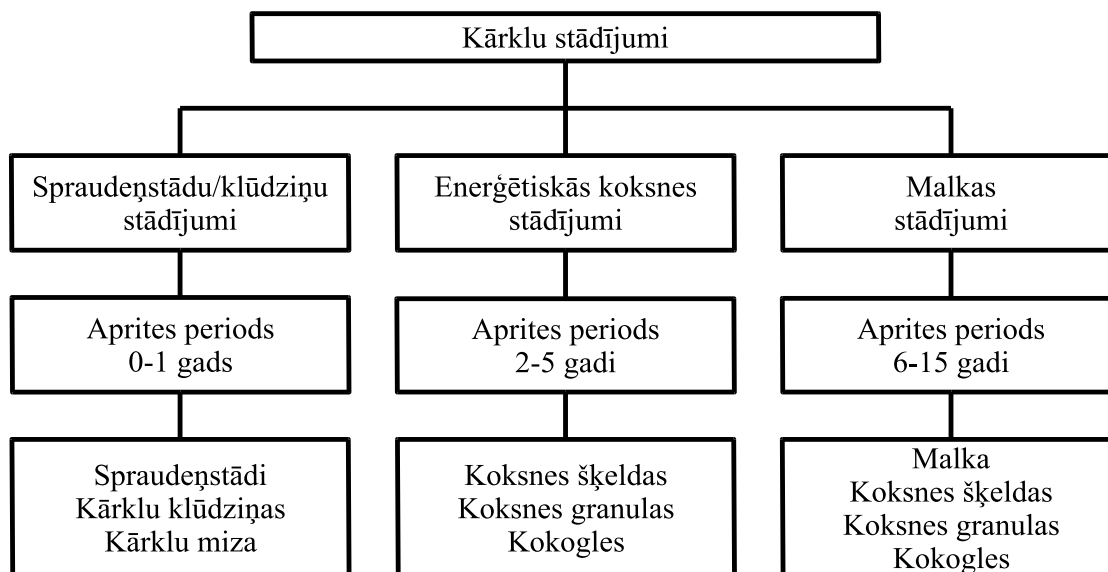
2. KĀRKLU, APŠU HIBRĪDU UN BALTALKŠŅA ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU UN IERĪKOŠANAS AGROTEHNOLOĢISKO KRITĒRIJU IZVĒRTĒJUMS AUDZĒŠANAI NEIZMANTOTĀS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS LATVIJĀ / *WILLOW, ASPEN HYBRID AND GREY ALDER WOODY CROP PLANTATION GROWING MODELS AND AGROTECHNOLOGICAL CRITERIA EVALUATION FOR GROWING IN UNUSED AGRICULTURAL LANDS IN LATVIA*

Koks un tā produkti ir viens no svarīgākajiem atjaunojamajiem resursiem Ziemeļvalstīs. Koksnes šķelda no kokaugu stādījumiem, viegli iegūstama un ekoloģiska, ir alternatīva fosilajiem resursiem, kas tiek izmantoti enerģijas ražošanā. Ātraudzīgie stādījumi var dot ieguldījumu ilgtspējīgā zemes apsaimniekošanā - radot jaunas darbavietas lauku apvidos, nodrošinot zemniekus ar papildus ienākumiem, palielināt atjaunojamo energoresursu izmantošanu, efektīvi apsaimniekot līdz šim neizmantotas zemes platības.

Šajā nodaļā autors ir izvērtējis un apkopojis informāciju par stādījumu veidiem un to ierīkošanas galvenajiem principiem. Latvijas apstākļiem piemērotākās kokaugu sugas ātraudzīgo stādījumu ierīkošanai - kārklis, apšu hibrīdi un baltalksnis.

2.1. Kārklu stādījumi / *Willow plantations*

Kārkli tiek uzskatīti par vienu no perspektīvākajām sugām, kuru iespējams izmantot ātraudzīgajos kokaugu stādījumos lauksaimniecībā neizmantotās zemēs Ziemeļeiropas reģionā (Hall, House, 1994). Kārklu stādījumi piesaista kadmiju (Cd) un citus smagos metālus, kas veicina kopējo dabas piesārņojuma samazināšanos (Danny, 2010). Ierīkojot stādījumus, tiek dažādota lauku ainava, kā arī tie uzrāda pozitīvu CO₂ bilanci (Gonzalez-Garcia et al., 2012). Kārkli uzrāda augstu ražību un salīdzinoši lielu biomasas pieaugumu, salīdzinot ar citām kokaugu sugām (Mola-Yudego, 2010). Dabā plaši sastopamas daudzas kārklu sugas, tomēr tikai nedaudzas ir piemērotas izmantošanai kārklu īsircmeta stādījumos. Dažādu kārklu sugu krustošana, lai iegūtu piemērotus hibrīdus, kas būtu piemēroti izmantošanai stādījumos (pietiekami ātraudzīgi ar lielu biomasas pieaugumu) un atvieglotu apsaimniekošanu (veidotu uz augšu vērstu vainaga formu) sāka 1970. gadā (Manual for SRC..., 2012). Selekcijas rezultātā kārklu stādījumu ražība no 1980. līdz 2000. gadam palielinājās par 60%. Palielinoties kārklu izmantošanai enerģijas ražošanā, darbs pie stādmateriāla uzlabošanas un selekcijas tiek turpināts, uzsvāru liekot uz biomasas pieaugumu (Lindegaard et al., 2001). Kārkli ir viena no piemērotākajām ātraudzīgo kokaugu sugām, kas izmantojama biomasas ražošanā, kas tālāk var tikt izmantota enerģijas ražošanai. Tomēr enerģijas ražošana no biomasas ir tikai viens no veidiem, kā izmantot kārklus. Tos var izmantot grozu izgatavošanā, pīto mēbeļu ražošanā un pilsētas teritorijas apzaļumošanā. Kārklu mizā atrodami salicilāti, no kuriem iegūst aspirīnu, tāpat mizas izvilkumus iespējams izmantot iekaisumu ārstēšanai. Lielākais aktīvo vielu daudzums novērots 2 gadus veciem kokiem rudens sezonā (Kenstaviciene et al., 2009). Tāpat koksne no kārklu stādījumiem var tikt izmantota skaidu plāksnēs mēbeļu ražošanā un otrās paaudzes degvielā (Guidi et al., 2009; Stolarski et al., 2011). Kārklu stādījumus atkarībā no izmantošanas veida var iedalīt spraudņu (klūdziņu), enerģētiskās koksnes un malkas stādījumos. Kārklu stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida attēlots 2.1. attēlā.



Avots: autora konstrukcija pēc izmantotās literatūras

2.1. att. /Fig. 2.1. **Kārķļu stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida / Willow plantation distribution according to type of use.**

Kārķļu spraudēstādu stādījumi tiek izmantoti stādmateriāla pavairošanai un pārdošanai. Stādījumu rotācijas periods parasti nepārsniedz 1 gadu. Stādmateriāls rudenī tiek novākts, pa ziemu glabāts vēsumā, pavasarī sagatavots stādīšanai un tirgots. 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). Kārķļu audzētāji bez iepriekšējas saskaņošanas var pavairot un tirgot kārķļu šķirnes, kas nav reģistrētas un sertificētas reģistrā. Pārsvārā tās ir kārķļu šķirnes, kas paredzētas klūdziņu ražošanai.

Kārķļu šķirnes, kas paredzētas biomasas ražošanai un kuru selekcija prasa vairākus gadus, parasti ir aizsargātas un reģistrētas, un to tirgošana bez īpašnieka atļaujas ir aizliegta. Latvijā populārākās un plašāk izmantotās šķirnes ir Zviedrijā selekcionētās kārķļu šķirnes, kas paredzētas biomasas (šķeldas) ražošanai. Plašāk izmantotās Zviedrijā selekcionētās kārķļu šķirnes: 'Emma', 'Klara', 'Inger', 'Tordis', 'Tora', 'Lisa', 'Linnea', 'Stina'. Eiropas Reģionālas attīstības fonda (ERAF) atbalstīta projekta ietvaros Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava" (LVMI Silava) tika selekcionētas un reģistrētas vietējās izcelsmes kārķļu šķirnes 'Monika' un 'Visvaldis'. Abas kārķļu šķirnes izmantojamas gan kā dekoratīvās šķirnes, gan biomasas ieguvei un to izmantošana komerciāliem mērķiem jāsaskaņo ar LVMI Silava.

Spraudeņstādu stādījumos kārķļi tiek stādīti vienlaidus rindās vai dubultrindās (atkarībā no izmantotās tehnikas), stādmateriāla novākšana un sagatavošana notiek reizi gadā no vēla rudens līdz agram pavasarim. Pēc novākšanas stādmateriāls tiek glabāts vēsumā un pavasarī sagatavots stādīšanai, izmantojot garās vicas vai spraudēņus.

Atsevišķos gadījumos spraudēstādu stādījumi uzrāda līdz 20 reizēm lielākus ekonomiskos ienākumus nekā koksnes šķeldas stādījumi (Stolarski et al., 2017).

Kārķļu klūdziņu stādījumi tiek izmantoti kārķļu klūdziņu ražošanai, kas tālāk tiek izmantotas dažādu pinumu (mēbeles, grozi, kastes) un dekoratīvo elementu (žogi, dekorācijas, statujas) izgatavošanā. Kārķļu klūdziņas tiek audzētas vienu gadu, novāktas katru gadu rudenī un ziemas periodā sagatavotas pīšanai. Vietējās kārķļu sugas, kas tiek

izmantotas kārķu klūgu ieguvei: klūdziņu kārķis (*Salix viminalis*), purpura kārķis (*Salix purpurea f. Lambertiana*), vicu kārķis (*Salix triandra*), smaillapu kārķis (*Salix acutifolia*), baltais vītols (*Salix alba*) (Lazdiņa, Lazdiņš, 2011).

Klūdziņu stādījumos kārķi tiek stādīti vienlaidus rindās (netiek izmantotas dubultrindas) un pēc pirmā gada tiek atsēdināti uz celma. Atsēdināšana uz celma ir laupu koku virszemes daļas nogriešana, lai panāktu jaunu un spēcīgu dzinumu veidošanos no celmos snaudošajiem pumpuriem (Mangalis, 2005). Stādījumu ierīkošanas biežība 25-100 tūkst. gab. ha⁻¹ ar stādīšanas shēmu 0.1-0.4 m × 1 m (Padomi lauksaimniecībā neizmantoto..., 2004). 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. Ievākto vicu sagatavošana par amatniecībā izmantojamu materiālu var aizņemt vairākas nedēļas, kuru laikā tās tiek žāvētas, vārītas, mizotas vai citādi sagatavotas atkarībā no izmantošanas veida.

Kārķu vicas tiek tirgotas pēc svara, par resnumu un garumu vienojoties pirms sagatavošanas. No viena hektāra iespējams iegūt 10-12 tonnas sagatavotu vicu. Stādījumu dzīves ilgums ir līdz 20 gadiem (Willows for Cuttings, 2013). Pasaulē kārķu klūdziņu stādījumu produkcijas tiek tirgota uzņēmumos vai sūtīta pa pastu. Latvijā kārķu klūdziņas tiek audzētas mazos apjomos, lielākoties to dara amatnieki savām vajadzībām vai pēc iepriekšēja pasūtījuma.

Kārķu stādījumi enerģētiskās koksnes ieguvei ir galvenais kārķu izmantošanas veids. Kārķi 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). Kārķu stādi tiek stādīti vienu reizi stādījumu dzīves laikā, pēc katras biomasas novākšanas tie ataug no celmu atvasēm.

Stādīšana notiek pavasarī un vasaras pirmajā pusē (marts-jūnijs) un novākšana ziemā (novembris-janvāris), kad augšana ir apstājusies un nobirušas lapas. Stādījums sastāv no blīvi sastādītiem un ātri augošiem dažādiem vai vienas šķirnes kārķu kloniem. Stādīšanas blīvums ir 12000-15000 stādi uz hektāra un aprites periods 3-5 gadi (Helby et al., 2006). Latvijas apstākļos atsevišķi kloni uzrāda augstākus ražības rādītājus, tādēļ iespējams stādījumu ciklu saīsināt līdz 3-4 gadiem, kas dod iespēju ātrāk atgūt ieguldītos līdzekļus un paātrināt līdzekļu apriti.

Stādījumu izveidošanā un apsaimniekošanā patērētā enerģija attiecībā pret stādījumu dzīves laikā saražoto enerģiju ir 1:20. Patērētā enerģija ierīkojot, uzturot un novācot stādījumus ir 5% no kopējās enerģētiskās vērtības (Lazdiņš et al., 2005; Stolarski et al., 2015). Enerģijas attiecība kārķu šķeldas ražošanā ir robežās no 1:55 līdz 1:80 (Heller et al., 2004), kur lielākais enerģijas patēriņš nepieciešams veicot pļaušanu un šķeldošanu (30%) (Danny, 2010). Stādījumu pēc katra novākšanas cikla nav nepieciešams atjaunot, tas notiek dabiski ar celmu atvasēm (Lazdiņa, 2009). Parasti stādījums tiek audzēts 25 gadus.

Viens no svarīgākajiem rādītājiem, lai uzlabotu stādījumu ekonomiskos rādītājus, neskaitot ierīkošanas, darbaspēka, apsaimniekošanas un novākšanas izmaksas, ir stādījumu ražība (Bucholz, Volk, 2011). Vidējie kārķu stādījumu ražības rādītāji Latvijas apstākļos ir 8-12 t_{sausnas} ha⁻¹ gadā, atsevišķās gadījumos līdz 30 t_{sausnas} ha⁻¹ gadā (Zalewski, Wagner, 2005; Lazdiņa, 2009, Mola-Yudego, 2010, Technical guide short..., 2010, Larsen et al., 2014). Stādījumu ražību ietekmē faktori, kurus ir ļoti grūti izmainīt, kā piemēram, augsnes īpašības, klimatiskie apstākļi un ūdens režīms. Stādījumu ražība nākotne varētu palielināties, pateicoties jaunu, ražīgāku kārķu klonu selekcijai (Ericsson et al., 2006). Pētījumi liecina, ka kārķu īscirtmeta atvasājus ir ekonomiski audzēt tad, ja biomasas pieaugumam ir vismaz 8-9 t_{sausnas} ha⁻¹ gadā (Rosenqvist,

Dawson, 2005). Faktori, kurus iespējams ietekmēt ir saistīti ar pareizu stādījumu ierīkošanu un apsaimniekošanu, kas ietver atbilstoša kлона izvēli, augsnes sagatavošanu, rindu izvietojumu, agrotehnisko kopšanu, novākšanu un ielabošanu.

Lai uzlabotu stādījumu ražību, pirms stādīšanas un pēc katras pļaušanas ieteicams veikt augsnes ielabošanu. Pētījumi rāda, ka stādījumu ielabošanai Latvijas apstākļos piemērotākie augsnes ielabošanas līdzekļi ir koksnes pelni, notekūdeņu dūņas un minerālmēsli (Lazdiņš et al., 2005). Koksnes pelnus no katlumājām visbiežāk ir iespējams iegūt bez maksas, sedzot tikai transportēšanas izdevumus.

Izmantojot notekūdeņu dūņas stādījumu ielabošanā, tās iespējams iegūt no bioloģiskās attīrīšanas stacijām. Dūņu izmantošanas izmaksas atkarīgas no vairākiem faktoriem, kā piemēram, sausas satura dūņās, mēslojuma devas, iestrādes tehnoloģijas un transportēšanas attāluma. Notekūdeņu dūņas dod pozitīvu efektu koku stumbru augstuma un caurmēra pieaugumam enerģētiskās koksnes stādījumos (Notekūdeņu dūņu izmantošana..., 2005). Mēslošanā drīkst izmantot apstrādātas notekūdeņu dūņas, kā arī kompostu un iestrādes jāsaņem atbilstošo iestāžu atzinums par smago metālu koncentrāciju un vides reakciju (Noteikumi par notekūdeņu..., 2006). Parasti dūņas iespējams iegūt par velti, jāsedz tikai iestrādes un transporta izdevumi, kas veido lielāko daļu no izdevumiem. Dūņas nav izdevīgi transportēt lielos attālumos, jo tajās ir augsts mitruma saturs. Dūņas augsnē iestrādā ar mēsli ārdītājiem. Lai palielinātu dūņu ielabošanas efektu, pirms iestrādes tās ieteicams sajaukt ar koksnes pelniem, kas ir minerālās barošanās elementu papildus avots (Lazdiņa et al., 2007; Lazdiņa, 2009). Paralēli biomasas ražošanai stādījumi var tikt izmantotas kā notekūdeņu filtri pie pilsētām, biofiltri pie lieliem ražošanas uzņēmumiem vai buferjoslas gar upēm un ezeriem (Klang-Westin, Eriksson, 2003; Mirck et al., 2005).

Lai stādījumu novākšanu padarītu ātrāku un to varētu veikt mašinizēti, stādījumos attālums starp dubultrindām ir 1.5 metri un starp rindām 0.75 metri. Attālums starp spraudņiem tiek mainīts atkarībā no stādījumu biežības. Stādāmais materiāls ir viena no dārgākajām pozīcijām kārkļu īscirtmeta atvasāju ierīkošanā (Makovskis et al., 2012). Lielāko daļu no ātraudzīgajiem kloniem aizsargā autortiesības un stādmateriālu iespējams iegādāties tikai pie licenzētajiem izplatītājiem par viņu noteiktajām cenām.

Mašinizēta stumbru novākšana var būt apgrūtināta platībās, kuru slīpums pārsniedz 13% (Johansson, 1994; Caslin, Finnan, 2016). Atkarībā no izvēlētas metodes, koksne tiek šķeldota vienlaicīgi ar pļaušanu vai vēlāk, pievedot stumbrus pie lauka malas un tur veicot šķeldošanu.

Kārkļu klonu selekcijas pētījumi sākti 20. gs. septiņdesmitajos gados Zviedrijā un Lielbritānijā. Kārkļu selekcija notiek arī citās Eiropas valstīs (Polijā, Francijā, Spānijā), kur tiek strādāts pie jaunu klonu izveides, kuri būtu piemēroti specifiskiem mitruma režīmiem un augšanas apstākļiem (Szcukowski et al., 2005; Selekcionēto kārkļu stādmateriāls..., 2017). Pēdējos gados Latvijā notiek dažādu kārkļu klonu un augsnes ielabošanas līdzekļu pārbaudes, lai atlasītu Latvijas apstākļiem piemērotākos klonus.

Kārkļu stādījumi ar vienlaidus platību virs 10 hektāriem tiek novāktas mašinizēti, izmantojot kombainus, kur novākšana un smalcināšana (šķeldošana) notiek vienlaicīgi. Lai atmaksātos izmantot kombainu, nepieciešami lieli vienlaidus stādījumi (virs 10 hektāriem), vai mazāki stādījumi (platībā zem 10 hektāriem), kas atrodas netālu viens no otra (līdz 5 kilometriem).

Maza apjoma stādījumu (ar vienlaidus platību zem 10 hektāriem) novākšana parasti notiek manuāli, izmantojot rokas instrumentus (krūmgriežus). Novāktie koku stumbri tiek žāvēti lauka malā un vēlāk sašķeldoti, izmantojot pārvietojamus šķeldotājus.

Atkarībā no stādījumu lieluma un blīvuma, var tikt izmantots mašinizētais vai manuālais stādījumu apsaimniekošanas modelis.

Mašinizētais stādījumu apsaimniekošanas modelis, kur stādīšana un pļaušana notiek mašinizēti. Parasti šādas tehnikas iegāde vai īre ir dārga, turklāt ne vienmēr pieejama sakarā ar nelielu iekārtu skaitu un izmantošanas laiku, kas parasti pārklājas (piemēram, pļaušana notiek zemes sasaluma periodā, kas ir 1-4 mēneši gadā). 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 apsaimniekošanas modelī visbiežāk tiek izmantota novākšanas + šķeldošanas metode. Kopā ar dzinumu pļaušanu notiek arī šķeldošana un sagatavotā biomasa tiek piegādāta klientam. Šajā metodē parasti biomasas netiek uzglabāta vai žāvēta uz lauka, tādēļ tā tiek realizēta ar salīdzinoši augstu mitruma saturu (Berhongeray et al., 2013). Novākšanā tiek izmantoti speciāli kombaini vai ar lauksaimniecības tehniku savietojamas pļaujmašīnas ar šķeldotājiem.

Lai izmantotu pļaušanas kombainus nepieciešamas vienlaidus platības virs 10 hektāriem, jaunu pļaušanas kombainu kopējās tehnikas iegādes izmaksas var pārsniegt 400 000.00 EUR (Pecenka et al., 2014). 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). Pļaujmašīnas, kuras iespējams savietot ar lauksaimniecības traktoru, tiek izmantotas mazākās platībās. Šādas iekārtas ir lētākas un vieglāk kopjamas. Šādu mašīnu iegādes cena ir 75 000.00-200 000.00 EUR (Pecenka et al., 2014). Kārklu stādījumu pļaušanas un šķeldošanas metodes apkopotas 2.2. attēlā.



Pļaušanas kombains



Pļaujmašīna savienota ar lauksaimniecības traktoru

Avots: *Our farming equipment, 2019; Berhongeray et al., 2013*

2.2. att. / Fig. 2.2. **Kārklu stādījumu pļaušanas un šķeldošanas metodes / Willow plantation cutting and chipping methods.**

Manuālais stādījumu apsaimniekošanas modelis, kur stādīšanu veic ar rokām vai mašinizēti, savukārt novākšana, izmantojot rokas darbarīkus (krūmgriežus). Šajā apsaimniekošanas modelī izmanto novākšanas + uzglabāšanas + šķeldošanas metodi. Šāda metode paredz biomasas novākšanu, uzglabāšanu un žāvēšanu lauka malā, un vēlāk šķeldošanu. Novākšana tiek veikta manuāli, izmantojot krūmgriežus, kas 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 šķeldošanu veic ar mobilajiem šķeldotājiem.

Metode paredz stumbru žāvēšanu pirms šķeldošanas, kas samazina mitruma saturu šķeldā (Balsari, Manzone, 2010). Šāda metode izmantojama vienlaidus stādījumos ar platību līdz 10 hektāriem. Kārķu stādījumu novākšanas metodes apkopotas 2.3. attēlā.



Mašīnizēta pļaušana



Manuāla pļaušana



Stumbru transports



Šķeldošana lauka malā

Avots: *Manual harvesting of...*, 2019; *Pecenka, Hoffmann, 2015*.

2.3. att. / Fig. 2.3. **Kārķu stādījumu novākšanas metodes / Willow plantation harvest methods.**

Svaigi novāktu kārķu šķeldas mitrums ir 40-50%, pēc šķeldošanas un kārķu šķeldas žāvēšanas 6-8 nedēļas tās mitrums samazinās līdz 25-35% (Growers guide to..., 2006; Technical guide short..., 2010). Zems mitruma saturs šķeldā saistīts ar zemāku kopējo masu, kas padara efektīvāku tās transportēšanu un palielinātu siltumspēju, kas ir svarīgi gadījumos, ja no tā atkarīga pārdošanas cena.

Nolemjot pārtraukt enerģētisko stādījumu izmantošanu, kārķu celmus sasmalcina un iear zemē, izmantojot lauksaimniecības tehniku. Neatkarīgi no augsnes sastāva, parasti 75-95% no kārķu saknēm atrodas 20-30 cm dziļumā, kur vismaz divas trešdaļas no saknēm diametrā ir mazākas par 1 mm (Crow, Houston, 2004). Nākošajā gadā pēc rekultivācijas zemi iespējams atgriezt lauksaimnieciskajā ražošanā un izmantot lauksaimniecības kultūraugu audzēšanai.

Kārķu stādījumi malkas ieguvei ir viens no kārķu 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. Apsaimniekojot ar atvasāju metodi, kārķu stumbri tiek pļauti līdz ar zemi un koksne tiek iegūta no atvasēm. Izmantojot apgriešanas metodi, tiek atstāts viens galvenais stumbrs, apgriešana

notiek 90-120 cm augstumā no zemes un koksne tiek iegūta no stumbra gala atvasēm (Grow Your Own..., 2018). Lai iegūtu taisnus un resnus stumbrus, pirmajā gadā iesaka stādījumus neatsēdināt uz celma un audzēt kā vienu stumbru. Pirmos malkas nogriežņus iespējams iegūt pēc 3-6 gadiem. Malku ieteicams žāvēt 6-12 mēnešus paceļot to virs zemes (Growing Fire Wood..., 2018). Atsevišķas kārkļu sugas iespējams izmantot zāģbaļķu stādījumos, kur koku skaits ir 500 koki hektārā un audzēšanas ilgums 20 gadi. Koki tiek audzēti kā atsevišķi stumbri (Willebrand et al., 1993). Latvijas apstākļos kārkļu malkas stādījumi netiek praktizēti, jo ekonomiski pamatotāka ir kārkļu izmantošana enerģētiskās koksnes stādījumos.

Autors secina, ka Ziemeļeiropas reģionā kārkli tiek uzskatīti par perspektīvu sugu, kuru izmantot ātraudzīgajos kokaugu stādījumos. Salīdzinot ar citām koku sugām, kārkli uzrāda augstus biomasas pieauguma rādītājus salīdzinoši īsā laika periodā. Kārkļu stādījumi, papildus biomasas ražošanai, piesaista smagos metālus, dažādo lauku ainavu un uzrāda pozitīvu CO₂ bilanci. Lai uzlabotu kārkļu stādījumu ražību, tiek veikta kārkļu selekcija, kuras rezultātā stādījumu ražība kopš 1980. gada ir dubultojusies. Plašāk izmantotie kārkļu stādījumu veidi ir spraudeņu, klūdziņu, malkas un enerģētiskās koksnes stādījumi. Spraudeņstādu stādījumus izmanto stādmateriāla pavairošanai, to aprites periods parasti ir viens gads. Klūdziņu stādījumu galvenais produkts ir kārkļu klūdziņas, kuras audzē vienu gadu un izmantotas pinumu ražošanā. Malkas stādījumu galvenais produkts ir malka un tos pārsvarā izmanto Eiropas dienvidu valstīs. Kārkļu stādījumi enerģētiskās koksnes ražošanai ir visvairāk izmantotais stādījumu veids Eiropā un Latvijas apstākļiem vispiemērotākais.

2.2. Apšu hibrīdu stādījumi / *Hybrid aspen plantations*

Apšu hibrīdu (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) stādījumi Latvijas 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 zāģbaļķis.

Amerikas apses krustošana pirmo reizi aprakstīta Vācijā 1920. gadā, kā rezultātā tika iegūta tā saucamā hibrīdā apse (Stenvall et al., 2004). Papeļu un apšu hibrīdu selekcija sākta Zviedrijā 20. gs. 40-tajos gados, kad tika atlasīti un krustoti kloni, kas visvairāk atbilda materiālam, kas nepieciešams sērkokociņu ražošanai (Rytter et al., 2001). Zviedrijā un Somijā tika ierīkoti pirmie apšu hibrīdu stādījumi Eiropā (Rytter, 2002, 2006). Igaunijā pirmie zinātnes nolūkiem paredzētie apšu hibrīdu stādījumi tika ierīkoti 1980-tajos gados un vēlāk tika atjaunoti 1999. gadā, kur primārais mērķis bija papīrmalkas ražošana (Tullus et al., 2007).

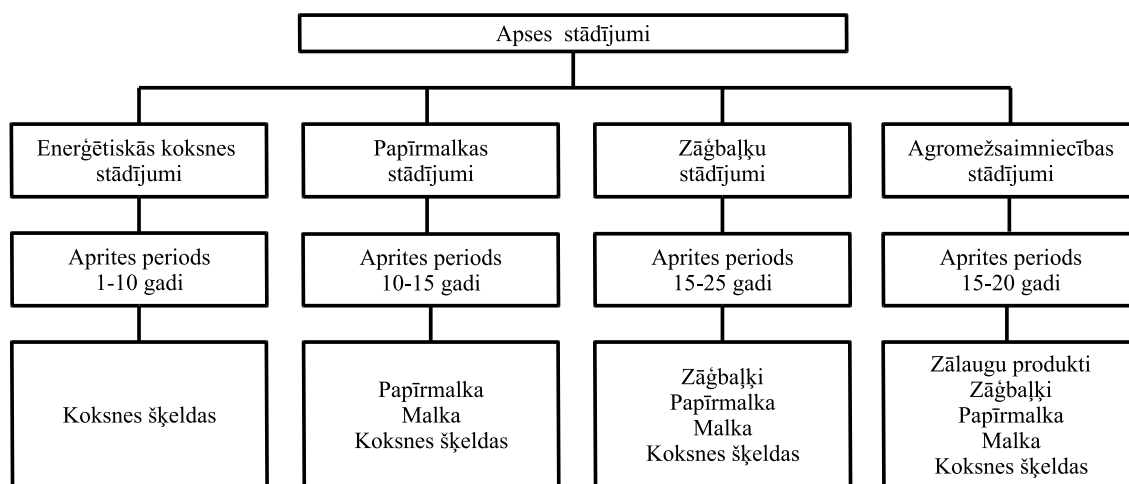
Latvijā apšu selekcija sākta pagājušā gadsimta 50-tajos gados, kad mežaudzēs tika atlasīti koki sēklu plantāciju ierīkošanai. Pirmie stādījumi ierīkoti pagājušā gadsimta 60-70-tajos gados, tajos tika izstādīti trīsgadīgi stādi un sēklu materiāls tika iegūts četros Latvijas reģionos. Labāko pēcnācēju tālākā atlase turpināta 1980-tajos gados un 2005. gadā. Apšu hibrīdu klonu, kas auguši bijušajās vai neizmantotajās lauksaimniecības zemēs, salīdzinot ar parasto apsi šādās zemēs, koksnes īpašību ziņā ir pārāki. Iepriekš veiktie pētījumi par apšu hibrīdu audzēšanu lauksaimniecības zemēs Latvijā uzrāda biomasas pieaugumu līdz 20 m³ ha⁻¹ koksnes gadā 15 gadus vecos stādījumos (Zeps, 2017). Liels biomasas pieaugums salīdzinoši īsā laikā apstiprina apšu hibrīdu potenciālu izmantošanas ātraudzīgajos kokaugu stādījumos Latvijā.

Apses ir ātri augošas un gaismu mīlošas koku sugas, kuras iesaka stādīt biomasas, papīrmalkas un zāģbaļķu ražošanai, pateicoties to augšanas īpašībām, izturībai pret aukstumu un slimībām (Karacic et al., 2003; Rytter, Stener, 2005; Lutter et al., 2016).

Šīs koku sugas 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). Nākošajās aprītes vai vēlākajos gados platības ieteicams ielabot (Ericsson, 1994). 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.

Apšu hibrīdu stādu skaits ir atkarīgs no stādījumu izmantošanas mērķa. Stādījumos ar īsāku rotāciju periodu (3-5 gadi) iesaka stādīt 10 000 stādus hektārā, kamēr ar garāku aprītes periodu (5-10 gadi) – 5000 kokus hektārā (Peschel, Weitz, 2013).

Apšu hibrīdu stādījumus atkarībā no izmantošanas veida var iedalīt enerģētiskās koksnes, papīrmalkas, zāģbaļķu vai agromežsaimniecības stādījumos, kuri apkopoti 2.4. attēlā.



Avots: autora konstrukcija pēc izmantotās literatūras

2.4. att. /Fig. 2.4. Apšu hibrīdu stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida /
Aspen plantation distribution according to type of use.

Galvenais **enerģētisko koksnes stādījumu** mērķis ir iegūt iespējami lielāku biomasu pēc iespējas īsākā laika periodā.

Lai nodrošinātu maksimālu finansiālo atdevi, enerģētiskās koksnes stādījumu aprītes 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 aprītes periodu 4 gadi biomasas pieaugums sasniedza $9 \text{ t}_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$ gadā (Rytter, 2006).

Latvijā ierīkotajos stādījumos ar sākotnējo biežību 2500 koki ha^{-1} vidējā krāja 10 gadu vecumā ir $160 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ un 5 produktīvāko klonu vidējā krāja sasniedz $230 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Zeps, 2017). Latvijā apšu hibrīdu enerģētiskās koksnes stādījumi netiek audzēti, galvenokārt dēļ augstajām stādu cenām, kas padara audzēšanu ekonomiski neizdevīgu.

Stādījumos papīrmalkas ieguvei aprītes 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 $7-15 \text{ t}_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$ 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 m³ ha⁻¹, un 5 produktīvāko klonu vidējā krāja sasniedz 285 m³ ha⁻¹ (Zeps, 2017).

Stādījumu 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 m³ ha⁻¹ koksnes gadā, tāda paša vecuma stādījumos Zviedrijā vidēji 12 m³ ha⁻¹ koksnes gadā (Tullus et al., 2012a; Beuker, 2000). 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 hektārā (Tullus et al., 2012b). Latvijas apstākļos lielākā investīciju atdeve ir zāģbaļķu 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 zāģbaļķu 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 (*Somaribba*) (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 daudzgadīga 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). Stādījumos tiek samazināti augsnes erozijas, zemes izskalošanās un virsmas noteces riski, kā arī veicināta bioloģiskā daudzveidība un uzlabota ainava (Cole, 2010; Paudel et al., 2011). Tajos ir lielāka augu un dzīvnieku daudzveidība, salīdzinot ar monokultūru stādījumiem (Noble, Dirzo, 1997; Guo, 2000). 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.

Autors secina, ka apšu hibrīdu stādījumi atkarībā no apstākļiem var tikt izmantoti enerģētiskās koksnes vai kokmateriālu ražošanai. Stādījumi ir ātri augoši, izturīgi pret slimībām un ārējiem dabas apstākļiem, kā arī tos iespējams ierīkot lauksaimniecībā neizmantojotās zemēs. Stādījumus iespējams piemērot tirgus situācijai un izmantot

dažādu produktu ražošanai. Pareizi ierīkoti stādījumi nodrošina biomasas iegūvi, atstāj mazu ietekmi uz vidi un augsni, un tiem ir salīdzinoši zemas ražošanas izmaksas. Latvijas apstākļos stādījumus iespējams izmantot kā enerģētiskās koksnes, papīrmalkas, zāģbaļķu vai agromežsaimniecības stādījumus. Enerģētiskās koksnes stādījumos galvenais produkts ir enerģētiskā koksne. Audzēšanas mērķis ir iegūt lielu biomasas apjomu pēc iespējas īsākā laika periodā tādēļ stādījumu aprites laiks nepārsniedz 10 gadus. Papīrmalkas stādījumu galvenais produkts ir papīrmalka, kuru iespējams iegūt 10-15 gadu periodā. Mainoties tirgus situācijai, papīrmalkas stādījumu apriti var pagarināt un izmantot zāģbaļķu audzēšanai. Zāģbaļķu stādījumu galvenais produkts ir zāģbaļķis un aprites periods ir 20-25 gadi. Mainoties apstākļiem, stādījumus iespējams novākt ātrāk un izmantot kā papīrmalkas stādījumus. Agromežsaimniecības stādījumi ir biomasas iegūšanas veids, kurš paredz secīgu zālaugu un koku audzēšanu vienā platībā, noteiktu laika periodu. To var uzskatīt par mežsaimniecības un lauksaimniecības praksi apvienojumu vienā platībā. Agromežsaimniecības stādījumi ļauj optimizēt izdevumus un, realizējot vairākus produktus no vienas zemes vienības, palielināt kopējos ienākumus. Latvijā iepriekš veiktie pētījumi par apšu hibrīdu audzēšanu uzrāda biomasas pieaugumu līdz $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ koksnes gadā 15 gadus vecos stādījumos, kas apstiprina šīs koku sugas izmantošanas potenciālu un padara šos stādījumus piemērotus Latvijas apstākļiem.

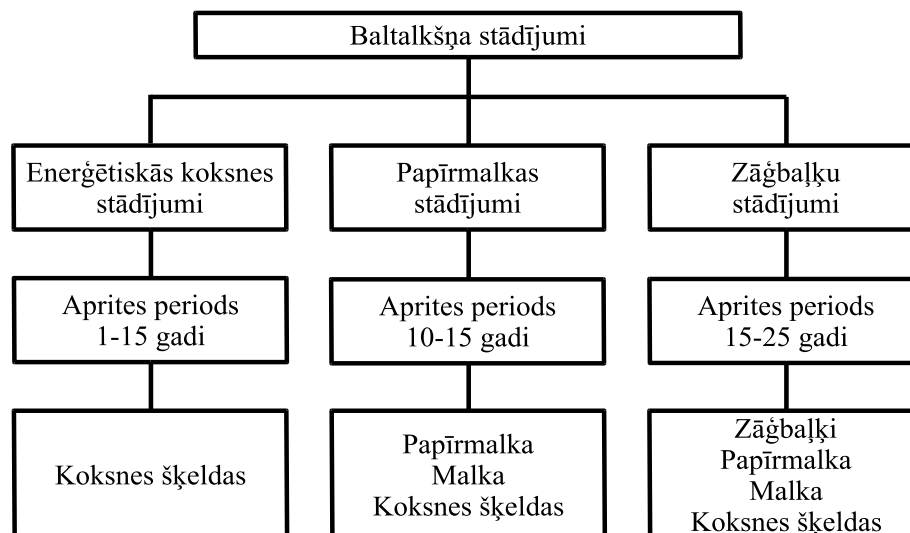
2.3. Baltalkšņa stādījumi / *Grey alder plantations*

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 koksnī (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.

Baltalkšņa audžu kopējā platība meža zemēs 2019. gadā Latvijā bija 238 840 ha (7% no kopējās meža platības Latvijā) (Meža nozare skaitļos..., 2020). Meža zemēs audžu atjaunošanās notiek dabiski ar sakņu un celmu atvasēm, pirmajā gadā sasniedzot 33 360-188 000 gab. ha^{-1} (Daugaviete et al., 2009), kamēr 20 gadu vecumā nekoptās audzēs koku skaits ir 5000 gab. ha^{-1} (Aossar et al., 2012). Pēdējo gadu laikā sakarā ar neizmantoto lauksaimniecības zemju apmežošanu, baltalkšņu platības ir palielinājušās arī neizmantotās lauksaimniecības zemēs.

Audzējot baltalksni ilggadīgajos stādījumos, iespējami trīs apsaimniekošanas scenāriji: enerģētiskās koksnes, papīrmalkas un zāģbaļķu stādījumi, kuri apkopoti 2.5. attēlā.



Avots: autora konstrukcija pēc izmantotās literatūras

2.5. att. / Fig. 2.5. Baltalkšņa stādījumu iedalījums pēc to izmantošanas veida / Grey alder plantation distribution according to type of use.

Baltalksni ieteicams stādīt auglīgās māla, mālsmilts un smilšmāla augsnēs, kur tas uzrāda augstu 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. Daugaviete ar līdzautoriem (2009) apkopojusi baltalkšņa stādījumu biomasas rādītājus dažādās valstīs, kur atkarībā no stādījumu veida, ikgadējie virszemes biomasas pieaugumi 2-40 gadus vecās audzēs ir 4-17 $t_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$, lielākos pieaugumus sasniedzot mēslošanās platībās.

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 biomasas sasniedz 1.3-3.2 $t \text{ ha}^{-1}$, bet divgadīgu 3.4-5.5 $t \text{ ha}^{-1}$ (Daugaviete et al., 2009). Citos pētījumos 1 gadu vecu atvasāju sausā biomasas ir 0.9-7.7 $t \text{ ha}^{-1}$, 2 gadus vecu 2.2-23.6 $t \text{ ha}^{-1}$, 3 gadus vecu 5.2-28.9 $t \text{ ha}^{-1}$, 4 gadus vecu 7.3-57.4 $t \text{ ha}^{-1}$

un 5 gadus vecu 15.2-64.4 t ha⁻¹ (Daugaviete, 2011). Aizaugušās lauksaimniecības zemēs koksnes krāja atkarībā no augsnes auglības 5 gadus vecos stādījumos ir 8-32 m³ ha⁻¹ (20-97.5 m³ šķeldas), 10 gadus vecos 20-102 m³ ha⁻¹ (50-255 m³ šķeldas) un 15 gadus vecos 34-178 m³ ha⁻¹ (85-445 m³ šķeldas). Kociņu 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.

Pētījumā, kas veikts Igaunijā, stādījumos kas ierīkoti uz neizmantotas lauksaimniecības zemes ar sākotnējo biežību 15 750 stādi hektārā, 5 gadus vecos stādījumos kopējais biomasas apjoms bija 15.9 t_{sausnas} ha⁻¹, ar 5. gada ikgadējo pieaugumu 6.4 t_{sausnas} ha⁻¹ (Uri et al., 2002). Tajā pašā platībā 12 gadu vecumā ar biežību 6780 koki hektārā, kopējais biomasas apjoms bija 68.8 t_{sausnas} ha⁻¹, ar 12. gada ikgadējo pieaugumu 4.0 t_{sausnas} ha⁻¹ (Uri et al., 2008). Pētījumā tika konstatēts, ka baltalksnis uzskatāms par perspektīvu sugu no vides un ekonomiskajiem aspektiem, lai to izmantotu lauksaimniecībā neizmantoto zemju apmežošanā. 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⁻¹ (Uri et al., 2008; Miezīte, 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⁻¹.

Lielākā koksnes uzkrāšanās novērota 40-50 gadus vecās baltalkšņu audzēs, kuras būtu vispiemērotākās kvalitatīvu kokmateriālu iegūšanai. Šāda vecuma aprites perioda izmantošana tiek saistīta ar trapes un sēņu slimību riskiem, tādēļ iesaka izmantot īsāku aprites periodu (Johansson, 1999; Aosaar et al., 2012). Izvēloties audzēt baltalksni **papīrmalkas un zāģbaļķu** ieguvei, optimālajam aprites periodam nevajadzētu pārsniegt 20-25 gadus. Biomasas pieaugums šādi apsaimniekotās platībās sasniedz 6-10 t_{sausnas} ha⁻¹ (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 m³ ha⁻¹ (Aosaar et al., 2012).

Latvijā baltalkšņu audzēs meža zemēs koksnes krāja 40 gadu vecumā var sasniegt 410 m³ ha⁻¹ (Miezīte, Dreimanis, 2013) un 25-30 gadu vecumā 250-400 m³ ha⁻¹, 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.

Autors secina, ka boreālo mežu zonā baltalksnis tiek uzskatīta par vienu perspektīvākajām koku sugām enerģētiskās koksnes un kokmateriālu ražošanai. Stādījumiem piemīt augsta produktivitāte, izturība pret slimībām, dzīvnieku bojājumiem un klimata pārmaiņām. Simbiozē ar gumiņbaktērijām baltalksnis spēj piesaistīt atmosfēras slāpekli, kas uzlabo augšanas apstākļus, tādējādi samazinot nepieciešamību pēc augsnes ielabošanas, neveicot augsnes ielabošanas pasākumu. Latvijas apstākļos stādījumus iespējams izmantot kā enerģētiskās koksnes, papīrmalkas vai zāģbaļķu stādījumus. 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 / *Evaluation of agro-technological criteria for establishment of fast- growing woody crop plantations*

Lai sekmīgi ierīkotu ātraudzīgos kokaugu stādījumus, ir jāņem vērā vairāki kritēriji, kas var ietekmēt sekmīgu stādījumu ierīkošanu. Kritēriji ļauj izvēlēties piemērotāko kokaugu sugu konkrētajā platībā, kurā plānots ierīkots stādījums. Kā arī pārbaudīt, vai izvēlēta kokaugu suga ir piemērota audzēšanai konkrētajā platībā. Agrotehnoloģiskie kritēriji ļauj labāk izvēlēties agrotehnoloģiskos paņēmienus kokaugu audzēšanai. Kritēriji, kas saistīti ar meteoroloģiskajiem faktoriem ir svarīgi, lai nodrošinātu stādījumu dzīvotspēju un stādu izaugšanos. 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. Kokaugu stādījumu ierīkošana var dot pozitīvo ietekmi meža ekosistēmu pakalpojumu attīstīšanai, paredzot kurināmās biomasas iegūšanu lauksaimniecībā neizmantotās platībās, samazinot to iegūšanu no meža zemēm.

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. Vidējā temperatūra var būtiski mainīties atkarībā no platības ģeogrāfiskā un ainaviskā novietojuma.

Ātraudzīgo kokaugu sugu izvēle konkrētā platībā atkarīga no vairākiem kritērijiem. Meteoroloģiskie un augsnes īpašības kritēriji ir primārie, kas nosaka ātraudzīgo kokaugu augšanu. Šie kritēriji jāņem vērā izvēloties stādījumu ierīkošanas vietu un piemērotāko kokaugu sugu. Ātraudzīgo stādījumu kokaugu sugas izvēles kritēriji atkarībā no meteoroloģiskajiem un augsnes faktoriem apkopoti 2.1. tabulā.

2.1. tabula / *Table 2.1*

Ātraudzīgo stādījumu kokaugu sugas izvēles kritēriji atkarībā no meteoroloģiskajiem faktoriem un augsnes īpašībām / *Selection criteria for fast-growing woody crop species depending on meteorological factors and soil properties*

| Nr. | Kritērijs | Kritērija apraksts | Kokaugu suga | | |
|-----|---|-------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| | | | Kārklis | Apšu hibrīdi | Baltalksnis |
| 1. | Ūdens režīms lauksaimniecībā neizmantotās zemēs | Platība applūstoša | - | - | - |
| | | Platība periodiski applūstoša | X | - | - |
| | | Platība nav applūstoša | X | X | X |
| 2. | Ilgadējais nokrišņu daudzums | Zem 600 mm | - | - | - |
| | | Virs 600 mm | X | X | X |

2.1. tabulas turpinājums / *Continuation of Table 2.1*

| Nr. | Kritērijs | Kritērija apraksts | Kokaugu suga | | |
|-----|-----------------------------------|--|--------------|--------------|-------------|
| | | | Kārklis | Apšu hibrīdi | Baltalksnis |
| 3. | Augsnes granulometriskais sastāvs | Smilšmāls, mālsmilts, mālainas smiltis, vidēji smagas māla augsnes | X | X | X |
| | | Māla augsnes | - | - | - |
| 4. | Augsnes skābums (pH) | < 5 | - | - | X |
| | | 5-7 | X | X | X |
| | | > 7 | - | - | X |

Avots: autora apkopojums pēc izmantotās literatūras.

Ūdens režīms un nokrišņu daudzums platībā ir svarīgi faktori, kas nosaka veiksmīgu stādījumu ieaudzēšanu un apsaimniekošanu. Nokrišņu daudzums, visbiežāk, vienā platībā ir vienmērīgs visā teritorijā, ja vien stādījums neatrodas, piemēram, kalna nogāžu pretējās pusēs, kas Latvijas apstākļos ir maz iespējams. 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. Ar nokrišņiem visbagātākie mēneši ir jūlijs un augusts, katrā no tiem nokrišņu daudzums ir 78 mm. Piemērotas ir platības ar vidēji neizzūstošām augsnēm, savukārt pārmitras un sausas augsnes nav piemērotas stādījumi ierīkošanai (Lazdiņš et al., 2005). Pazemināti mitruma apstākļi var kavēt stādījumu augšanu, savukārt palielināti mitruma apstākļi var sagādāt problēmas stādījumu novākšanā.

Augsnes auglība, kokaugu stādījumu kontekstā, ir tās spēja nodrošināt optimālus augšanas apstākļus kokiem, saglabājot ilgtspējību pie noteiktiem klimatiskajiem apstākļiem (Wolde, 2015). Stādījumus iespējams stādīt gan mālainā, gan smilšainā augsnē.

Pārlietu smilšainās augsnēs var sākties vēja erozija, kas var kaitēt jaunajiem dzinumiem (Lazdiņš et al., 2005). Problēmas var rasties, stādot smagās māla augsnēs, kur jāveic dziļāršana vismaz 40 cm dziļumā. Augsnēs ar māla saturu virs 75%, mitros laikapstākļos būs apgrūtināta augsnes sagatavošana, stādīšana un pļaušana, savukārt pārāk sausos laikapstākļos augsne var izzūt (Technical guide short..., 2010). Māla augsnes pavasarī lēnāk sasilst, kas var kavēt jauno stādu ieaugšanu, savukārt organiskās augsnēs jāreķinās ar pastiprinātu aizzelšanu vasaras otrajā pusē. 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 sugu audzēšanai Latvijā.

Kritēriji, kas ietekmē stādījumu ekonomisko atdevi, ir saistīti ar platības novietojumu, augsnes auglību, atrašanās vietu, agrāko zemes izmantošanas veidu un apkārt esošo infrastruktūru apkopoti 2.2. tabulā.

2.2. tabula / Table 2.2

Ātraudzīgo stādījumu kokaugu sugas izvēles kritēriji atkarībā no platības novietojuma un stāvokļa / Selection criteria for fast-growing woody crop species depending on site location and conditions

| Nr. | Kritērijs | Kritērija apraksts | Kokaugu suga | | |
|-----|---|---|--------------|--------------|-------------|
| | | | Kārklis | Apšu hibrīdi | Baltalksnis |
| 1. | Meliorācijas sistēmas lauksaimniecībā neizmantotās zemēs | Atvērta tipa meliorācijas sistēma | X | X | X |
| 2. | Lauksaimniecībā neizmantotās zemes reljefs | Līdzens (ar slīpumu līdz 10%) | X | X | X |
| | | Neliels slīpums (ar slīpumu virs 10%), nelīdzens (ar ieplakām) | - | X | X |
| 3. | Lauksaimniecībā neizmantotās zemes akmeņainība | Akmeņains | X | X | X |
| 4. | Lauksaimniecībā neizmantotās zemes kvalitātes novērtējums | < 38 balles | X | X | X |
| | | > 38 balles | - | - | - |
| 5. | Lauksaimniecībā neizmantotās zemes vienlaidus platība | < 1 ha | - | X | X |
| | | > 1 ha | X | X | X |
| 6. | Attālums līdz tuvākajiem tāda paša veida stādījumiem | Līdz 50 km | X | X | X |
| | | > 50 km | - | X | X |
| 7. | Lauksaimniecībā neizmantotās zemes novietojums ainavā | Platība robežojas ar dabas aizsardzības teritoriju, mežu, lauksaimniecības zemi | X | X | X |
| 8. | Cik ilgi lauksaimniecībā zeme nav izmantota ražošanā | Vairāk par 10 gadiem | X | X | X |

Avots: autora apkopojums pēc izmantotās literatūras.

Ierīkojot ātraudzīgos kokaugu stādījumus meliorētajās platībās, jāņem vērā LR Meliorācijas likuma (2004) prasības. Likums nosaka, ka pirms stādījumu ierīkošanas uz meliorētām platībām ir jāsaņem sabiedrības ar ierobežotu atbildību (SIA) "Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi" izdoti tehniskie noteikumi. Lai saņemtu tiešos maksājumus par īsircimeta atvasājami zeme, kur audzē īsircimeta atvasājus, saskaņā ar meliorācijas kadastra datiem pēc stāvokļa 2011. gada 1. jūlijā nav reģistrētas meliorācijas sistēmas, kā arī pēc 2011. gada 1. jūlija nav no jauna izveidota meliorācijas sistēma (Noteikumi par tiešo..., 2015). Stādījumus nav ieteicams ierīkot platībās ar pazemes drenāžu, jo kokaugu saknes var sasniegt drenāžas caurules un nobloķēt tās.

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 kārkļu stādījumiem, kad stādīšanu un novākšanu veic mašinizēti, īpaši pārmitros apstākļos, kas rada pārvietošanās grūtības pļaušanas traktoram un šķeldas pievedējtraktoram, kārkļu pļaušanas kombaini nevar strādāt, ja nogāzes slīpums pārsniedz 15% (Lazdiņš et al., 2005; Schweier, Becker, 2012a). Stādījumos kur galvenais produkts ir koksne un tiek izmantota meža tehnika, platības nogāžu slīpums var pārsniegt 15% (Schweier, Becker, 2012b). Maza izmēra stādījumiem, kur apsaimniekošana tiek veikta manuāli, slīpums var būt lielāks (Dimitriou, Rutz, 2014). Īpaši svarīgi nepārsniegt maksimālo slīpumu ir kārkļu stādījumos, veicot kārkļu novākšanu mašinizēti. Koku stādījumos slīpums var būt lielāks, kā arī platībā var būt ieplakas.

Stādījumu iespējams ierīkot platībās ar augstu akmeņainību, ja iespējams, lielus akmeņus, kuri var traucēt stādījumu apsaimniekošanu pirms stādīšanas ieteicams novākt. Problēmas ar lieliem akmeņiem rodas veicot augsnes sagatavošanu pirms stādīšanas un stādot kokus. Biomasas novākšanai akmeņainība netraucē, ja stumbru novākšanā tiek izmantoti rokas motorinstrumenti un stumbri no lauka tiek novesti ar traktortehniku. Ja biomasa tiek novākta izmantojot specializētus kombainus, lieli akmeņi pirms novākšanas ir jāpārvieta uz rindstarpām, pa kurām pārvietojas traktortehnika.

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. Zemi iedala 7 kvalitātes grupās, kur katrā grupā augsnes kvalitāte tiek izteikta ballēs un viena balle atbilst 70 kg ha⁻¹ rudzu (Vērtību ietekmējošie tehniskie..., 2018). 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 neizmantotās zemes apmežošanu vēlams veikt platībās, kurās augsnes auglība ir zemāka par 25 ballēm (Ex-ante novērtējums Lauku..., 2013).

Stādījumu ierīkošana zem elektrolīnijām vai uz komunikācijām (elektrības kabeļi, gāzes vadi) jāsakāro ar attiecīgajiem dienestiem. Stādījumus ir atļauts ierīkot platībās, kas robežojas ar dabas aizsardzības teritorijām, meža zemēm vai lauksaimniecības zemēm. Ainaviskie vai teritoriālie ierobežojumi stādījumu ierīkošanai netiek piemēroti. Vēlams, lai lauka forma būtu kvadrātveida vai taisnstūra, kas notiek reti, tādēļ stādījumu rindas jāierīko paralēli garākajai lauka malai, kas samazina apgriešanās laukumu, atvieglo stādīšanu un novākšanu.

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.

Pirms stādījumu ierīkošanas nepieciešama apauguma novākšana. Apauguma intensitāte atkarīga no vairākiem faktoriem, tajā skaitā, cik ilgi zeme nav tikusi izmantota lauksaimniecībā.

Stādījumu apsaimniekošanas kritēriji ir svarīgi, lai izvēlētos piemērotāko kokaugu sugu izvēlētajā platībā. Apsaimniekošanas kritēriji ietver augsnes ielabošanas materiāla izvēli, pieejamo darbaspēku konkrētajā vietā, kurā tiek ierīkoti stādījumi, galprodukta realizēšanas iespējas, kā arī aprites periodu. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu apsaimniekošanas kritēriji apkopoti 2.3. tabulā.

**Ātraudzīgo stādījumu kokaugu sugas izvēles kritēriji atkarībā no
apsaimniekošanas veida / Criteria for the selection of plantations of fast-growing
woody crop species depending on management**

| Nr. | Kritērijs | Kritērija apraksts | Kokaugu suga | | |
|-----|---|---|--------------|--------------|-------------|
| | | | Kārklis | Apšu hibrīdi | Baltalksnis |
| 1. | Platības ielabošanai paredzētais līdzeklis | Minerālmēsli, notekūdeņu dūņas, koksnes pelni | X | X | X |
| 2. | Attālums no lauka līdz ielabošanai paredzētā līdzekļa ieguves vietai | Līdz 50 km | X | X | X |
| | | > 50 km | - | X | X |
| 3. | Pieejamais darbaspēks | Periodisks, kvalificēts un mazkvalificēts | X | X | X |
| | | Sezonāls, kvalificēts un mazkvalificēts | X | - | - |
| 4. | Koksnes šķeldas sadedzināšanas iekārtu (katlumājas, koģenerācijas stacijas) tuvums | Līdz 50 km | X | X | X |
| | | 50-150 km | X | - | - |
| | | > 150 km | X | - | - |
| 5. | Pārstrādes uzņēmumu vai koksnes pieņemšanas punktu (granulu rūpnīcas, kokzāģētavas, mēbeļu ražotnes) tuvums | Līdz 50 km | X | X | X |
| | | 50-150 km | - | X | X |
| | | > 150 km | - | X | X |
| 6. | Ostas tuvums | Līdz 50 km | X | X | X |
| | | 50-150 km | - | X | X |
| | | >150 km | - | - | - |
| 7. | Iegūstamais koksnes produkts | Koksnes šķeldas, malka | X | X | X |
| | | Papīrmalka, zāģbaļķis | - | X | X |
| 8. | Stādījumu aprites periods | 3-5 gadi | X | - | X |
| | | 6-10 gadi | X | - | X |
| | | > 10 gadi | X | X | X |

Avots: autora apkopojums pēc izmantotās literatūras.

Lai uzlabotu stādījumu ražību, pirms stādīšanas un pēc pļaušanas iesaka augsni ielabot. Gada laikā augoši kārklis 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). Pelnus iespējams iegūt no katlumājām, kurās siltuma vai elektroenerģijas ražošanā tiek izmantota koksne, pirms izmantošanas veicot to stabilizēšanu ar ūdeni, ja tas netiek darīts katlumājā. Notekūdeņu dūņas iespējams

iegūt no notekūdeņu attīrīšanas stacijām un aptuveni viena trešdaļa no saražotajām dūņām nonāk lauksaimniecībā (Graudiņš, 2018). 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). Dažādos stādījumu apsaimniekošanas posmos iespējams izmantot dažādas kvalifikācijas darbaspēku. Kvalificēts darbaspēks nepieciešams darbos, kas saistīti ar traktortehnikas izmantošanu, savukārt mazkvalificētu darbaspēku iespējams izmantot stādīšanas un novākšanas darbos. 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 darbaspēku 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. Kārķu 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.

Autors secina, ka sekmīgu stādījumu ierīkošanu ietekmē virkne kritēriju, kas ir jāņem vērā pirms stādījumu ierīkošanas. Izvēloties piemērotāko kokaugu sugu vai apsaimniekošanas modeli jāvadās no kritērijiem, kas noteiks stādījumu ekonomisko atdevi nākotnē. Primārie kritēriji, kas nosaka kokaugu augšanu ir meteoroloģiskie un augsnes īpašību kritēriji. Šie kritēriji nosaka kokaugu sugu piemērotību konkrētai platībai atkarībā no ūdens režīma, nokrišņu daudzuma, augsnes granulometriskā sastāva un augsnes ķīmiskajām īpašībām šajā platībā. Tāpat pirms stādījumu ierīkošanas jāņem vērā kritēriji, kas saistīti ar potenciālās platības novietojumu ainavā un apstākļiem tajā. Šie kritēriji ietver meliorācijas sistēmu, reljefa, akmeņainības, augsnes kvalitātes, vienlaidus platības lieluma izvērtējumu konkrētajā platībā. Papildus jāņem vērā attālums līdz tāda paša veida stādījumiem un stādījumiem pieejamās infrastruktūras Ne mazāk svarīgi ir apsaimniekošanas kritēriji, kas raksturo iespējamo ielabošanas līdzekļa izvēli, nepieciešamo darbaspēku un attālumu līdz produkta realizācijas vietai. Papildus tiek ņemts vērā vēlamais koksnes produkts un aprites periods. Visi šie kritēriji ir svarīgi izvēloties kokaugu sugu, kas tiks izmantota stādījumos, kā arī stādījumu veidu, kādā tiks audzēti koki. Kritēriju ievērošana ļauj izvēlēties piemērotāko kokaugu sugu konkrētajai platībai, kā arī piemērotāko apsaimniekošanas sistēmu, kas noteiks stādījumu ekonomisko izdevīgumu nākotnē.

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

1. Latvijas apstākļiem piemērotākās kokaugu sugas ātraudzīgajos kokaugu stādījumos lauksaimniecības zemēs ir kārķis, apšu hibrīdi un baltalksnis.
2. Kārķi uzrāda augstus biomasas pieaugumus, kas Latvijas apstākļos ir 8-12 $t_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$ gadā, salīdzinoši īsā (3-4 gadi) laika periodā un tos ir iespējams izmantot spraudēnu, klūdziņu un malkas stādījumos, Latvijas apstākļiem piemērotākais stādījumu veids ir enerģētiskās koksnes stādījumi, kuros galvenais produkts ir koksnes šķeldas.
3. Apšu hibrīdiem biomasas pieaugumus Latvijā ierīkotos stādījumos ir līdz $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ koksnes gadā 15 gadus vecos stādījumos un tos izmantoto koksnes

šķeldu, papīrmalkas, malkas un zāģbaļķu ražošanai, Latvijas apstākļos piemērotākie stādījumu veidi ir papīrmalkas, zāģbaļķu un agromežsaimniecības stādījumi.

4. Baltalksnis ir ātraudzīga koku suga, kas ātraudzīgajos kokaugu stādījumos uzrāda izturību pret slimībām, klimata pārmaiņām, dzīvnieku bojājumiem, kā arī simbiozē ar gumiņbaktērijām spēj piesaistīt atmosfēras slāpekli un tiek izmantots koksnis šķeldu, malkas, papīrmalkas vai zāģbaļķu ražošanai, Latvijas apstākļos piemērotākie stādījumu veidi ir enerģētiskās koksnis, papīrmalkas un malkas stādījumi.
5. Izvēloties piemērotāko ātraudzīgo kokaugu sugu un apsaimniekošanas modeli jāvadās no meteoroloģiskajiem, augsnes īpašību, platības novietojuma ainavā, pieejamās infrastruktūras un apsaimniekošanas kritērijiem, kas noteiks stādījumu ekonomisko atdevi nākotnē.

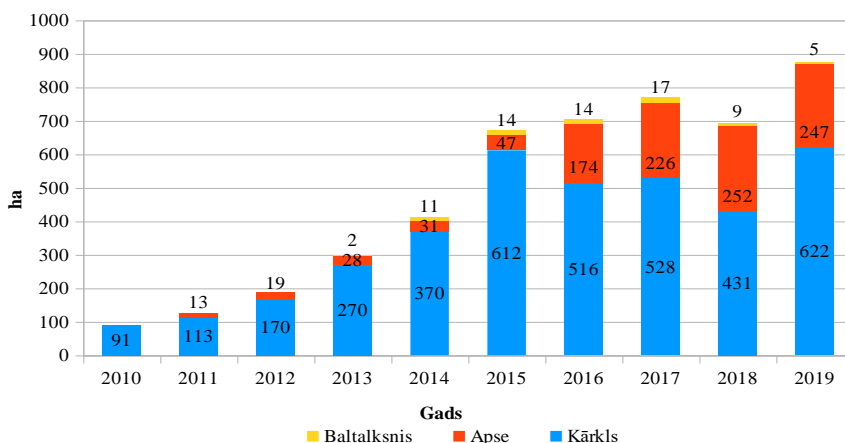
3. KĀRKLJU, APŠU HIBRĪDU UN BALTALKŠŅA ĀTRAUDZĪGO KOKAUGU STĀDĪJUMU IERĪKOŠANAS EKONOMISKAIS IZVĒRTĒJUMS UN IEGŪSTAMĀIS BIOMASAS APJOMS POTENCIĀLAJĀS PLATĪBĀS LATVIJĀ / WILLOW, ASPEN HYBRID AND GREY ALDER WOODY CROP PLANTATION ECONOMIC EVALUATION AND AMOUNT OF BIOMASS TO BE OBTAINED IN POTENTIAL AREAS IN LATVIA

Latvijas klimatiskie apstākļi ir piemēroti ātraudzīgo kokaugu sugu audzēšanai, izmantojot stādījumus apaļkoku sortimentu audzēšanai vai iegūstot enerģētisko koksni, kas tiek izmantota elektroenerģijas vai siltumenerģijas ražošanai. Enerģētiskā koksne ir viens no galvenajiem energoresursiem, kas izmantots siltumenerģijas ražošanai ziemas mēnešos gan privātmājās, gan pašvaldību un pilsētu katlumājās Latvijā. Stādījumu ierīkošanai ir pieejamas lauksaimniecībā neizmantotas zemes, kas netiek izmantotas lauksaimniecības kultūraugu audzēšanai un var tikt izmantotas ātraudzīgo kokaugu sugu audzēšanai.

Autors šajā pētījuma nodaļā ir izveidojis un aprakstījis Latvijas apstākļiem piemērotus ātraudzīgo kokaugu sugu audzēšanas modeļus kārkļam, apšu hibrīdiem un baltalksnim, veicis stādījumu ierīkošanas, apsaimniekošanas un novākšanas ekonomiskos aprēķinus. 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 / *Evaluation of economic profitability for fast-growing woody crop plantations in Latvia conditions*

Viens no lauksaimniecībā neizmantotas zemes efektīviem apsaimniekošanas veidiem Latvijā ir ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošana tajās. Deklarētās platības par īsircmeta atvasāju platībām Latvijā attēlotas 3.1. attēlā.



Avots: autora apkopojums pēc LAD datiem

3.1. att. / Fig. 3.1. Deklarētās īsircmeta atvasāju platības Latvijā 2010.-2019. gadā, ha / Declared fast-growing woody crop plantation areas in Latvia in the period 2010-2019, ha.

Īscirtmeta atvasāju uzskaitē Latvijā sāka 2010. gadā. Pie īscirtmeta atvasājiem tiek pieskaitīti kārkli, kā arī apses un baltalkšņa stādījumi, ja aprites periods nepārsniedz 5 gadus. Visvairāk deklarētas īscirtmeta atvasāju platības reģistrētas 2019. gadā – 874 ha. Pēc stādījumu platības visvairāk īscirtmeta 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%.

Deklarējot īscirtmeta atvasājus, iespējams saņemt vienoto platību maksājumu (VPM). Lai saņemtu tiešos maksājumus par īscirtmeta atvasājiem 2019. gadā bija jāizpildās sekojošiem nosacījumiem:

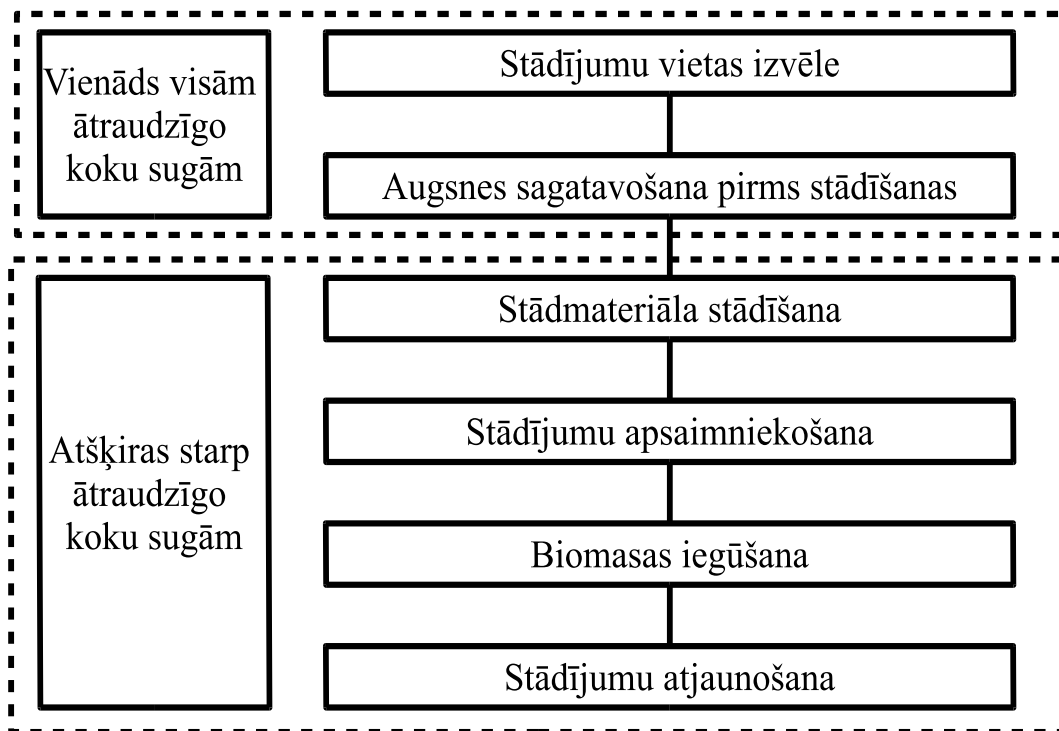
1. maksājumus var saņemt par viena vecuma atvasāju sugām – apsi (*Populus* spp.), kārkli (*Salix* spp.) vai baltalksni (*Alnus incana*);
2. maksimālais cirtes aprites laiks nepārsniedz 5 gadus;
3. zeme, kur audzē īscirtmeta atvasājus, saskaņā ar meliorācijas kadastra datiem pēc stāvokļa 2011. gada 1. jūlijā nav reģistrētas meliorācijas sistēmas, kā arī pēc 2011. gada 1. jūlija nav no jauna izveidota meliorācijas sistēma (Noteikumi par tiešo..., 2015).

Pretendējot uz VPM par atvasāju audzēšanu, lauksaimniekam pie iesnieguma un lauku bloka kartes jāpievieno arī īscirtmeta atvasāju sugu stādu izcelsmes apliecinājums. Bez stādu izcelsmes apliecinājuma VPM saņemt nav iespējams. VPM likme par 2019. gadu bija 83.73 EUR ha⁻¹. Papildus iespējams saņemt atbalsta maksājumu par klimatam un videi labvēlīgu lauksaimniecības praksi (ZAL), likme 2019. gadā bija 48.12 EUR ha⁻¹ (Lauku atbalsta dienesta..., 2019).

Visbiežāk lauksaimnieki uzrāda īscirtmeta stādījumus gadījumos, ja iespējams pretendēt uz VPM. Ja uz atbalstu pretendēt nav iespējams, visbiežāk platības netiek pieteiktas LAD un tās netiek uzskaitītas. Patiesais īscirtmeta stādījumu skaits un kopējā platība Latvijā ir lielāka. Aptaujājot kārkli stādījumu īpašniekus, ir noskaidrots, ka kopējās stādījumu platības Latvijā aizņem vairāk nekā 1000 ha (Klovāne, 2016).

Audzējot kārkli īscirtmeta stādījumus, Latvijā atbalsta maksājumus iespējams saņemt visu stādījumu audzēšanas laiku, jo aprites periods parasti nepārsniedz 5 gadus. Audzējot apsi un baltalksni, Latvijā tiek izmantots garāks aprites periods (15-25 gadi), tādēļ tiešos maksājumus iespējams saņemt tikai par pirmajiem 5 gadiem kopš stādījumu ierīkošanas. Ja stādījumi tiek audzēti ilgāk par 5 gadiem, tad turpinot audzēt stādījumus, VPM pēc 5. stādījuma gada saņemt nav iespējams. Atkārtoti VPM par stādījumiem ir iespējams saņemt tikai tad, ja tie tiek novākti un audzēšana tiek sākta no sākuma.

Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas un apsaimniekošanas darbi secīgi attēloti 3.2. attēlā. 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.



Avots: autora konstrukcija

3.2. att. / Fig. 3.2. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas un apsaimniekošanas shēma / *Fast-growing woody crop plantation establishment and management scheme.*

Stādījumu vietas izvēle

Nepiemērotas vietas izvēle, kā piemēram, platība ar stādījumiem nepiemērotu mitruma režīmu, var atstāt negatīvu ietekmi uz stādījumu ekonomisko rentabilitāti. Kritēriji, kas jāņem vērā izvēloties piemērotu platību ātraudzīgo kokaugu stādījumiem detalizētāk aprakstīti pētījuma 2.4. nodaļā.

Augsnes sagatavošana pirms stādīšanas

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.

Pēc platības apauguma novākšanas, rudenī tiek veikta dziļāršana, lai pavasarī to varētu diskot un kultivēt. Lai jaunus stādus pirmajā gadā nedomātu nezāles, pirms stādīšanas platību apstrādā ar herbicīdiem. Herbicīdi neatšķiras to tiem, kādi tiek izmantoti pirms citu lauksaimniecības kultūraugu stādīšanas, tādēļ ietekme uz vidi neatšķiras no tradicionālās lauksaimniecības. Herbicīdu devas tiek izmantotas vadoties no ražotāja ieteikumiem, kas paredzētas aizaugušas lauksaimniecības zemes apstrādei. Pirms stādīšanas augsni ieteicams ielabot ar minerālmēsliem, kā standarta devu uz hektāra izmantojot 300 kg slāpekli (N), 100 kg fosforu (P) un 300 kg kāliju (K). Herbicīdu un minerālmēsliu izmaksas ņemtas pēc konsultācijas ar līdzekļu izplatītāju "Scandagra Latvia" 2019. gadā. Herbicīdu un minerālmēsliu transportēšanas attālums pieņemts 20 km.

Lauksaimniecības pakalpojumu cenas ņemtas no Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra (LLKC) ikgadējiem lauksaimniecības pakalpojumu cenu pārskatiem. Viena hektāra ātraudzīgo kokaugu stādījumu augsnes sagatavošanas izmaksas Latvijā 2015.-2019. gadā attēlotas 3.1. tabulā.

Viena hektāra ātraudzīgo kokaugu stādījuma augsnes sagatavošanas izmaksas pirms stādīšanas Latvijā 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Costs of soil preparation for one hectare of fast-growing woody crop plantations in Latvia in 2015-2019, EUR ha⁻¹

| Tehniskie pakalpojumi | Vidējās izmaksas | | | | | 2015.-2019. gadā |
|--------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| | 2015. gadā | 2016. gadā | 2017. gadā | 2018. gadā | 2019. gadā | |
| Apauguma novākšana | 280.00 | 285.00 | 290.00 | 295.00 | 300.00 | 290.00 |
| Herbicīdu izmaksas | 23.30 | 23.40 | 23.50 | 23.60 | 23.70 | 23.50 |
| Mīnerālmēslu izmaksas | 167.00 | 170.00 | 173.00 | 176.00 | 179.00 | 173.00 |
| Aršana | 47.03 | 50.08 | 47.87 | 48.37 | 49.82 | 48.64 |
| Herbicīdu transports | 16.00 | 15.80 | 15.20 | 15.40 | 17.60 | 16.00 |
| Herbicīdu izsmidzināšana | 20.08 | 20.33 | 19.36 | 19.94 | 19.75 | 19.89 |
| Diskošana | 30.65 | 30.02 | 31.24 | 30.28 | 35.12 | 31.46 |
| Kultivēšana | 29.38 | 30.74 | 33.25 | 29.48 | 31.42 | 30.85 |
| Mīnerālmēslu transports | 16.00 | 15.80 | 15.20 | 15.40 | 17.60 | 16.00 |
| Mīnerālmēslu izkliešana | 18.20 | 17.70 | 17.46 | 19.94 | 17.22 | 18.10 |
| Kopā | 647.64 | 658.87 | 666.08 | 673.43 | 691.23 | 667.45 |

Avots: autora aprēķini pēc Tehnisko pakalpojumu vidējo..., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; Meža atjaunošanas un..., 2020; preču un pakalpojumu telefoniska cenu aptauja.

Vidējās viena hektāra ātraudzīgo kokaugu stādījumu augsnes sagatavošanas izmaksas pirms stādīšanas Latvijā 2015.-2019. gadā bija 667.45 EUR ha⁻¹. 2019. gadā augsnes sagatavošanas izmaksas bija 691.23 EUR ha⁻¹, 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. Kārķu stādījumu ekonomiskais izvērtējums / Willow plantation economic evaluation

Ierīkojot kārķu stādījumus, pēc platības vietas izvēles un augsnes sagatavošanas tiek veikta platības marķēšana un stādīšana. Platības marķēšana ietver vagu virziena izvēli un apgrīšanās ceļu apzināšanu un atzīmēšanu. Lauka marķēšanu pirms stādīšanas nepieciešams veikt, lai stādījumi tiktu izveidoti pareizi un vēlāk tos būtu vieglāk kopt un pļaut. Platības marķēšanas izmaksas, tāpat kā stādmateriāla transportēšanas izmaksas tiek iekļautas stādīšanas izmaksās. Kārķu stādījumus iespējams stādīt mašīnizēti, izmantojot traktortehniku vai izmantojot roku spēku. Abi stādīšanas veidi ilustrēti 3.3. attēlā.



Mašinizēta stādīšana



Stādīšana ar rokām

Avots: foto no Dagnijas Lazdiņas personīgā arhīva

3.3. att. / Fig. 3.3. **Kārķļu stādījumu stādīšana mašinizēti un ar rokām / Willow plantation mechanized and manual planting.**

Stādmateriāla stādīšana ietver stādmateriāla un stādīšanas izmaksas.

Stādīšanu ar rokām ieteicams darīt mazās platībās (līdz 1 ha), lielākās platībās jāizmanto stādāmā mašīna, vai citas iekārta, kura stādīšanas laikā pielāgota kārķļu spraudņu stādīšanai.

Stādījums tiek stādīts dubultrindās, kur attālums starp rindām dubultrindās 0.75 metri un attālums starp dubultrindām 1.5 metri. Stādot šādā shēmā, stādījumus var novākt gan izmantojot roku darbaspēku (manuāli), gan izmantojot pļaušanas kombainus. Stādījumu vienmērīga biežība tiek veidota mainot stādīšanas attālumu starp stādiem. Parasti stādījumu biežība ir 12 000-15 000 stādi hektārā. Biezi stādījumi ļauj efektīvāk izmantot platību un izaudzēt vairāk biomasas, taču pārāk bieži stādījumi var kavēt kokaugu augšanu (Technical guide short..., 2010). Aprēķinos tiek pieņemts, ka viena hektāra vienlaidus apstādīšanai tiek izmantoti 13 000 stādi, kas ir optimālais stādu skaits Latvijas apstākļos. Stādīšanas izmaksas veido stādmateriāls un stādīšana, kuru izmaksas apkopotas 3.2. tabulā.

3.2. tabula / Table 3.2

Kārķļu ilggadīgo stādījumu stādīšanas izmaksas Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Willow plantation average planting costs in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹

| Izmaksu pozīcija | Skaitis | Vienas vienības cena, EUR | Izmaksas |
|------------------|---------|---------------------------|---------------|
| Stādmateriāls | 13000 | 0.05 | 650.00 |
| Stādīšana | 1 | 215.00 | 215.00 |
| Kopā | | | 865.00 |

Avots: autora konstrukcija pēc telefoniskas konsultācijas ar "Salixenergi Baltic" pārstāvi 2019. gadā.

Latvijā kārķļu spraudņus privātpersonām iegādāties piedāvā uzņēmums "Salixenergi Baltic", kas ir Zviedrijas uzņēmuma "Salixenergy Europa AB" oficiālais pārstāvis Latvijā un ir tiesīgs veikt sertificētu stādmateriāla tirdzniecību Latvijā. Tāpat šis uzņēmums piedāvā veikt kārķļu stādīšanas pakalpojumus Latvijā. Piecu gadu vidējā (2014.-2019. gadā) stādmateriāla cena un stādīšanas pakalpojuma vidējās izmaksas Latvijā tika iegūtas sazinoties ar uzņēmuma "Salixenergi Baltic" pārstāvi 2019. gadā. Aprēķinos viena kārķļu spraudņa cena ir 0.05 EUR un stādīšanas pakalpojuma cena 215.00 EUR ha⁻¹. Kopējās viena hektāra kārķļu 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 kārķu šķirņu spraudēni, savukārt stādīšana notiek izmantojot mašinizētu stādīšanas iekārtu.

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

Ekstensīvu kārķu stādījumu apsaimniekošanas modeli izmanto platībās ar kopējo vienlaidus platību līdz 5 hektāriem vai gadījumos, ja nav pieejama novākšanas tehnika. Šis apsaimniekošanas veids piemērots nelielām platībām (līdz 5 ha), vai saimniecībās, kurās kārķu stādījumi ir papildus ienākumu gūšanas veids. Ekstensīvu kārķu stādījumu apsaimniekošanu var izmantot arī lielākos stādījumos (platībās virs 5 ha), tikai salīdzinot ar intensīvo apsaimniekošanas metodi, tas būs ekonomiski neizdevīgāks. Pirmajā gadā pēc iestādīšanas kārķu stumbri tiek nopļauti (atsēdināti uz celma), lai veicinātu jaunu atvašu veidošanos no celma un palielinātu iegūstamo biomasu pirmajā aprites periodā. 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. Pēc 6. biomasas novākšanas (stādījumu 25. gadā), ja tiek turpināta kārķu audzēšana, platību atjauno ar jaunu stādmateriālu (pārstāda) un kārķu audzēšana tiek turpināta. Platība tiek ielabota pirms stādīšanas ar minerālmēsliem un tālākajā platības apsaimniekošanas laikā netiek ielabota. Par platību iespējams saņemt VPM un ZAL maksājumus. Stādīšanu var veikt ar rokām vai izmantot stādāmo mašīnu. Ekstensīva kārķu apsaimniekošana prasa lielus cilvēkresursus, par cik lielākā daļa no darbiem ir veicami manuāli. Stādījumu gala produkts ir koksnes šķeldas un stādījumu novākšanā izmanto manuālo novākšanas metodi.

Intensīvu kārķu 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 kārķu stādījumiem līdz 5 km). Pirmajā gadā pēc iestādīšanas kārķu stumbri tiek nopļauti (atsēdināti uz celma), lai veicinātu jaunu atvašu veidošanos no celma un palielinātu iegūstamo biomasu pirmajā aprites periodā. 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. Pēc 8. biomasas novākšanas (stādījumu 25. gadā), ja turpina audzēt kārķu stādījumus, platību atjauno ar jaunu stādmateriālu (pārstāda) un kārķu audzēšana tiek turpināta. Par stādījumiem iespējams saņemt VPM un ZAL maksājumus. Veicot ekstensīvu kārķu apsaimniekošanu, kārķu stumbri tiek novākti izmantojot mašinizēto biomasas novākšanas metodi.

Kārķu stādījumu apsaimniekošanā iespējams izmantot ekstensīvu vai intensīvu apsaimniekošanas modeli, kuru salīdzinājums apkopots 3.3. tabulā.

3.3. tabula / Table 3.3

**Kārķu stādījumu apsaimniekošanas modeļu salīdzinājums Latvijā 2019. gadā /
Comparison of willow plantation management models in Latvia in 2019**

| Izmaksu pozīcija | Ekstensīvi apsaimniekoti kārķu stādījumi | Intensīvi apsaimniekoti kārķu stādījumi |
|-----------------------------|--|---|
| Stādījumu audzēšanas ilgums | 25 gadi | 25 gadi |
| Aprites periods | 4 gadi (6 aprites) | 3 gadi (8 aprites) |
| Stādmateriāls | Kārķu spraudēni | Kārķu spraudēni |
| Saņemtie atbalsta maksājumi | VPM + ZAL | VPM + ZAL |
| Stādīšana | Ar rokām/mašīnu | Ar mašīnu |

3.3. tabulas turpinājums / *Continuation of Table 3.3*

| Izmaksu pozīcija | Ekstensīvi apsaimniekoti kārkļu stādījumi | Intensīvi apsaimniekoti kārkļu stādījumi |
|---|---|--|
| Stādījumu ielabošana (mēslošana) | Pirms stādīšanas | Pirms stādīšanas un pēc katras pļaušanas |
| Atsēdināšana uz celma | Pēc 1. gada | Pēc 1. gada |
| Agrotehniskā kopšana | Pēc katras biomasas novākšanas | Pēc katras biomasas novākšanas |
| Iegūtā produkcija | Koksnes šķeldas | Koksnes šķeldas |
| Biomasas vidējais pieaugums gadā, $t_{\text{sausnas}} \text{ ha}^{-1}$ | 7 | 8 |
| Biomasas vidējais pieaugums gadā, $\text{ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ | 54.01 | 61.73 |
| Vidējais biomasas apjoms vienā novākšanas reizē, $\text{ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ | 216.05 | 185.19 |
| Biomasas novākšanas metode | Manuāla | Mašinizēta |

Avots: autora apkopojums pēc izmantotās literatūras avotiem.

Lai stādījumu nenomāktu lakstaugi, uzlabotu stādu saglabāšanos un augšanas apstākļus, pirmajā gadā pēc iestādīšanas un katru gadu pēc biomasas novākšanas veic agrotehnisko kopšanu. Agrotehnisko kopšanu veic izplaujot stādījumu rindstarpas. Pētījuma aprēķinos tiek pieņemts, ka agrotehnisko kopšanu veic ar krūmgriezi pēc iestādīšanas, pēc atsēdināšanas uz celma un katru reizi pēc biomasas novākšanas. Pētījuma aprēķinos atsēdināšanas uz celma un agrotehniskās kopšanas izmaksas tiek ņemtas kā vidējās agrotehniskās kopšanas izmaksas Latvijā 2015.-2019. gadā (1. pielikums), kas ir $107.49 \text{ EUR ha}^{-1}$ (Meža atjaunošanas un..., 2020).

Nekustamā īpašuma nodoklis (NĪN) tiek rēķināts no Valsts zemes dienests (VZD) noteiktās LIZ kadastrālās vērtības. Pētījumā NĪN tiek rēķināts 1.5% apmērā no Ministru kabineta (MK) 2014. gada 23. decembra noteikumu "Noteikumi par kadastrālo vērtību bāzi 2016., 2017., 2018. un 2019. gadam" 1. pielikuma "Lauksaimniecībā izmantojamās zemes bāzes vērtības lauku apvidos" vidējām LIZ bāzes vērtībām lauku apvidos I-III kvalitātes grupai. NĪN LIZ kvalitātes grupās I-III tiek rēķināts, pieņemot, ka kārkļu stādījumi tiek stādīti neizmantojot LIZ, ar kvalitātes rādītājiem līdz 30 ballēm. Pētījuma aprēķinos iekļautais NĪN ir 7.67 EUR ha^{-1} gadā.

Pētījuma aprēķinos tiek pieņemts, ka zeme ir īpašumā un zemes noma nav jāmaksā. Administratīvās izmaksas pētījumā ir pieņemtas 5.00 EUR ha^{-1} gadā.

Stādījumu apsaimniekošanas izmaksas starp ekstensīvu un intensīvu apsaimniekošanas modeļiem atšķiras, jo modeļos ir dažādi stādījumu aprites periodu garumi un ielabošanas materiāla izmantošanas intensitāte.

Ekstensīvi apsaimniekoti stādījumi reizē ar augsnes sagatavošanu pirms stādīšanas tiek ielaboti ar minerālmēsliem, lai veicinātu jauno koku augšanu pirmajos gados. Turpinot stādījumu audzēšanu, augsnes ielabošana netiek veikta. Pirmajā stādījumu gadā tiek veikta koku atsēdināšana uz celma, kam seko agrotehniskā kopšana, kas tālāk tiek atkārtota pēc katras biomasas novākšanas, lai nepieļautu jauno kociņu ieaugšanu zālē. Agrotehniskā kopšana netiek veikta pēc stādījumu pļaušanas 25. gadā, pēc kuras notiek stādījumu atjaunošana.

Ekstensīvi apsaimniekoti stādījumi tiek audzēti 25 gadus, kuru laikā biomasu tiek novākta 6 reizes (6 aprites). Pirmā biomasas novākšana ir stādījumu 5. gadā, jo 1. gadā stādījumi tiek atsēdināti uz celma un augšana atsākas no celmu atvasēm. Turpinot apsaimniekošanu biomasu tiek novākta reizi 4 gados. Pie ikgadējām apsaimniekošanas

izmaksām tiek pieskaitītas administratīvās izmaksas un NĪN. Ekstensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas stādījumu dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā apkopotas 3.4. tabulā.

3.4. tabula / Table 3.4

Ekstensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas stādījumu dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Average management costs of extensively managed willows plantations in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹

| Apsaimniekošanas darbība | Aprīte | | | | | | Kopā |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------|
| | 1. aprīte | 2. aprīte | 3. aprīte | 4. aprīte | 5. aprīte | 6. aprīte | |
| Atsēdināšana uz celma | 107.49 | - | - | - | - | - | 107.49 |
| Agrotehniskā kopšana | 322.47 | 107.49 | 107.49 | 107.49 | 107.49 | - | 752.43 |
| Administratīvās izmaksas | 25.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 125.00 |
| NĪN | 38.35 | 30.68 | 30.68 | 30.68 | 30.68 | 30.68 | 191.75 |
| Kopā | 493.31 | 158.17 | 158.17 | 158.17 | 158.17 | 50.68 | 1176.67 |

Avots: autora aprēķini pēc Tehnisko pakalpojumu vidējo..., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; Meža atjaunošanas un..., 2020; Noteikumi par kadastrālo..., 2014.

Ekstensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu kopējās apsaimniekošanas izmaksas stādījumu dzīves laikā ir 1176.67 EUR ha⁻¹, no kurām lielāko daļu veido agrotehniskās kopšanas izmaksas 752.43 EUR ha⁻¹, kas ir 64% no visām apsaimniekošanas izmaksām. Pārējās izmaksas procentuāli sadalās sekojoši: NĪN izmaksas ir 11%, administratīvās izmaksas 11% un atsēdināšana uz celma, kas izpildās vienu reizi stādījumu dzīves laikā ir 9% no kopējām apsaimniekošanas izmaksām kārkļu stādījumu dzīves laikā.

Intensīvi apsaimniekotos stādījumos reizē ar augsnes sagatavošanu pirms stādīšanas tiek veikta augsnes ielabošana ar minerālmēsliem. Turpinot stādījumu audzēšanu, pēc katras biomasas novākšanas (pļaušanas) tos ielabo ar koksnes pelniem, izņemot pēc pļaušanas 25. gadā, kad notiek platības pārstādīšana. Koksnes pelnus iespējams iegūt no tuvākajām katlumājām un parasti par tiem nav jāmaksā, jāsedz tikai transporta un iestrādes izmaksas. Koksnes pelnu transportēšanas un iestrādāšanas izmaksas augsnē ir tādas pašas kā minerālmēsliem pie platības sagatavošanas (4.3. tab). Pirms iestrādāšanas jāveic pelnu cietināšana ar ūdeni, kas izraisa metālu oksīdu pārvēršanos hidroksīdos un pēc tam karbonātos, samazinot to reaktivitāti un šķīdību (Vadlīnijas koksnes pelnu..., 2016). Cietināšanu veic katlumājā pirms pelnu transportēšanas un izmantošanas ielabošanā. Atsevišķās katlumājās pelnu cietināšana notiek automātiski ražošanas procesā. Pelnu iestrādei augsnē izmanto minerālmēsļu kaisītājus vai speciāli pielāgotus pelnu kaisītājus.

Stādījumu 1. gadā tiek veikta koku atsēdināšana uz celma, kam seko agrotehniskā kopšana, kas tālāk tiek atkārtota pēc katras biomasas novākšanas, izņemot pēc stādījumu pļaušanas 25. gadā, pēc kuras notiek stādījumu atjaunošana. Agrotehniskajā kopšanā izmanto rokas motorinstrumentus vai speciālu traktortehniku, izpļaujot rindstarpas. Pie ikgadējām apsaimniekošanas izmaksām tiek pieskaitītas administratīvās izmaksas un NĪN.

Intensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas stādījumu dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā apkopotas 3.5. tabulā.

Intensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas stādījumu dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Average management costs of extensively managed willows plantations in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹

| Apsaimniekošanas darbība | Aprīte (stādījumu gads) | | | | | | | | Kopā |
|-------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| | 1.aprīte | 2.aprīte | 3.aprīte | 4.aprīte | 5.aprīte | 6.aprīte | 7.aprīte | 8.aprīte | |
| Koksnes pelnu transports | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | - | 112.00 |
| Koksnes pelnu iestrāde augsnē | 18.10 | 18.10 | 18.10 | 18.10 | 18.10 | 18.10 | 18.10 | - | 126.70 |
| Atsēdināšana uz celma | 107.49 | - | - | - | - | - | - | - | 107.49 |
| Agrotehniskā kopšana | 322.47 | 107.49 | 107.49 | 107.49 | 107.49 | 107.49 | 107.49 | - | 967.41 |
| Administratīvās izmaksas | 20.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 125.00 |
| NĪN | 30.68 | 23.01 | 23.01 | 23.01 | 23.01 | 23.01 | 23.01 | 23.01 | 191.75 |
| Kopā | 514.74 | 179.6 | 179.6 | 179.6 | 179.6 | 179.6 | 179.6 | 38.01 | 1630.35 |

Avots: autora aprēķini pēc Tehnisko pakalpojumu vidējo..., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; Meža atjaunošanas un..., 2020; Noteikumi par kadastrālo..., 2014.

Intensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu kopējās apsaimniekošanas izmaksas stādījumu dzīves laikā ir 1630.35 EUR ha⁻¹, no kurām lielāko daļu veido agrotehniskās kopšanas izmaksas 967.41 EUR ha⁻¹, kas ir 59% no visām apsaimniekošanas izmaksām. Pārējās izmaksas procentuāli sadalās sekojoši: NĪN izmaksas ir 12%, administratīvās izmaksas 8%, koksnes pelnu iestrāde augsnē 8%, koksnes pelnu transports 7% un atsēdināšana uz celma, kas izpildās vienu reizi stādījumu dzīves laikā ir 7% no kopējām apsaimniekošanas izmaksām kārkļu stādījumu dzīves laikā.

Biomases novākšanas tehnoloģiskie aspekti īsirtmeta stādījumos būtiski neatšķiras no biomasas novākšanas dabiski aizaugušās lauksaimniecības platībās. Īsirtmeta atvasājos kokaugi aug rindās, kas atvieglo to novākšanu, salīdzinot ar dabiski aizaugušām teritorijām, kur koki aug haotiski (Sarmulis, Seveļjevs, 2015).

Kārkļu biomasas iegūšanai Latvijā izmanto manuālo novākšanas metodi vai mašinizēto novākšanas metodi. Manuālā kārkļu biomasas novākšanas metode tiek izmantota ekstensīvi apsaimniekotos stādījumos un mašinizētā biomasas novākšanas metode intensīvi apsaimniekotos stādījumos.

Manuālo kārkļu biomasas novākšanas metodi izmanto nelielos stādījumos ar kopējo vienlaidus platību līdz 5 hektāriem. Kārkļu pļaušana notiek izmantojot rokas motorinstrumentus – motorzāģi vai krūmgriezi. Pļaušanu veic viens darbinieks, vai arī tiek strādāts pāri, kad viens darbinieks pļauj dzinumus un otrs tos kārtā perpendikulāri stādījumu rindai Nozāģēto stumbru transportu uz lauka malu veic izmantojot mazās klases meža pievedējtraktoru vai pielāgotu lauksaimniecības traktoru ar stumbru vešanai pielāgotu piekabi. Stumbru šķeldošanu veic lauka malā ar mobilajiem šķeldotājiem, biomasu iepildot piegādes mašīnās. Ekstensīvi apsaimniekotos stādījumos izmanto manuālo kārkļu biomasas novākšanas metodi.

Mašinizēto kārkļu 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 biomasā kādu laiku tiek glabāta lauka malā atklātās kaudzēs, kur tā apžūst pirms tālākas transportēšanas. Intensīvi apsaimniekotos stādījumos izmanto mašinizēto biomasas novākšanas metodi.

Pētījuma dati metožu salīdzinājumam iegūti konsultējoties ar uzņēmumu SIA "Salixenergi Baltic" un SIA "Ecomark" pārstāvjiem, kas nodarbojas ar kārkļu stādījumu audzēšanu un apsaimniekošanu Latvijā. Novākšanas izmaksas atspoguļo 5 gadu vidējās izmaksas (2015.-2019. gadā), kas rodas novācot kārkļu stādījumus Latvijā. Kārkļu biomasas metodes salīdzinātas pieņemot, ka kārkļu biomasas apjoms vienā pļaušanas reizē ir 216 ber.m³ ha⁻¹.

Kārkļu biomasas novākšanas metožu izmaksu salīdzinājums Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā apkopots 3.6. tabulā.

3.6. tabula / Table 3.6

**Kārkļu biomasas novākšanas izmaksu salīdzinājums Latvijā vidēji
2015.-2019. gadā, EUR ber.m³ / Willow harvesting method cost comparison in Latvia
in the period 2015-2019, EUR lose.m³**

| Manuālā kārkļu biomasas novākšanas metode | | Mašinizētā kārkļu biomasas novākšanas metode | |
|---|-------------|--|-------------|
| Darbības | Izmaksas | Darbības | Izmaksas |
| Kārkļu stumbru pļaušana | 0.93 | Kārkļu stumbru pļaušana un šķeldošana | 1.90 |
| Kārkļu stumbru pievešana lauka malā | 0.46 | Kārkļu šķeldu pievešana lauka malā | 0.30 |
| Kārkļu stumbru šķeldošana un iekraušana transporta mašīnā | 2.50 | Kārkļu šķeldu iekraušana transporta mašīnā | 0.40 |
| Biomasas transports līdz patērētājam (50 km) | 0.40 | Biomasas transports līdz patērētājam (50 km) | 0.40 |
| Kopā | 4.29 | Kopā | 3.00 |

Avots: autora veidots pēc konsultācijas ar uzņēmumiem SIA "Salixenergi Baltic" un SIA "Ecomark".

Pie vienāda biomasas apjoma, manuālā kārkļu biomasas novākšanas metode ir par 43% dārgāka, salīdzinot ar mašinizēto kārkļu biomasas novākšanas metodi.

Manuālo novākšanas metodi ieteicams izmantot mazās platībās (līdz 5 ha), kurās neatmaksājas īrēt tehniku vai biomasas novākšanas pakalpojumu vai platībās, kur pašgājējus smalcinātājus nav iespējams izmantot. Pļaušanas kombainu nav iespējams izmantot pārmitrās platībās, ja pļaušanu neveic sasaluma periodā vai augsne līdz galam nav sasalusi. Pļaušana ar kombainu ir apgrūtināta platībās ar pāraugušiem kārkļu stumbriem (> 15 cm), platībās ar augstiem kārkļu celmiem, vai pārlietu biezos stādījumos (Pecenka, Hoffman, 2015). Mašinizēto novākšanas metodi ieteicams izmantot lielās platībās virs 5 ha, kurās manuāla pļaušana aizņemtu daudz laika.

Ekonomikas ministrijas prognozes, sakarā ar demogrāfijas tendencēm Latvijā paredz darbaspēka nepietiekamību tuvākajā desmitgadē Latvijas reģionos, kas nākotnē var kļūt par nozīmīgu šķērslī ekonomikas izaugsmei (Izglītības piedāvājums kļuvis..., 2018). Pētījumā nav veikta novākšanas metožu darba laika uzskaitē, tomēr vadoties no pētījuma autora pieredzes ir konstatēts, ka kārkļu stādījumu manuāla novākšana ir lēnāka un laikietilpīgāka, salīdzinot ar mašinizēto novākšanas metodi.

Stādījumu novākšanu parasti veic, kad beidzies veģetācijas periods, kas ir kārkļu bezlapu stāvoklis, tāpat, lai atvieglotu šķeldu transportu un izvešanu, to ieteicams veikt sasaluma periodā, kas Latvijā ir vidēji 2-3 mēneši, kuros jāveic lauku novākšana. Šādā

salīdzinoši īsā laika periodā ir problemātiski koncentrēt lielus cilvēkresursus vienā vietā uz salīdzinoši īsu laika periodu. Tādēļ platībās virs 5 ha ieteicams kārkļu biomasas novākšanai izmantot mašinizēto metodi.

Abas kārkļu biomasas novākšanas metodes iespējams kombinētas platībās, kur daļu platības nav iespējams novākt ar novākšanas kombainu, pārlietu liela mitruma, stumbru lielā diametra, akmeņainības vai citu apstākļu dēļ. Tādos gadījumos abas metodes tiek kombinētas.

Zinātniskajā literatūrā kārkļu biomasas pieaugumi tiek izteikta sausnas tonnās (t_{sausnas}), savukārt kārkļu šķeldu iepirkuma cena ir norādītas berkubikmetros. Pārreķins no sausnas tonnām uz berkubikmetriem (2. pielikums) tika veikts pēc 3.1. formulas (Pārskats par siltumnīcefekta..., 2010).

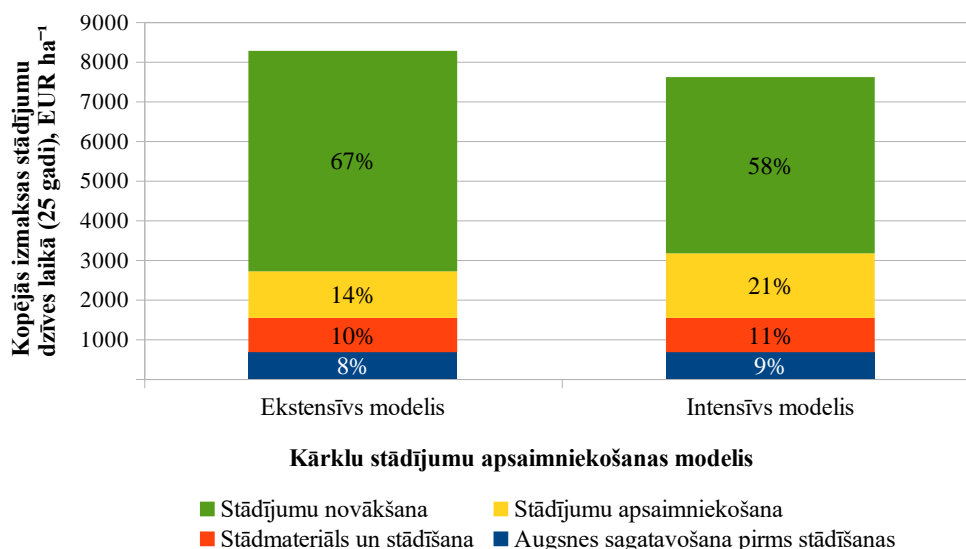
$$\text{ber.m}^3 = \frac{\text{sausnastonnas}}{\frac{A \cdot (1 - M)}{K}} \quad (3.1)$$

kur: A – 0.8 (vidējaistilpumbļivums);
M – 0.55 (mitruma saturs koksne);
K – 0.36 (koeficients pārejai no cieškubikmetriem uz berkubikmetriem).

Ekstensīvā kārkļu biomasas novākšanas modelī tiek izmantota manuālā biomasas novākšana metode. Ekstensīvā modelī biomasas pieaugums vienā gadā ir $7 t_{\text{sausnas ha}^{-1}}$, kas ir $54.01 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ koksnes šķeldu. Kārkļu pļaušana notiek vienu reizi 4 gados, kur kopējais koksnes šķeldu apjoms vienā pļaušanas reizē ir $216.05 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Kopā stādījumu dzīves laikā notiek 6 kārkļu pļaušanas, kur kopējais iegūtais koksnes šķeldu apjoms ir $1296.30 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Intensīvā kārkļu biomasas novākšanas modelī tiek izmantota mašinizētā biomasas novākšana metode. Intensīvā modelī biomasas pieaugums vienā gadā ir $8 t_{\text{sausnas ha}^{-1}}$, kas ir $61.73 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 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. Kārkļu pļaušana notiek vienu reizi 3 gados, kur kopējais koksnes šķeldu apjoms vienā pļaušanas reizē ir $185.19 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Kopā stādījumu dzīves laikā notiek 8 kārkļu pļaušanas, kur kopējais iegūtais koksnes šķeldu apjoms ir $1481.48 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Kārkļu stādījumu audzēšanas izmaksas veido augsnes sagatavošana pirms stādīšanas, stādmateriāls, stādīšana, apsaimniekošana un biomasas novākšana. Kārkļu stādījumu kopējo izmaksu sadalījums Latvijā audzējot stādījumus 25 gadus attēlots 3.4. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.4. att. / Fig. 3.4. **Kopējo izmaksu sadalījums kārkļu stādījumos Latvijā audzējot 25 gadus vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Average growing cost comparison growing willow plantations during the 25 year management period in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.**

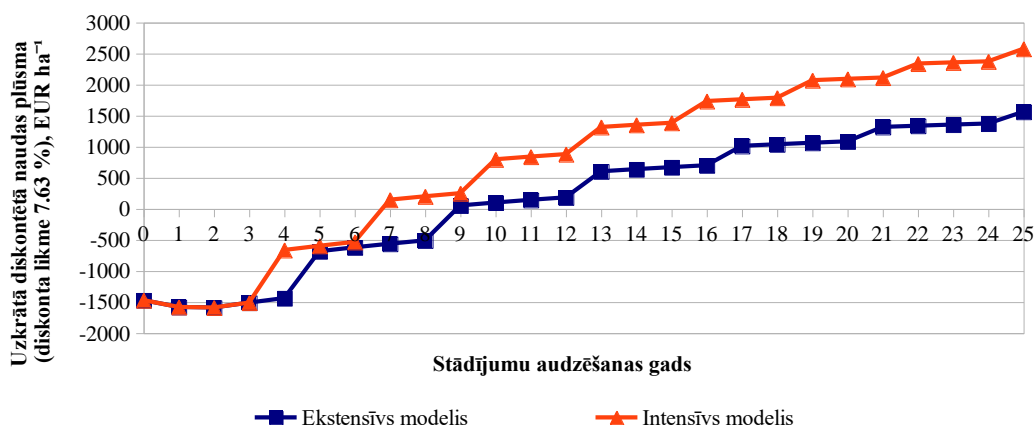
Izmantojot ekstensīvo apsaimniekošanas modeli, kopējās izmaksas stādījumu dzīves laikā ir 8268.00 EUR ha⁻¹, savukārt izmantojot intensīvo apsaimniekošanas modeli 7607.00 EUR ha⁻¹, kas ir par 8.7% mazāk. Lielākās izmaksas abos modeļos veido stādījumu novākšana, ekstensīvā modelī 67% un intensīvā modelī 58% no visām izmaksām. Citu autoru veiktajos pētījumos ir konstatēts, ka kārkļu stumbru novākšana ir 35-65% no kopējām stādījumu izmaksām to dzīves laikā (Schweier, Becker, 2012a; Ehlert, Pecenka, 2013). Novākšanas izmaksas ir viens no faktoriem, kas kavē īscirtmeta stādījumu platību palielināšanos Eiropā (Pecenka et al., 2014).

Pēc J. Konstantinavicienes (*Konstantinaviciene et al.*) (2020) veicot kārkļu stādījumu ierīkošanu Lietuvā, augsne sagatavošanas un stādīšanas izmaksas 2015. gadā bija 1268.00 EUR ha⁻¹. Šajā pētījumā aprēķinātie augsnes sagatavošanas un stādīšanas izmaksā par 2015.-2019. gadu ir 1471.00 EUR ha⁻¹, kas ir par 16% vairāk.

Audzējot kārkļu stādījumus ieņēmumi tiek gūti pārdodot kārkļu šķeldas, kas tiek iegūtas novācot biomasu. Vienā biomasas novākšanas reizē, kā arī kopējais koksnes šķeldu apjoms starp stādījumu apsaimniekošanas modeļiem atšķiras. Ieņēmumi tiek gūti arī no VPM un ZAL maksājumiem. Darbā tiek izmantotas vidējās likmes 5 gadu periodā (2015.-2019. gads), kur VPM ir 69.63 EUR ha⁻¹ un ZAL ir 40.44 EUR ha⁻¹ (1. pielikums).

Koksnes šķeldas iepirkuma cena pētījuma aprēķinos ir 9.38 EUR ber.m³, kas ir vidējā lapkoku koksnes šķeldas iepirkuma cena 2015.-2019. gadā Latvijā (Koksnes cenu datu..., 2015-2019).

Kārkļu 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 kārkļu audzēšanas modeļus, tika aprēķināta uzkrātā diskontētā naudas plūsma, kas attēlota 3.5. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.5. att. / Fig. 3.5. Uzkrātā diskontētā naudas plūsma kārkļu stādījumos Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Willow plantation cumulative cash flow during plantation lifespan in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.

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

Lai izvērtētu kārkļu audzēšanas modeļus, tiek izmantotas investīciju vērtēšanas metodes: atmaksāšanās periods, neto tagadnes vērtība (*Net Present Value*, NPV) un IRR. Visās vērtēšanas metodēs tiek izmantota diskonta likme 7.63%.

Stādījumu atmaksāšanās periods ir paredzamais gadu skaits, kas nepieciešams pilnīgai investīciju izmaksu kompensācijai. Šajā laika posmā kapitāla ieguldījuma izmaksas tiek pilnībā segtas ar peļņu, kas gūta ar šiem ieguldījumiem. Peļņu no kārkļu stādījumu audzēšanas veido biomasas (kārkļu šķeldu) pārdošana, kā arī VPM un ZAL maksājumi. Atmaksāšanās periodu aprēķina pēc 3.2. formulas.

$$\text{Atmaksāšanās periods} = PG + \frac{NV}{NLI} \quad (3.2.)$$

kur: PG – pilns gadu skaits pirms atmaksāšanās gada;
 NV – nekompensētā vērtība atmaksāšanās gada sākumā;
 NLI – naudas līdzekļu ienākums atmaksāšanās gada beigās.

NPV vērtība parāda investīciju projekta efektivitāti. Šo metodi izmanto, lai noteiktu pašreizējo vērtību nākotnes naudas plūsmai, kas rodas projektā, ieskaitot sākotnējo kapitāla ieguldījumu. NPV aprēķināta izmantojot 3.3. formulu.

$$NPV = \frac{R_t}{(1+r)^t} \quad (3.3.)$$

kur: NPV – neto tagadnes vērtība;
 t – projekta laiks pilnos gados;
 r – diskonta likme 7.63%;
 R_t – tūrā naudas plūsma projekta laika periodā.

Kokaugu stādījumu audzēšanas alternatīvu ekonomiskais novērtējums tika veikts, izmantojot IRR, kas tika aprēķināta pēc 3.4. formulas.

$$\sum_{t=0}^T (\text{IEN}_t - \text{IZD}_t) \cdot (1 + \text{IRR})^{-t} = 0 \quad (3.4.)$$

kur: IEN – ienākumi;
 IZD – izdevumi;
 t – projekta laiks pilnos gados.

Kārķu audzēšanas modeļu izvērtējums, izmantojot investīciju vērtēšanas metodes apkopots 3.7. tabulā.

3.7. tabula / Table 3.7

Kārķu stādījumu ekonomiskie rādītāji dzīves laikā (25 gadi) Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā / Willow plantation economic indicators during plantation lifetime on average (25 years) in Latvia in the period 2015-2019

| Kārķu audzēšanas modelis | Atmaksāšanās periods, gadi | NPV, EUR ha ⁻¹ | IRR, % |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------|
| Ekstensīvs audzēšanas modelis | 8.9 | 1561.91 | 15 |
| Intensīvs audzēšanas modelis | 6.8 | 2576.64 | 19.3 |

Avots: autora aprēķins.

Salīdzinot kārķu 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 kārķu audzēšanas modelim. Abiem kārķu audzēšanas modeļiem atmaksāšanās periods ir īsāks par kārķu stādījumu audzēšanas laiku (25 gadi), kas norāda uz kārķu audzēšanas ekonomisko izdevīgumu.

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. Ja aprēķinātā NPV vērtība ir pozitīva, tas norāda, ka sākotnējās investīcijas stādījumu audzēšanas laikā tiks atgūtas. Izvēloties starp dažādām alternatīvām, priekšroka tiek dota projektam ar vislielāko NPV vērtību. Izvērtējot kārķu audzēšanas modeļus to dzīves laikā (25 gadi) pēc NPV metodes, abi modeļi uzrāda pozitīvu NPV vērtību, kas liecina par sākotnējo investīciju atgūšanu, izvēloties audzēt kārķu stādījumus. Labākus rādītājus uzrāda kārķu intensīvi apsaimniekoti stādījumi 2576.64 EUR ha⁻¹, savukārt ekstensīvi apsaimniekoti kārķi uzrāda 1561.91 EUR ha⁻¹. Izvēloties starp kārķu audzēšanas modeļiem pēc NPV metodes, priekšroka tiek dota intensīvam apsaimniekošanas modelim ar lielāku NPV vērtību, kas šajā gadījumā ir intensīvi apsaimniekoti stādījumi.

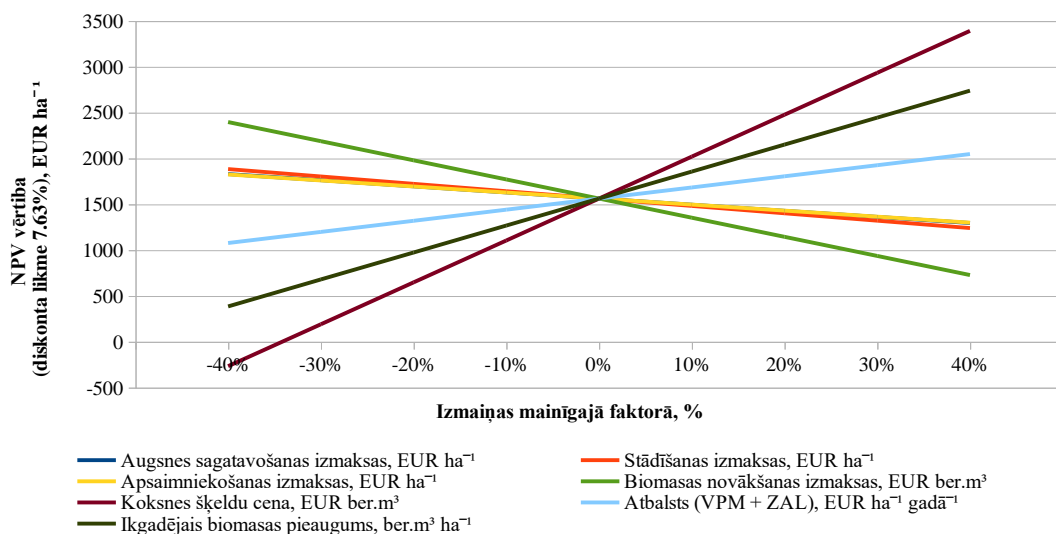
Kā norāda H. Vandehove (*Vandehove et al.*) (2002) un P.J. Tarakan (*Tharakan et al.*) (2005), tad, izvērtējot ātraudzīgos kokaugu stādījumus, paralēli NPV vērtībai ir lietderīgi aprēķināt arī IRR vērtību. IRR vērtība paredzamo ieņēmumu pašreizējo vērtību pielīdzina paredzēto izdevumu pašreizējai vērtībai.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

Kā norāda E. Kasmiou un R. Celmans (*Kasmioui, Ceulemans*) (2012) pētījumā par dažādu ekonomisko rādītāju salīdzināšanu ātraudzīgo kokaugu stādījumos, tad šādu

rādītāju salīdzināšana starp pētījumiem dažādās valstīs ir sarežģīta un visbiežāk neprecīza. Par iemelsu tam ir dažādie apstākļi valstīs, kā arī metožu pielietošanas variācijas, kas pētījumos atšķiras un ne vienmēr ir precīzi aprakstītas.

Neskatoties uz atšķirīgiem audzēšanas apstākļiem dažādās valstīs, J. Konstantinavičiene (*Konstantinavičiene et al.*) (2020) līdzīgā pētījumā Lietuvā konstatējusi, ka kārkļu stādījumiem ar 22 gadus audzēšanas laiku, piemērojot diskonta likmi 6%, NPV vērtība 22. stādījumu gadā ir 1800.00 EUR ha⁻¹, kas ir līdzīga šajā pētījumā iegūtajiem rezultātiem. Pētījumā Lietuvā kārkļu stādījumu atmaksāšanās laiks ir 9 gadi, savukārt Latvijā tie ir 8.9 gadi ekstensīvam modelim un 6.8 intensīvam modelim, kas uzskatāmi par līdzīgiem rezultātiem.

Lai salīdzinātu kārkļu audzēšanas modeļu dažādu mainīgo faktoru ietekmi uz NPV vērtību, tika veikta jutīguma analīze. Šīs analīzes mērķis ir noteikt modeļa kritiskos mainīgos, kas visvairāk ietekmē NPV vērtību. Analīzes sākumā tika noteikts bāzes variants, kas ir pašreizējais modelis. Tālāk pētījuma aprēķinos tika izmainīta viena mainīgā vērtība par +10%, kur pārējo mainīgo vērtības tika saglabātas nemainīgas. Par mainīgajiem tiek pieņemtas lielākās kārkļu stādījumu izmaksu pozīcijas: augsnes sagatavošana, stādīšana, apsaimniekošana un novākšana. Ieņēmumi no kārkļu audzēšanas tiek gūti pārdodot koksnes šķeldas un saņemot atbalsta maksājumus (VPM + ZAL). Mainīgie, kas ietekmē ieņēmumus un tika izmantoti analīzē, ir koksnes šķeldu cena, biomasas apjoms un atbalsta maksājums. Ekstensīvi apsaimniekota kārkļu stādījumu NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām attēlotas 3.6. attēlā.



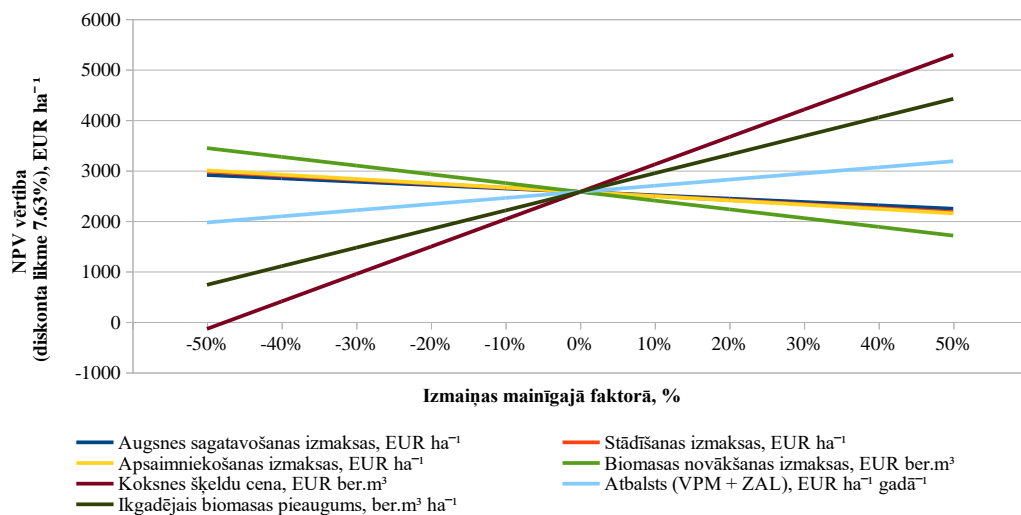
Avots: autora konstrukcija

3.6. att. / Fig. 3.6. Ekstensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Changes in the NPV value of an extensively managed willow model depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.

Bāzes NPV vērtība ekstensīvi apsaimniekotos kārkļu stādījumos, kas iegūta pētījuma aprēķinos ir 1561.91 EUR ha⁻¹. Izvērtējot mainīgos faktorus, kas ietekmē ekstensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu NPV vērtību, lielākā ietekme ir koksnes šķeldas iepirkuma cenai. Palielinoties koksnes šķeldas cenai par 10%, pārējiem mainīgajiem paliekot nemainīgiem, NPV vērtība pieaug par 29.3%. Otrs mainīgais, kas

būtiski ietekmē NPV vērtību ir ikgadējais biomasas pieaugums stādījumos, kura izmaiņas par +10%, NPV vērtību izmaina par +18.8%. Šiem pašiem mainīgajiem samazinoties uz negatīvo pusi, NPV vērtība būs 0.00 EUR ha⁻¹, ja koksnes šķeldu cenas samazināsies par 34.2% un būs 6.18 EUR ber.m³ līdzšinējo 9.38 EUR ber.m³ (bāzes vērtība) vietā. Tāpat NPV vērtība būs 0.00 EUR ha⁻¹, ja ikgadējais pieaugošais biomasas apjoms samazināsies par 53.1% un būs 25.35 ber.m³ gadā līdzšinējo 54.01 ber.m³ gadā (bāzes vērtība) vietā. No izmaksām lielākā ietekme uz NPV vērtību ir biomasas novākšanas izmaksām, kur NPV vērtība 0.00 EUR ha⁻¹ tiks sasniegta, ja novākšanas izmaksas palielināsies par 74.9%. Pārējās stādījumu izmaksu izmaiņas neatstāj būtisku ietekmi uz NPV vērtību. Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas stādījumu izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, biomasas novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumi (biomasas pārdošana, atbalsta maksājumi) samazinās par 10%, NPV vērtība samazinās par 64%. Lai NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha⁻¹, vienlaicīgi visiem izdevumiem ir jāpalielinās par 37.1%, savukārt visiem ieņēmumiem jāsamazinās par 27%.

Intensīvi apsaimniekota kārkļu modeļa NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām attēlotas 3.7. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.7. att. / Fig. 3.7. **Intensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Changes in the NPV value of an intensively managed willow model depending on the changes in the value of the variable in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.**

Bāzes NPV vērtība intensīvi apsaimniekotos kārkļu stādījumos, kas iegūta pētījuma aprēķinos ir 2576.641 EUR ha⁻¹. Izvērtējot mainīgos faktoros, kas ietekmē intensīvi apsaimniekotu kārkļu stādījumu NPV vērtību, lielākā ietekme ir koksnes šķeldas iepirkuma cenai un ikgadējam biomasas pieaugumam. Palielinoties koksnes šķeldas cenai par 10%, pārējiem mainīgajiem paliekot nemainīgiem, NPV vērtība pieaugs par 21.1%, savukārt palielinoties ikgadējam biomasas pieaugumam par 10%, NPV vērtība pieaugs par 14.3%. Mainīgajiem samazinoties uz negatīvo pusi, NPV vērtība būs 0.00 EUR ha⁻¹, ja koksnes šķeldu cenas samazināsies par 47.4 % un būs 4.92 EUR ber.m³ līdzšinējo 9.38 EUR ber.m³ (bāzes vērtība) vietā. Tāpat NPV vērtība būs 0.00 EUR ha⁻¹, ja ikgadējais pieaugošais biomasas apjoms samazināsies par 69.9% un būs 18.57 ber.m³ gadā līdzšinējo 61.73 ber.m³ gadā (bāzes vērtība) vietā. Stādījumu izmaksu izmaiņas neatstāj būtisku ietekmi uz NPV vērtību, visām izmaksām kopā

palielinoties par 10%, NPV vērtība samazināsies par 15.7%, kas nav uzskatāmas par būtiskām izmaiņām. Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas stādījumu izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, biomasas novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumi (biomasas pārdošana, atbalsta maksājumi) samazinās par 10%, NPV vērtība samazinās par 41.1%, lai NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha⁻¹, vienlaicīgi visiem izdevumiem ir jāpalielinās par 63.5%, savukārt visiem ieņēmumiem jāsamazinās par 38.8%.

Salīdzinot ekstensīvu un intensīvu kārkļu apsaimniekošanas modeļus savā starpā, izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, intensīvi stādījumi uzrāda labākus rezultātus, kas nozīmē mazāku NPV vērtības samazināšanos pie vienādiem apstākļiem.

Abos kārkļu apsaimniekošanas modeļos būtiskākā ietekme uz NPV vērtību ir koksnes šķeldu cenai un biomasas ikgadējam pieaugumam. Kā iepriekš tika konstatēts, lai stādījumu NPV vērtība samazinātos līdz 0.00 EUR ha⁻¹, 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.m³, savukārt intensīvajā audzēšanas modelī būtu jāsamazinās par 47.7% un jābūt 4.92 EUR ber.m³ līdzšinējo 9.38 EUR ber.m³ vietā. Latvijā 2015.-2019. gadā koksnes šķeldu cena ir palielinājusies par 16% (1. pielikums), kas pieņemot, ka atjaunojamo resursu pieprasījums palielināsies, ļauj prognozēt šķeldu cenas palielinājumu arī nākotnē. Tas liek konstatēt, ka šķeldas cenu samazinājums nākotnē ir maz ticams un tas iespējams neietekmēs kārkļu stādījumu ekonomisko atdevi. Otrs būtiskākais mainīgais faktors abos stādījumu modeļos ir ikgadējais biomasas pieaugums. Šis mainīgais ir atkarīgs no kārkļu klonu ražības un stādījumu apsaimniekošanas. Izvēloties sertificētu kārkļu materiālu un pareizi apsaimniekojot stādījumus, ikgadējam biomasas pieaugumam ir jābūt pietiekamam, lai tas nesamazinātos līdz robežai, kad stādījumu ekonomiskā atdeve ir negatīva.

Stādījumu atjaunošana parasti tiek veikta pēc 5-9 aprites periodiem, kad platība tiek atjaunota ar jauniem kārkļu kloniem, citu koku sugu vai lauksaimniecības kultūraugiem. Pēc stādījuma mūža beigām, kas parasti ir 25 gadi, platību iespējams atgriezt citu lauksaimniecības produktu ražošanā, veicot rekultivāciju, vai turpinot kārkļu audzēšanu, veikt atkārtotu stādīšanu. Atkārtota stādīšana nepieciešama, jo ar laiku samazinās stādījumu ražība un stādījumu audzēšanas laikā, kas parasti ir 25 gadi, ir selekcionēti ražīgāki un pret slimībām izturīgāki kārkļu kloni.

Apkopojot iegūtos rezultātus, autors secina, ka, ierīkojot kārkļu stādījumus pēc platības vietas izvēles un augsnes sagatavošanas tiek veikta platības marķēšana un stādīšana. Izvēloties stādījumu biežību 13 000 stādi hektārā, stādīšanas izmaksas ir 865.00 EUR ha⁻¹. Atkarībā no platības lieluma un pieejamās tehnikas, kārkļu stādījumi tiek apsaimniekoti ekstensīvi vai intensīvi. Ekstensīvi apsaimniekotos stādījumos izmanto 4 gadu aprites periodu un augsni ar minerālmēsliem ielabo pirms stādīšanas. Intensīvi apsaimniekotos stādījumos izmantoto īsāku aprites periodu (3 gadi) un augsni pirms stādīšanas ielabo ar minerālmēsliem un pēc katras pļaušanas ar koksnes pelniem. Veicot biomasas novākšanu izmanto manuālo novākšanas metodi, mašinizēto novākšanas metodi vai arī tās tiek kombinētas. Manuālajā novākšanas metodē tiek izmantots roku darba spēks un lauksaimniecības tehnika, tā ir piemērota apsaimniekojot platības līdz 5 hektāriem. Mašinizētajā novākšanas metodē tiek izmantoti kārkļu pļaušanas kombaini vai pašgājēji smalcinātāji un tā ir piemērota stādījumos ar kopējo vienlaidus platību virs 5 hektāriem. Ekstensīvi apsaimniekotos stādījumos pārsvarā izmanto manuālo biomasas novākšanas metodi, savukārt intensīvi apsaimniekotos stādījumos mašinizēto novākšanas metodi. Piemērojot diskonta likmi 7.63%, uzkrātā diskontētā naudas plūsma ekstensīvi apsaimniekotiem kārkļu stādījumiem to dzīves

laikā ir 1561.91 EUR ha⁻¹, savukārt intensīvi apsaimniekoti stādījumiem 2576.64 EUR ha⁻¹, kas ir par 65% vairāk. Ātrāku atmaksāšanās periodu uzrāda intensīvs apsaimniekošanas modelis – 6.8 gadus, kas, salīdzinot ar ekstensīvu modeli – 8.9 gadi, ir par 2.1 gadu ātrāk. Izvērtējot mainīgos faktorus, abos kārkļu apsaimniekošanas modeļos būtiskākā ietekme uz stādījumu ekonomiku un NPV vērtību ir koksnes šķeldu cenai un biomasas ikgadējam pieaugumam. Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas stādījumu izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, biomasas novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumi (biomasas pārdošana, atbalsta maksājumi) samazinās par 10%, intensīvi apsaimniekoti stādījumi uzrāda labākus rezultātus, kas nozīmē mazāku NPV vērtības samazināšanos pie vienādiem apstākļiem.

3.1.2. Apšu hibrīdu stādījumu ekonomiskais izvērtējums / *Aspen hybrid plantation economic evaluation*

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). Koksni no ātraudzīgajiem stādījumiem ir iespējams iegūt brīdī, kad ikgadējais koksnes pieaugums ir visaugstākais, vai arī koksnes iepirkuma cenas ir augstas (Tullus et al., 2012b).

Apšu hibrīdu stādījumu vietas izvēle aprakstīta pētījuma 2.4. nodaļā un augsnes sagatavošana pirms stādīšanas aprakstīta pētījuma 3.1. nodaļā. Viena hektāra apšu hibrīdu stādījumu augsnes sagatavošanas izmaksas pirms stādīšanas apkopotas 3.1. tabulā un ir vienādas visiem apses hibrīdu stādījuma veidiem.

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. Dati par miežabrāļa sēklu ražību ievākti apšu hibrīdu agromežsaimniecības izmēģinājuma stādījumos, kas atrodas Latvijas centrālajā daļā (56°41' N un 25°08' E) netālu no Skrīveriem. Izmēģinājuma stādījumi izveidoti 2011. gada pavasarī meliorētā minerālaugsnē. Miežabrāļa sēklu ražības dati ievākti 2011. un 2012. gadā, un divu gadu vidējie sēklu ražības rādītājiem platībā bija 326 kg ha⁻¹ (Rancane et al., 2014). Miežabrālis tiek audzēts starp koku rindām, kas ir 50% no platības, tādēļ aprēķinos tiek pieņemts, ka vienā gadā ievāktu sēklu daudzums atbilst 0.5 ha, kas ir 163 kg ha⁻¹.

Stādījumi tiek audzēti ar mērķi iegūt zālaugu sēklas, papīrmalku, malku un koksnes šķeldas. Par stādījumu audzēšanu iespējams saņemt VPM un ZAL maksājumus par pirmajiem 5 gadiem katras audzēšanas aprites sākumā. Stādījumos tiek stādīti

1100 koki ha⁻¹ un stādīšanu veic agri pavasarī. Zālaugu sēklas tiek novāktas, izmantojot kombainu un koksne tiek novākta izmantojot mazgabarīta mežizstrādes mašīnas.

Pēc N.R. Gangadarapa (Gangadharappa et al.) (2003) pareiza platību apsaimniekošana, izmantojot agromežsaimniecības sistēmas, ir viens no ilgtspējīgiem zemes apsaimniekošanas veidiem.

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 zāgbaļķus, papīrmalku, malku un koksnes šķeldas. Apšu hibrīdu stādījumu apsaimniekošanas modeļu salīdzinājums apkopots 3.8. tabulā.

3.8. tabula / Table 3.8

Apšu hibrīdu stādījumu apsaimniekošanas modeļu salīdzinājums Latvijā 2019. gadā / Comparison of aspen hybrid plantation management models in Latvia in 2019

| Izmaksu pozīcija | Apšu hibrīdu kokaugu stādījums | Apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījums | Apšu hibrīdu plantāciju mežs |
|--|--|--|--|
| Stādījumu audzēšanas ilgums | 30 gadi | 30 gadi | 40 gadi |
| Aprites periods | 15 gadi | 15 gadi (Miežabrālis pirmos 5 gadus) | 20 gadi |
| Stādmateriāls | Hibrīdās apses stādi | Hibrīdās apses stādi | Hibrīdās apses stādi |
| Saņemtie atbalsta maksājumi | VPM+ZAL (pirmos 5 gadus katras aprites sākumā) | VPM+ZAL (pirmos 5 gadus katras aprites sākumā) | - |
| Koku skaits stādījumā, ha ⁻¹ | 1100 | 1100 | 800 |
| Stādīšana | Ar rokām | Ar rokām | Ar rokām |
| Apses hibrīda stāda cena, EUR | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| Stādījumu ielabošana ar minerālmēsliem | Pirms stādījumu ierīkošanas | Pirms stādījumu ierīkošanas | Pirms stādījumu ierīkošanas |
| Agrotehniskā kopšana | Pirmos 3 gadus un pēc biomasas novākšanas 15. un 16. gadā | Pirmos 3 gadus un pēc biomasas novākšanas 15. un 16. gadā | Pirmos 3 gadus un pēc biomasas novākšanas 20. un 21. gadā |
| Koku aizsardzība pret dzīvnieku bojājumiem | Repelents "Cervacol Extra" pirmos 5 gadus un pēc biomasas novākšanas 15. un 16. gadā | Repelents "Cervacol Extra" pirmos 5 gadus un pēc biomasas novākšanas 15. un 16. gadā | Repelents "Cervacol Extra" pirmos 5 gadus un pēc biomasas novākšanas 20. un 21. gadā |
| Iegūtie produkti | Papīrmalka, malka, koksnes šķeldas | Zālaugu sēklas, papīrmalka, malka, koksnes šķeldas | Zāgbaļķi, papīrmalka, malka, koksnes šķeldas |

Avots: autora veidots pēc izmantotās literatūras avotiem.

Stādīšanas izmaksas ietver apšu hibrīdu stādmateriāla un stādīšanas izmaksas. Agromežsaimniecības stādījumos papildus šīm izmaksām ir zālaugu sēklu un sēšanas izmaksas.

Apšu hibrīdu stādus Latvijā iespējams iegādāties tikai vienā kokaudzētavā, kas ir a/s Latvijas valsts meži (LVM) Kalsnavas kokaudzētava. Aprēķinos tiek izmantota stādu vidējā 5 gadu (2015.-2019. gads) cena Latvijas tirgū, kas ir 0.80 EUR stāds. Vidējā cena tika iegūta telefoniski sazinoties ar LVM “Kalsnavas kokaudzētavu”, kas tirgo apšu hibrīdu stādus Latvijā. Kokaugu stādījumā un agromežsaimniecības stādījumā tiek stādīti 1100 koki ha⁻¹, plantāciju mežā 800 koki ha⁻¹.

Miežabrāļa izsējas norma ir 10 kg ha⁻¹. Agromežsaimniecības stādījumā miežabrālis tiek iesēts pusē no platības, jo abpus koku rindām tiek atstātas 1.25 metrus neapsētas slejas, līdz ar to pirmajā gadā tiek iesēti 5 kg ha⁻¹ miežabrāļa sēklu. Aprēķinos izmantotas vidējās miežabrāļa sēklu mazumtirdzniecības cenas Latvijā 5 gadu periodā (2015.-2019. gads), kas ir 6.47 EUR kg. Vidējā cena tika iegūta telefoniski sazinoties ar SIA “Latvijas šķirnes sēklas” tirdzniecības pārstāvi, kas nodarbojas ar miežabrāļa sēklu tirdzniecību Latvijā.

Vidējās meža stādīšanas izmaksas Latvijā 2015.-2019. gadā (1. pielikums) bija 107.02 EUR ha⁻¹ (Meža atjaunošanas un..., 2020). Šīs izmaksas ir par koku stādīšanu meža zemēs, kurās koku skaitam apses jaunaudzēs ir jābūt ne mazākam kā 2000 koki hektārā. Stādot apšu hibrīdu kokaugu un agromežsaimniecības stādījumus tiek stādīti 1100 koki hektārā, tomēr papildus stādīšanai jāveic platības marķēšana un stādīšana taisnās rindās, tādēļ darba apjoms veicot stādīšanu ir ļoti līdzīgs, kā stādot apsi meža zemēs, lai arī koku skaits ir mazāks. Tādēļ pētījumā tiek pieņemts, ka stādīšanas izmaksas 1100 apšu hibrīdu stādiem ir 107.02 EUR ha⁻¹. Apšu hibrīdu plantāciju mežā tiek stādīti 800 stādi hektārā, tādēļ stādīšanas izmaksas tiek attiecinātas proporcionāli stādu skaitam un ir 77.83 EUR ha⁻¹. Miežabrāļa sēklu sēšanas izmaksas ir vidējās zālaugu sēšanas izmaksas Latvijā 2015.-2019. gadā (1. pielikums), kas ir 28.82 EUR ha⁻¹. Apšu hibrīdu stādīšanas un miežabrāļa sēšanas izmaksas Latvijā 2015.-2019. gadā apkopotas 3.9. tabulā.

3.9. tabula / Table 3.9

Apšu hibrīdu stādīšanas un miežabrāļa sēšanas izmaksas Latvijā 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Hybrid aspen planting and reed canary grass sowing costs in Latvia in time period 2015-2019

| Izdevumu pozīcija | Apšu hibrīdu kokaugu stādījums | Apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījums | Apšu hibrīdu plantāciju mežs |
|----------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|
| Apšu hibrīdu stādmateriāls | 880.00 | 880.00 | 640.00 |
| Apšu hibrīdu stādīšana | 107.02 | 107.02 | 77.83 |
| Daudzgadīgo zālaugu sēklas | - | 32.35 | - |
| Daudzgadīgo zālaugu sēšana | - | 28.82 | - |
| Kopā | 987.02 | 1048.19 | 717.83 |

Avots: autora aprēķini pēc Tehnisko pakalpojumu vidējo..., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; Meža atjaunošanas un..., 2020.

Augstākās ierīkošanas izmaksas ir apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījumam – 1048.19 EUR ha⁻¹, kas salīdzinot ar kokaugu stādījumu ir par 6.2% vairāk un salīdzinot ar plantāciju mežu par 46% vairāk.

Apšu hibrīdu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas ir visas izmaksas, kas saistītas ar stādījumu uzturēšanu un apsaimniekošanu to dzīves laikā, izņemto koksnes novākšanas izmaksas un zālaugu novākšanu agromežsaimniecības stādījumos.

Visos apšu hibrīdu audzēšanas modeļos stādījumi pirms stādīšanas tiek ielaboti ar minerālmēsliem, kas tiek darīts reizē ar augsnes sagatavošanu pirms stādīšanas. Audzēšanas laikā stādījumi netiek ielaboti vai mēsloti.

Visos modeļos lai stādījumu nenomāktu lakstaugi un uzlabotu stādu saglabāšanos un augšanas apstākļus, pirmos 3 gadus pēc iestādīšanas un 2 gadus otrās aprites sākumā (pēc koksnes novākšanas) veic agrotehnisko kopšanu izmantojot krūmgriezi. Agrotehniskās kopšanas izmaksas tiek ņemtās kā vidējās agrotehniskās kopšanas izmaksas Latvijā 2015.-2019. gadā (1. pielikums), kas ir 107.49 EUR ha⁻¹ (Meža atjaunošanas un..., 2020).

Lai pasargātu stādījumus no dzīvnieku izdarītajiem bojājumiem pirmos 5 gadus pēc stādījumu ierīkošanas un 2 gadus otrās aprites sākumā veic stādījumu aizsardzību ar repelentu "Cervacol Extra". Repelenta izmaksas ir 30.00 EUR ha⁻¹ (apstrādājot 800-1100 kokus) un repelenta uzklāšana izmaksas 70.00 EUR ha⁻¹. Dažādu apšu hibrīdu modeļu apsaimniekošanas izmaksas apkopotas 3.10. tabulā.

3.10. tabula / Table 3.10

Apšu hibrīdu stādījumu apsaimniekošanas izmaksas Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Hybrid aspen plantation management costs in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹

| Apsaimniekošanas darbība | Apšu hibrīdu kokaugu un agromežsaimniecības stādījums | | Apšu hibrīdu plantāciju mežs | |
|----------------------------|---|---------------|------------------------------|---------------|
| | 1. aprīte | 2. aprīte | 1. aprīte | 2. aprīte |
| Agrotehniskā kopšana | 322.47 | 214.98 | 322.47 | 214.98 |
| Repelents "Cervacol Extra" | 150.00 | 60.00 | 150.00 | 60.00 |
| Repelenta uzklāšana | 350.00 | 140.00 | 350.00 | 140.00 |
| Administratīvās izmaksas | 75.00 | 75.00 | 100.00 | 100.00 |
| NĪN | 115.05 | 115.05 | 153.40 | 153.40 |
| Kopā | 1012.52 | 605.03 | 7075.87 | 668.38 |
| | 1617.55 | | 1744.25 | |

Avots: autora aprēķini pēc Tehnisko pakalpojumu vidējo..., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; Meža atjaunošanas un..., 2020.

Pētījuma aprēķinos tiek pieņemts, ka zeme ir īpašumā un zemes noma nav jāmaksā. Administratīvās izmaksas pētījumā ir pieņemtas 5.00 EUR ha⁻¹ gadā. NĪN nodokļa aprēķināšanas metodika aprakstīta pie kārķu apsaimniekošanas un ir 7.67 EUR ha⁻¹.

Stādījumu dzīves laikā apsaimniekošanas izmaksas kokaugu stādījumiem un agromežsaimniecības stādījumiem ir vienādi, jo abiem ir vienāds audzēšanas laiks 30 gadi. Plantācijā kopējās apsaimniekošanas izmaksas ir lielākas, jo plantāciju audzēšanas laiks ir garāks. Vidējās viena gada apsaimniekošanas izmaksas kokaugu un agromežsaimniecības stādījumiem dzīves laikā ir 53.91 EUR ha⁻¹, savukārt plantāciju mežam 43.61 EUR ha⁻¹, kas ir par 23.6% mazāk. Visos modeļos pirmās aprites apsaimniekošanas izmaksas ir lielākas, salīdzinot ar otro apriti. Kokaugu un agromežsaimniecības stādījumos pirmās aprites izmaksas ir 62.6%, savukārt plantāciju mežam 61.7% no kopējām apsaimniekošanas izmaksām stādījumu dzīves laikā.

Apes koksnes **biomasas iegūšanā** izmanto mežizstrādes tehniku. Agromežsaimniecības stādījumos sēklu novākšanai izmanto lauksaimniecības tehniku.

Dati par apšu hibrīdu ražības rādītājiem (15 un 20 gadu vecumā) un apaļkoksnes sortimentācijas sadalījumu tika iegūti no iepriekš LVMI Silava veiktiem pētījumiem (Zeps, 2017). Kokaugu stādījumā un agromežsaimniecības stādījumā 15 gadu vecumā iegūtais koksnes apjoms ir $135 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ apaļkoksnes (papīrmalka un malka) un 27 ber.m^3 koksnes šķeldu. Agromežsaimniecības stādījumā vienā gadā nokultais miežabrāļa sēklu apjoms ir 163 kg ha^{-1} . Apšu hibrīdu plantāciju mežā 20 gadu vecumā iegūtais koksnes apjoms ir $260 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ apaļkoksnes (zāģbaļķi, taras kluči, papīrmalka un malka) un 54 ber.m^3 koksnes šķeldu.

Pētījumā izmantotās kokmateriālu sagatavošanas, pievešanas un transportēšanas izmaksas ir vidējās šo pakalpojumu izmaksas 2015.-2019. gadā no CSP datubāzes "Mežizstrādes vidējās izmaksas, 2015.-2019." (1. pielikums). Koksnes šķeldošanas un šķeldu transporta izmaksu iegūšanas metodika aprakstīta darba nodaļā pie kārklu stādījumiem. Miežabrāļa sēklu kulšanas un transporta izmaksas aprēķinātas no LLKC tehnisko pakalpojumu cenu apkopojuma 2015.-2019. gadā. Aprēķinos tiek izmantotas miežabrāļa sēklu žāvēšanas un tīrīšanas vidējās izmaksas 2015.-2019. gadā, kas tika iegūtas pēc telefoniskas konsultācijas ar pakalpojuma sniedzēju.

Aprēķinos tiek izmantotas apses apaļkoksnes un šķeldas vidējās cenas 2015.-2019. gadā, kas ņemtas no CSP datubāzes (Apaļkoku vidējās iepirkuma..., 2015-2019) un Latvianwood mājaslapā atrodamās koksnes cenu datu bāzes (Koksnes cenu datu..., 2015-2019) (1. pielikums). Miežabrāļa sēklu iepirkuma cena iegūta sazinoties ar sēklu uzpircēju, kurš kā vidējo cenu nosauca 3.00 EUR kg. Apes koksnes un miežabrāļa sēklu novākšanas izmaksas un kokmateriālu/sēklu cenas ostā vai pie uzpircēja Latvijā apkopotas 3.11. tabulā.

3.11. tabula / Table 3.11.

Apes koksnes un miežabrāļa sēklu novākšanas izmaksas un kokmateriālu/sēklu cenas ostā vai pie uzpircēja Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā / Aspen timber and reed canary grass seed harvesting costs and timber/ seed prices in the port or at the collector in Latvia in the period 2015-2019

| Izmaksu pozīcija | Vienība | Izmaksas par vienību, EUR |
|--|------------------|---------------------------|
| Novākšanas izmaksas | | |
| Kokmateriālu sagatavošana | m^3 | 5.85 |
| Kokmateriālu pievešana (no cirsmas līdz ceļam) | m^3 | 4.72 |
| Kokmateriālu transportēšana (no ceļa līdz iepirkšanas punktam) | m^3 | 6.23 |
| Šķeldošana | ber.m^3 | 2.50 |
| Šķeldu transports | ber.m^3 | 0.40 |
| Miežabrāļa sēklu kulšana | ha | 60.00 |
| Miežabrāļa sēklu žāvēšana | kg | 0.06 |
| Miežabrāļa sēklu tīrīšana | kg | 0.12 |
| Miežabrāļa sēklu transports | 50 km | 38.00 |
| Kokmateriālu/sēklu cenas | | |
| Zāģbaļķi | m^3 | 46.88 |
| Taras kluči | m^3 | 37.02 |
| Papīrmalka | m^3 | 28.84 |

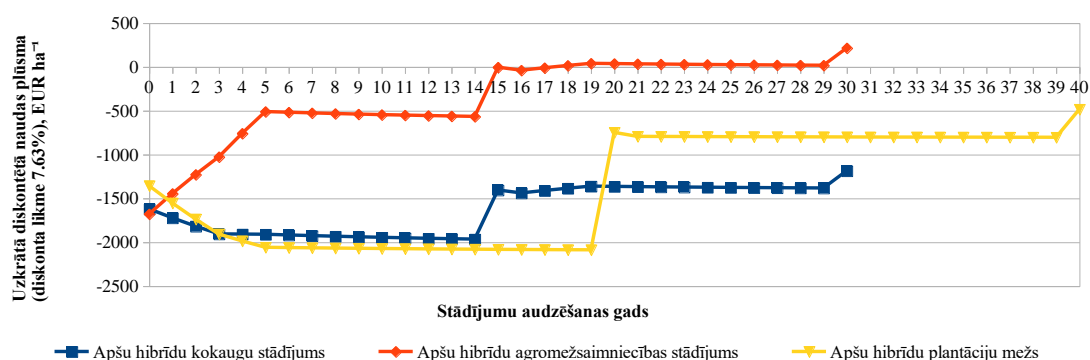
3.11. tabulas turpinājums / *Continuation of Table 3.11*

| Izmaksu pozīcija | Vienība | Izmaksas par vienību, EUR |
|-------------------|--------------------|---------------------------|
| Malka | m ³ | 24.37 |
| Koksnes šķeldas | ber.m ³ | 9.38 |
| Miežabrāļa sēklas | kg | 3.00 |

Avots: autora veidots pēc autora veiktas preču un pakalpojumu aptaujas; Tehnisko pakalpojumu vidējo..., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019, Mežizstrādes vidējās izmaksas..., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019, Apaļkoku vidējās iepirkuma..., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019, Koksnes cenu datu..., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019.

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 3.8. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.8. att. / Fig. 3.8. Uzkrātā diskontētā naudas plūsma apšu hibrīdu stādījumos Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / *Cumulative cashflow in aspen hybrid plantation lifespan in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.*

Apšu hibrīdu 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).

Piemērojot diskonta likmi 7.63%, uzkrātā diskontētā naudas plūsma dzīves laikā apšu hibrīdu kokaugu stādījumam ir -1184.63 EUR ha⁻¹, plantāciju mežam ir -484.22 EUR ha⁻¹ un agromežsaimniecības stādījumam 215.31 EUR ha⁻¹, 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, tā vietā izvēloties audzēt agromežsaimniecības stādījumu.

Lai izvērtētu apšu hibrīdu audzēšanas modeļus, tiek izmantotas investīciju vērtēšanas metodes: atmaksāšanās periods (4.3. formula), NPV (4.4. formula) un IRR (4.5. formula). Visās vērtēšanas metodēs tiek izmantota diskonta likme 7.63%.

Apšu hibrīdu audzēšanas modeļu izvērtējums, izmantojot investīciju vērtēšanas metodes apkopots 3.12. tabulā.

3.12. tabula / Table 3.12

Ekonomiskie rādītāji apšu hibrīdu stādījumos to dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā / Economic indicators in aspen hybrid plantation lifetime in Latvia on average in the period 2015-2019

| Apses hibrīdu audzēšanas modelis | Atmaksāšanās periods, gadi | NPV, EUR ha ⁻¹ | 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 neatpeln. 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⁻¹, 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.

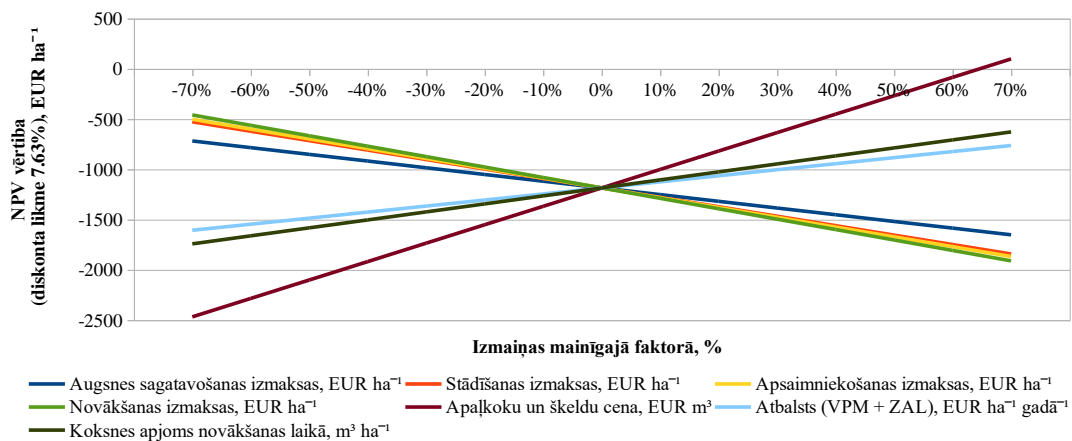
Salīdzinot apšu hibrīdu stādījumus pēc IRR vērtības, augstāko IRR vērtību 9.1% uzrāda agromežsaimniecības stādījums, kam seko plantāciju mežs ar 6.4% un kokaugu stādījums ar IRR vērtību 2.6%. Aprēķinātā IRR vērtība liek konstatēt, ka zemākā diskonta likme pie kuras atmaksājas ierīkot agromežsaimniecības 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.

Pētījumā izmantoto investīciju vērtēšanas metožu rezultāti, salīdzinot savā starpā apšu hibrīdu stādījumu modeļus, ļauj konstatēt, ka par pamatu ņemot vidējās cenas 2015.-2019. gadā, ekonomiski izdevīgāka ir agromežsaimniecības stādījumu audzēšana, savukārt kokaugu stādījumu un plantāciju meža audzēšana neatmaksājas.

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⁻¹ 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⁻¹, 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. Šīs analīzes mērķis ir noteikt modeļa kritiskos mainīgos, kas visvairāk ietekmē NPV vērtību. Analīzes sākumā tika noteikts bāzes variants, kas ir pašreizējais modelis. Tālāk pētījuma aprēķinos tika izmainīta viena mainīgā vērtība par +10%, pārējo mainīgo vērtības tika saglabātas nemainīgas. Par mainīgajiem tiek pieņemtas lielākās apšu hibrīdu stādījumu izmaksu pozīcijas: augsnes sagatavošana, stādīšana, apsaimniekošana, novākšana, kā arī apaļkoku, koksnes šķeldas, miežabrāļa sēkļu cenas un koksnes biomasas ikgadējie pieaugumi, un miežabrāļa sēkļu ražība. Apšu hibrīdu stādījumu modeļu NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām attēlotas 3.9. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.9. att. / Fig. 3.9. Apšu hibrīdu kokaugu stādījuma NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Changes in the NPV value of an aspen hybrid plantations depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.

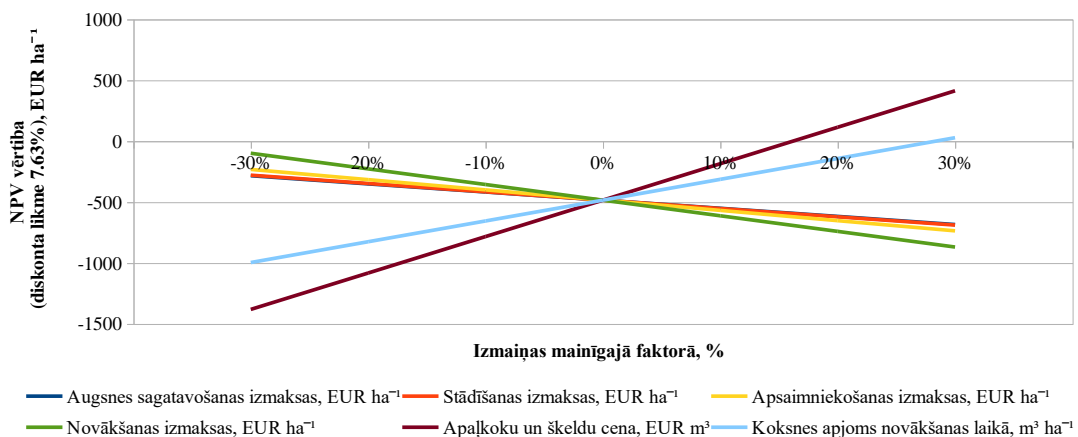
Bāzes NPV vērtība apses kokaugu stādījumiem, kas iegūta pētījuma aprēķinos ir -1184.63 EUR ha⁻¹. Izvērtējot mainīgos faktorus, kas ietekmē apšu hibrīdu kokaugu stādījumu NPV vērtību, lielākā ietekme ir apaļkoku iepirkuma cenai. Palielinoties apaļkoksnes iepirkuma cenai par 10%, pārējiem mainīgajiem saglabājoties, NPV vērtība pieaug par 15.5%. Otrs mainīgais, kas būtiski ietekmē NPV vērtību ir koksnes novākšanas izmaksas, kuru izmaiņas par +10%, NPV vērtību samazina par 8.8%. Palielinoties visiem izdevumiem, kas saistīti ar stādījumu audzēšanu, NPV vērtība samazinās par 30.6%. Savukārt palielinoties visiem ieņēmumiem (apaļkoksnes pārdošanas un atbalsta maksājumi) par 10%, NPV vērtība palielinās par 20.6%. Lai NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha⁻¹ un stādījumu audzēšana būtu rentabla, apaļkoku cenai ir jāpalielinās par 64.4%, savukārt atbalsta maksājumiem par 196.6%. Šāda apjoma atbalsta maksājumu palielinājums uzskatāms par maz iespējamu, ņemot vērā, ka pēdējo 5 gadu laikā no 2015. līdz 2019. gadam atbalsta maksājumi (VPM + ZAL) ir palielinājušies par 49%.

Lai sasniegtu NPV 0.00 EUR ha⁻¹, visiem ieņēmumiem ir jāpalielinās par 48.5% vai arī visiem izdevumiem stādījumu audzēšanas laikā jāsamazinās par 32.7%.

Stādījumus iespējams padarīt rentablākus, palielinot koksnes biomasas pieaugumu platībā, kas ir iespējams, izvēloties konkrētajai platībai piemērotākos apšu hibrīdu klonus, veicot pareizu koku aizsardzību vai regulāri ielabojojot augsni.

Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas apses kokaugu stādījumu izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, biomasas novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumi (apaļkoku pārdošana, atbalsta maksājumi) samazinās par 10%, NPV vērtība samazinātos par 51.1% un būtu -1790.16 EUR ha⁻¹. Lai NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha⁻¹ un stādījumu audzēšana kļūtu rentabla, vienlaicīgi visiem izdevumiem būtu jāsamazinās par 19.6%, savukārt visiem ieņēmumiem jāpalielinās par 19.6%.

Apšu hibrīdu plantāciju meža NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām attēlotas 3.10. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

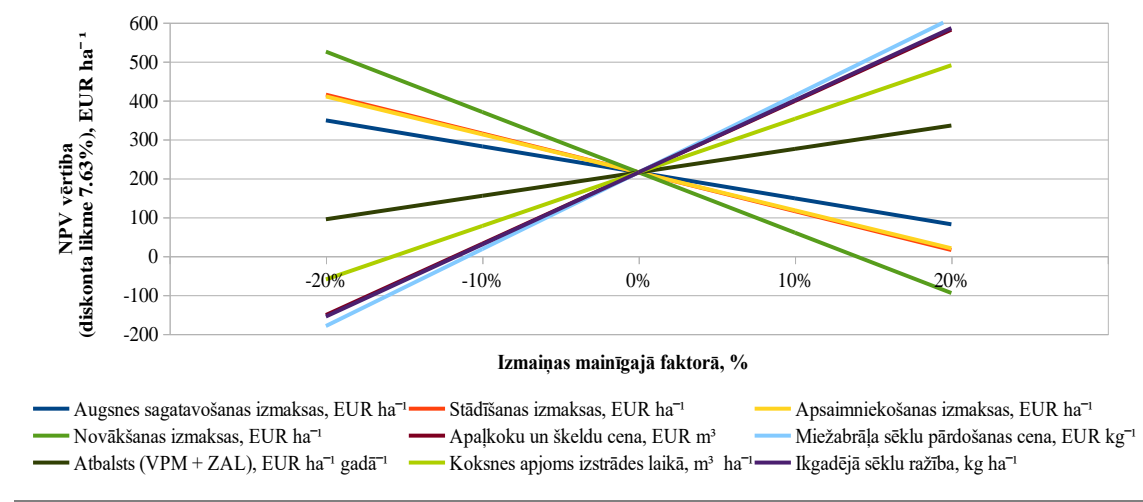
3.10. att. / Fig. 3.10. Apšu hibrīdu plantāciju meža NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Changes in the NPV value of an aspen hybrid plantation forest depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.

Bāzes NPV vērtība apses plantāciju mežam, kas iegūta pētījuma aprēķinos ir -484.22 EUR ha⁻¹. Izvērtējot mainīgos faktoros, kas ietekmē apšu hibrīdu kokaugu stādījumu NPV vērtību, lielākā ietekme ir apaļkoku iepirkuma cenai. Palielinoties apaļkoksnes iepirkuma cenai par 10%, pārējiem mainīgajiem saglabājoties, NPV vērtība pieaug par 61.8%. Lai NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha⁻¹ un stādījumu audzēšana būtu rentabla, apaļkoku cenai ir jāpalielinās par 16.2%. Otrs mainīgais, kas būtiski ietekmē NPV vērtību ir koksnes apjoms novākšanas laikā, kura izmaiņas par +10%, NPV vērtību palielina par 35.3%. No izmaksām vislielāko ietekmi atstāj novākšanu izmaksu izmaiņas, kas palielinoties par 10%, NPV vērtību samazina par 26.5%.

Palielinoties visiem izdevumiem plantāciju meža audzēšanas laikā par 10%, NPV vērtība samazinās par 71.8%, savukārt palielinoties visiem ieņēmumiem par 10%, NPV vērtība palielinās par 61.8%. Par plantāciju mežu nav iespējams saņemt atbalsta maksājumus, tādēļ ieņēmumus gūst tikai no apaļkoku pārdošanas. Lai sasniegtu NPV 0.00 EUR ha⁻¹, visiem ieņēmumiem ir jāpalielinās par 16.2% vai arī visiem izdevumiem stādījumu audzēšanas laikā jāsamazinās par 13.9%.

Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas plantāciju meža izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, biomasas novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumi (apaļkoku pārdošana) samazinās par 10%, NPV vērtība samazinātos par 133.6% un būtu -646.69 EUR ha⁻¹.

Apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījuma NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām attēlotas 3.11. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.11. att. / Fig. 3.11. Apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījuma NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Changes in the NPV value of an aspen hybrid plantation forest depending on the changes in the value of the variable in Latvia in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.

Bāzes NPV vērtība apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījumos, kas iegūta pētījuma aprēķinos ir 215.31 EUR ha⁻¹. Izvērtējot mainīgos faktorus, kas ietekmē apšu agromežsaimniecības stādījumu NPV vērtību, lielākā ietekme ir miežabrāļa sēkļu pārdošanas cenai, ilgadējais sēkļu ražībai, kā arī apaļkoku pārdošanas cenai. Sēkļu ražībai stādījumos pieaugot par 10%, NPV vērtība palielinās par 86.1%. Savukārt palielinoties sēkļu iepirkuma cenai par 10%, NPV vērtība palielinās par 91.7% un palielinoties apaļkoku pārdošanas cena par 10%, NPV vērtība palielinās par 85.1%. No izmaksām audzējot stādījumus, vislielāko ietekmi uz NPV vērtību veido stādījumu novākšanas izmaksas, kas palielinoties par 10% NPV vērtību samazina par 72%.

Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas agromežsaimniecības stādījumu izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumi (apaļkoku pārdošana, sēkļu pārdošana, atbalsta maksājumi) samazinās par 10%, NPV vērtība samazinātos par 399.4% un būtu -644.55 EUR ha⁻¹. Lai NPV būtu 0.00 EUR ha⁻¹ un stādījumu audzēšana kļūtu ekonomiski neizdevīga, visiem ieņēmumiem ir jāsamazinās par 5.1% vai arī visiem izdevumiem stādījumu audzēšanas laikā jāpalielinās par 4.9%.

Visos apšu hibrīdu audzēšanas modeļos 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⁻¹ (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. gada līdz 2019. gadam vidējās apaļkoku cena ir palielinājusies par 19.6%, augstāko punktu sasniedzot 2018. gadā (1. pielikums). 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).

Visos apšu hibrīdu stādījumu modeļos lielu ietekmi uz NPV vērtību atstāj koku 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. Atkārtota stādīšana nepieciešama, jo ar laiku samazinās stādījumu ražība, kā arī selekcijas rezultātā stādījumu audzēšanas laikā (30-40 gadi) ir selekcionēti jauni apšu hibrīdu kloni, kas salīdzinot ar vecākiem kloniem ir ātraudzīgāki un izturīgāki pret koku slimībām.

Autors pētījumā ir salīdzinājis 3 dažādus apšu hibrīdu stādījumu veidus: kokaugu stādījumu, agromežsaimniecības stādījumu un plantāciju mežu. Apšu hibrīdu kokaugu stādījuma aprites periods ir 15 gadi (stādījums tiek audzēts 2 aprites) un kopējais stādījumu dzīves ilgums 30 gadi, 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. Agromežsaimniecības stādījumā kopā ar koku stādīšanu, starp koku rindām tiek iesēts miežabrālis, kas katru gadu rudenī tiek nokults un sēklas pārdotas. Miežabrālis tiek audzēts pirmos 5 gadus un atkārtoti netiek pārsēts. Stādījumi tiek audzēti ar mērķi iegūt zālaugu sēklas, papīrmalku, malku un koksnes šķeldas. 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. Stādījumi tiek audzēti ar mērķi iegūt zāgbaļķus, papīrmalku, malku un koksnes šķeldas.

Apkopojot iegūtos rezultātus, autors secina, ka, ierīkojot apšu hibrīdu stādījumus pēc platības vietas izvēles un augsnes sagatavošanas, tiek veikta platības marķēšana un stādīšana. Stādīšanas izmaksas starp apšu hibrīdu stādījumu veidiem atšķiras, kokaugu stādījumiem ir 987.02 EUR ha⁻¹, plantāciju mežam 717.83 EUR ha⁻¹, agromežsaimniecības stādījumam kopā ar miežabrāļa sēšanu 1048.19 EUR ha⁻¹. Piemērojot diskonta likmi 7.63%, uzkrātā diskontētā naudas plūsma agromežsaimniecības stādījumiem to dzīves laikā ir 215.31 EUR ha⁻¹, plantāciju mežam -484.22 EUR ha⁻¹ un kokaugu stādījumam -1184.63 EUR ha⁻¹, kas norāda uz šo stādījumu veidu negatīvu naudas plūsmu. No visiem stādījumu modeļiem, tikai agromežsaimniecības stādījumam atmaksāšanās periods ir 17.4 gadi, turpretī kokaugu stādījuma un plantāciju meža ierīkošana aprēķinu veikšanas brīdī neatmaksājās.

Izvērtējot mainīgos faktorus, autors secina, ka visos apšu hibrīdu audzēšanas modeļos būtiskākā ietekme stādījumu izdevīgumā un NPV vērtībā ir apaļkoku pārdošanas cenai. Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas stādījumu izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, biomasas novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumiem (biomasas pārdošana, sēklu pārdošana, atbalsta maksājumi) samazinās par 10%, apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījumi uzrāda labākus rezultātus, kas nozīmē mazākas NPV vērtības izmaiņas.

3.1.3. Baltalkšņa stādījumu ekonomiskais izvērtējums / *Grey alder plantation economic evaluation*

Baltalksnis tiek uzskatīta par piemērotu koku sugu Latvijas klimatiskajiem apstākļiem, kuru iespējams izmantot ātraudzīgajos kokaugu stādījumos lauksaimniecībā neizmantotās zemēs. Stādījumus iespējams izmantot enerģētiskās koksnes, malkas vai papīrmalkas audzēšanai (Daugaviete, 2010). 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).

Baltalkšņa stādījumu vietas izvēle aprakstīta pētījuma 2.4. nodaļā un augsnes sagatavošana pirms stādīšanas aprakstīta pētījuma 3.1. nodaļā. Viena hektāra baltalkšņa stādījumu augsnes sagatavošanas izmaksas pirms stādīšanas apkopotas 3.1. tabulā un ir vienādas abiem baltalkšņa stādījumu veidiem.

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-iscirtmeta 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.

Stādīšanas izmaksas ietver baltalkšņa stādmateriāla un stādīšanas izmaksas. Baltalkšņa stādus 2020. gadā iespējams iegādāties tikai tos iepriekš pasūtot kādā no Latvijas kokaudzētavām. Bez iepriekšējas rezervācijas baltalkšņa stādi kokaudzētavās netiek audzēti. Aprēķinos tiek izmantota vidējā melnalkšņa stādu cena vidēji 2015.-2019. gadā, kas bija 0.24 EUR gab.⁻¹. Abos stādījumu veidos tiek stādīti 1600 koki ha⁻¹.

Vidējās meža stādīšanas izmaksas Latvijā 2015.-2019. gadā (1. pielikums) bija 107.02 EUR ha⁻¹ (Meža atjaunošanas un..., 2020). Šīs izmaksas ir par koku stādīšanu meža zemēs, kurās koku skaitam baltalkšņa jaunaudzēs ir jābūt ne mazākam kā 2000 koki hektārā. Stādot baltalksni kokaugu stādījumā lauksaimniecības zemēs tiek stādīti 1600 koki hektārā, tomēr papildus stādīšanai jāveic platības marķēšana un stādīšana taisnās rindās, tādēļ darba apjoms veicot stādīšanu ir ļoti līdzīgs kā stādot meža zemēs, lai arī koku skaits ir mazāks. Tādēļ pētījumā tiek pieņemts, ka stādīšanas izmaksas 1600 baltalkšņa stādiem ir 107.02 EUR ha⁻¹.

Kopējās stādmateriāla un stādīšanas izmaksas abos baltalkšņa stādījuma veidos ir 491.02 EUR ha⁻¹.

Baltalkšņa stādījumu apsaimniekošanas izmaksas ir visas izmaksas, kas saistītas ar stādījumu uzturēšanu un apsaimniekošanu to dzīves laikā, izņemto koksnes novākšanas izmaksas.

Abos audzēšanas modeļos platības pirms stādīšanas tiek ielabotas ar minerālmēsliem, kas tiek darīts reizē ar augsnes sagatavošanu. Audzēšanas laikā stādījumi netiek ielaboti vai mēslooti.

Lai stādījumu nenomāktu lakstaugi un uzlabotu stādu saglabāšanos un augšanas apstākļus, pirmos 3 gadus pēc iestādīšanas un 2 gadus otrās aprites sākumā (pēc koksnes novākšanas) veic agrotehnisko kopšanu izmantojot, krūmgriezi. Agrotehniskās kopšanas izmaksas tiek ņemtās kā vidējās agrotehniskās kopšanas izmaksas Latvijā

2015.-2019. gadā (1. pielikums), kas ir 107.49 EUR ha⁻¹ (Meža atjaunošanas un..., 2020).

Baltalkšņa stādus nav nepieciešams apstrādāt ar aizsardzības līdzekļiem pret dzīvnieku apkodumiem, kā piemēram apšu hibrīdu stādījumus, jo dzīvnieki ļoti reti bojā baltalkšņu stādījumus (Liepiņš, Liepiņš, 2010).

Pētījuma aprēķinos tiek pieņemts, ka zeme ir īpašumā un zemes noma nav jāmaksā. Administratīvās izmaksas pētījumā ir pieņemtas 5.00 EUR ha⁻¹ gadā. NĪN aprēķināšanas metodika aprakstīta pie kārkļu apsaimniekošanas un ir 7.67 EUR ha⁻¹. Abos baltalkšņa stādījumu veidos kopējās apsaimniekošanas izmaksas stādījumu dzīves laikā ir 930.22 EUR ha⁻¹, pirmajā apritē (1.-15. gads) tās ir 632.68 EUR ha⁻¹, savukārt otrajā (16.-30. gads) 297.54 EUR ha⁻¹, kas ir par 53% mazāk.

Baltalkšņa koksnes **biomasas novākšanā** izmanto mežizstrādes tehniku. Pētījumā izmantotās kokmateriālu sagatavošanas un pievešanas izmaksas ir vidējās šo pakalpojumu izmaksas 2015.-2019. gadā no CSP datubāzes “Mežizstrādes vidējās izmaksas, 2015-2019” (1. pielikums). Koksnes šķeldošanas un šķeldu transporta izmaksu iegūšanas metodika aprakstīta darba nodaļā pie kārkļu stādījumiem.

Aprēķinos tiek izmantotas baltalkšņa papīrmalkas, malkas un šķeldas vidējās cenas 2015.-2019. gadā, kas ņemtas no *Latvianwood* mājaslapā atrodamās koksnes cenu datubāzes (Koksnes cenu datu..., 2015-2019) (1. pielikums).

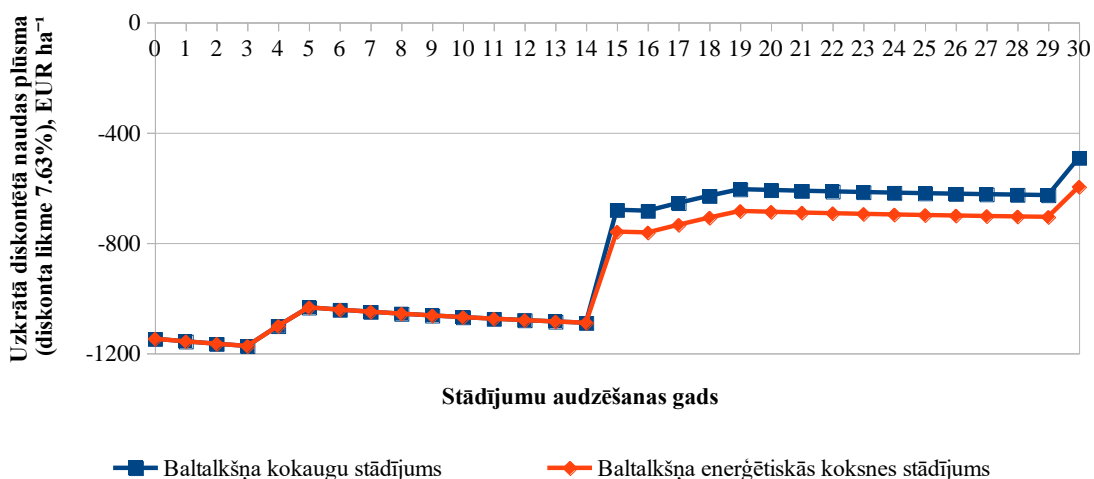
Baltalkšņa ražības rādītāji 15 gadu vecumā tiek ņemti no LVMI Silava veiktā pētījuma, kurā ierīkots baltalkšņa kokaugu stādījums lauksaimniecībā neizmantotā zemē. Pētījuma tiek pieņemts, ka pie 1600 koki ha⁻¹ sākotnējās stādījumu biežības, baltalkšņa stādījumu ražība 15 gadu vecumā ir 130 m³ ha⁻¹ (Daugaviete et al., 2015). Novākšanas brīdī tiek iegūti 120 m³ ha⁻¹ apaļkoksnes un 27 ber.m³ ha⁻¹ koksnes šķeldas. Sasniedzot 20 gadu vecumu, baltalkšņa audžu krājas vidējais pieaugums samazinās, tādēļ audzes visizdevīgāk ir izstrādāt 15-17 gadu vecumā (Miezīte, Dreimanis, 2013).

Baltalkšņa kokaugu stādījuma modelī koksne tiek pārdota kā apaļkoku sortiments, kur 30% no koksnes ir papīrmalkas apaļkoku sortiments un 70% malkas sortiments. Baltalkšņa stādījuma enerģētiskās koksnes ieguvei modelī tiek pieņemts, ka koksne netiek pārdota kā apaļkoku sortiments, bet tiek šķeldota un pārdota kā koksnes šķeldas. Pārrēķinot no apaļkoku sortimenta uz koksnes šķeldām, kopējais koksnes šķeldu apjoms ir 351 ber.m³ ha⁻¹ (1. pielikums). Pētījumā, kas tika veikts nekoptās baltalkšņa audzēs, 15 gadu vecumā enerģētiskās koksnes apjoms bija 382 ber.m³ ha⁻¹ (Miezīte, Dreimanis, 2013).

Abos stādījumu veidos pirmos 5 gadus katras aprites sākumā ieņēmumi tiek gūti arī no VPM un ZAL maksājumiem. Pētījumā tiek izmantotas vidējās vērtības 2015.-2019. gadā, kur VPM ir 69.63 EUR ha⁻¹ un ZAL 40.44 EUR ha⁻¹.

Baltalkšņa 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 baltalkšņa stādījumus, tika aprēķināta uzkrātā diskontētā naudas plūsma, kas attēlota 3.12. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.12. att. / Fig. 3.12. Uzkrātā diskontētā naudas plūsma baltalkšņa stādījumos Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / *Aspen hybrid plantation cumulative cashflow during plantation lifespan in Latvia on average in the period 2015-2019.*

Piemērojot diskonta likmi 7.63%, uzkrātā diskontētā naudas plūsma dzīves laikā baltalkšņa kokaugu stādījumam ir -490.84 EUR ha⁻¹ un enerģētiskās koksnes stādījumam -596.14 EUR ha⁻¹. 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: atmaksāšanās periods (4.3. formula), NPV (4.4. formula) un IRR (4.5. formula). Visās vērtēšanas metodēs tiek izmantota diskonta likme 7.63%. Baltalkšņa stādījumu audzēšanas modeļu izvērtējums, izmantojot investīciju vērtēšanas metodes, apkopots 3.13. tabulā.

3.13. tabula / Table 3.13

Baltalkšņa stādījumu ekonomiskie rādītāji to dzīves laikā Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā / Grey alder plantation economic indicators during plantation lifetime in Latvia on average in the period 2015-2019

| Baltalkšņa stādījumu audzēšanas modelis | Atmaksāšanās periods, gadi | NPV, EUR ha ⁻¹ | IRR, %0 |
|---|----------------------------|---------------------------|---------|
| 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.

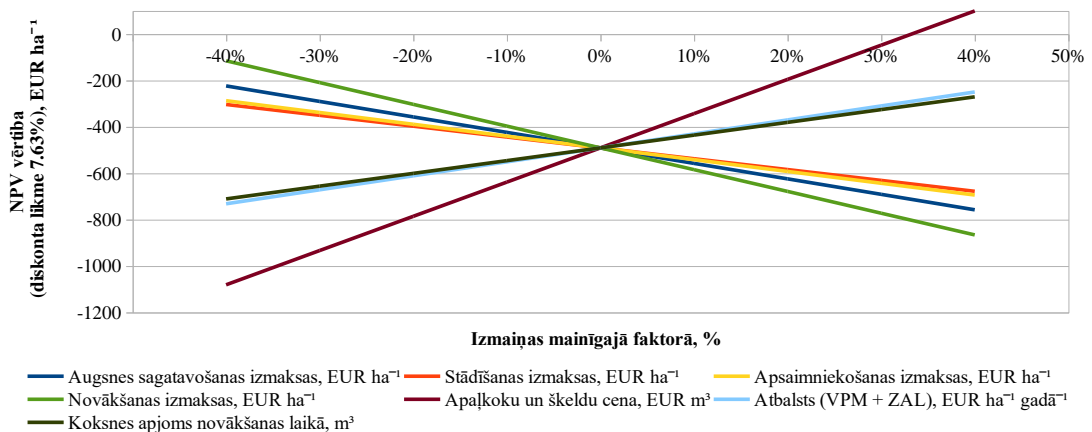
Aprēķinātā IRR vērtība ļauj secināt, ka zemākā diskonta likme, pie kuras atmaksājas ierīkot kokaugu stādījumus, ir 4.3% un enerģētiskās koksnes stādījumus 3.1%, kas, salīdzinot ar aprēķinos izmantoto diskonta likmi 7.63%, ir attiecīgi par 44% un 59% zemāka.

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⁻¹ gadā) būtu iespējams saņemt visu baltalkšņa stādījumu audzēšanas laiku, kokaugu stādījumu NPV vērtība būtu 190.51 EUR ha⁻¹, savukārt enerģētiskās koksnes stādījumu 85.22 EUR ha⁻¹, 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. Šīs analīzes mērķis ir noteikt modeļa kritiskos mainīgos, kas visvairāk ietekmē NPV vērtību. Analīzes sākumā tika noteikts bāzes variants, kas ir pašreizējais modelis. Tālāk pētījuma aprēķinos tika izmainīta viena mainīgā vērtība par +10%, kur pārējo mainīgo vērtības tika saglabātas nemainīgas. Par mainīgajiem tiek pieņemtas lielākās baltalkšņa stādījumu izmaksu pozīcijas: augsnes sagatavošana, stādīšana, apsaimniekošana, novākšana, kā arī apaļkoku sortimentu, koksnes šķeldu pārdošanas cena un koksnes biomasas ikgadējas pieaugums. Baltalkšņa kokaugu stādījumu modeļa NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām attēlotas 3.13. attēlā.



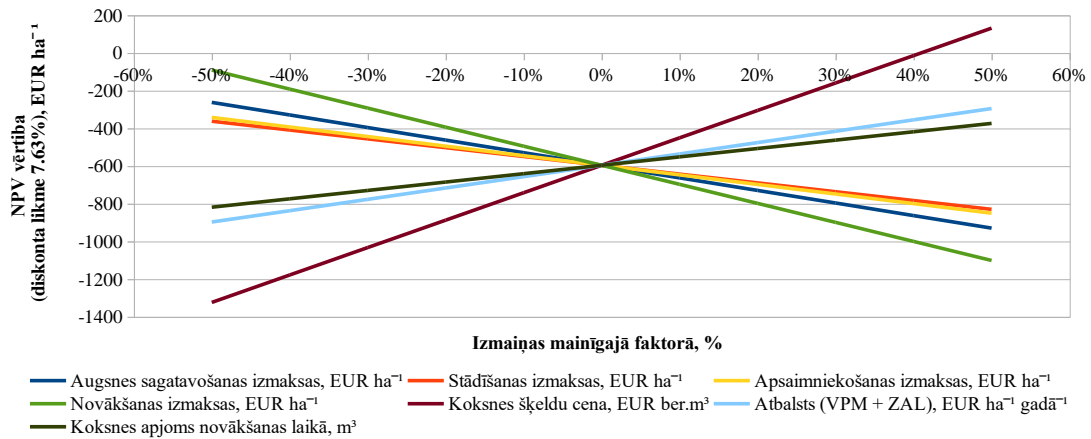
Avots: autora konstrukcija

3.13. att. / Fig. 3.13. Baltalkšņa kokaugu stādījuma NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Changes in the NPV value of an grey alder plantation depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.

Bāzes NPV vērtība baltalkšņa kokaugu stādījumiem, kas aprēķināta pētījumā ir -490.84 EUR ha⁻¹. Izvērtējot mainīgos faktoros, kas ietekmē apšu hibrīdu kokaugu stādījumu NPV vērtību, lielākā ietekme ir apaļkoku pārdošanas cenai. Palielinoties apaļkoksnes pārdošanas cenai par 10%, pārējiem mainīgajiem paliekot nemainīgiem, NPV vērtība pieaug par 30.1%. Otrs mainīgais, kas būtiski ietekmē NPV vērtību ir koksnes novākšanas izmaksas, kur izmaiņas par +10%, NPV vērtību samazina par 18.7%. Palielinoties visiem izdevumiem, kas saistīti ar stādījumu audzēšanu par 10%, NPV vērtība samazinās par 19.1%. Savukārt palielinoties visiem ieņēmumiem (apaļkoksnes pārdošanas un atbalsta maksājumi) par 10%, NPV vērtība palielinās par 42.3%. Lai NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha⁻¹ un stādījumu audzēšana būtu rentabla, apaļkoku pārdošanas cenai ir jāpalielinās par 36.7%, savukārt atbalsta maksājumiem par 88.5%.

Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas baltalkšņa kokaugu stādījumu izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, biomasas novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumi (apaļkoku pārdošana, atbalsta maksājumi) samazinās par 10%, NPV vērtība samazinātos par 67% un būtu -904.73 EUR ha⁻¹.

Baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījuma modeļa NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām attēlotas 3.14. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.14. att. / Fig. 3.14. Baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījuma NPV vērtības izmaiņas atkarībā no mainīgā vērtības izmaiņām Latvijā vidēji 2015.-2019. gadā, EUR ha⁻¹ / Changes in the NPV value of an grey alder energy wood plantation depending on the changes in the value of the variable in Latvia on average in the period 2015-2019, EUR ha⁻¹.

Bāzes NPV vērtība baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījumiem, kas aprēķināta pētījumā ir -596.14 EUR ha⁻¹. Izvērtējot mainīgos faktoros, kas ietekmē apšu hibrīdu kokaugu stādījumu NPV vērtību, lielākā ietekme ir koksnes šķeldas cenai. Palielinoties koksnes šķeldu pārdošanas cenai par 10%, pārējiem mainīgajiem paliekot nemainīgiem, NPV vērtība pieaug par 24.4%. Otrs mainīgais, kas būtiski ietekmē NPV vērtību ir koksnes novākšanas izmaksas, kur izmaiņas par +10%, NPV vērtību samazina par 17%. Palielinoties visiem izdevumiem, kas saistīti ar stādījumu audzēšanu par 10%, NPV vērtība samazinās par 44.5%. Savukārt palielinoties visiem ieņēmumiem par 10%, NPV vērtība palielinās par 34.5%. Lai NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha⁻¹ un stādījumu audzēšana būtu rentabla, koksnes šķeldu pārdošanas cenai ir jāpalielinās par 41%.

Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas baltalkšņa kokaugu stādījumu izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, biomasas novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumi (koksnes šķeldu pārdošana, atbalsta maksājumi) samazinās par 10%, NPV vērtība samazinātos par 79% un būtu -1067.30 EUR ha⁻¹.

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 m³, salīdzinot ar 25.59 EUR m³ 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 m³, kas

salīdzinot ar 2015. gadu bija 29% cenas pieaugums (1. pielikums). Lai baltalkšņa stādījumos NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha⁻¹, 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.m³, kas salīdzinot ar 2015. gadu bija 38% cenas pieaugums. Lai baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījumos NPV vērtība sasniegtu 0.00 EUR ha⁻¹, 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.

Autors pētījumā ir salīdzinājis 2 dažādus baltalkšņa stādījumu veidus: kokaugu un enerģētiskās koksnes stādījumus. Abiem stādījumu veidiem aprites periods ir 15 gadi (stādījums tiek audzēts 2 aprites) un kopējais stādījumu dzīves ilgums 30 gadi. Kokaugu stādījums tiek audzēts ar mērķi iegūt papīrmalku un malku, savukārt enerģētiskās koksnes stādījumos iegūt koksnes šķeldas.

Apkopojot iegūtos rezultātus, autors secina, ka, ierīkojot baltalkšņa stādījumus pēc platības vietas izvēles un augsnes sagatavošanas tiek veikta platības marķēšana un stādīšana. Stādīšanas izmaksas starp baltalkšņa stādījumu veidiem neatšķiras un ir 491.02 EUR ha⁻¹. Piemērojot diskonta likmi 7.63%, uzkrātā diskontētā naudas plūsma baltalkšņa kokaugu stādījumam dzīves laikā ir -490.84 EUR ha⁻¹, savukārt enerģētiskās koksnes stādījumam -596.14 EUR ha⁻¹. Abi stādījuma veidi uzrāda negatīvu naudas plūsmu un to audzēšana aprēķinu veikšanas brīdī neatmaksājās.

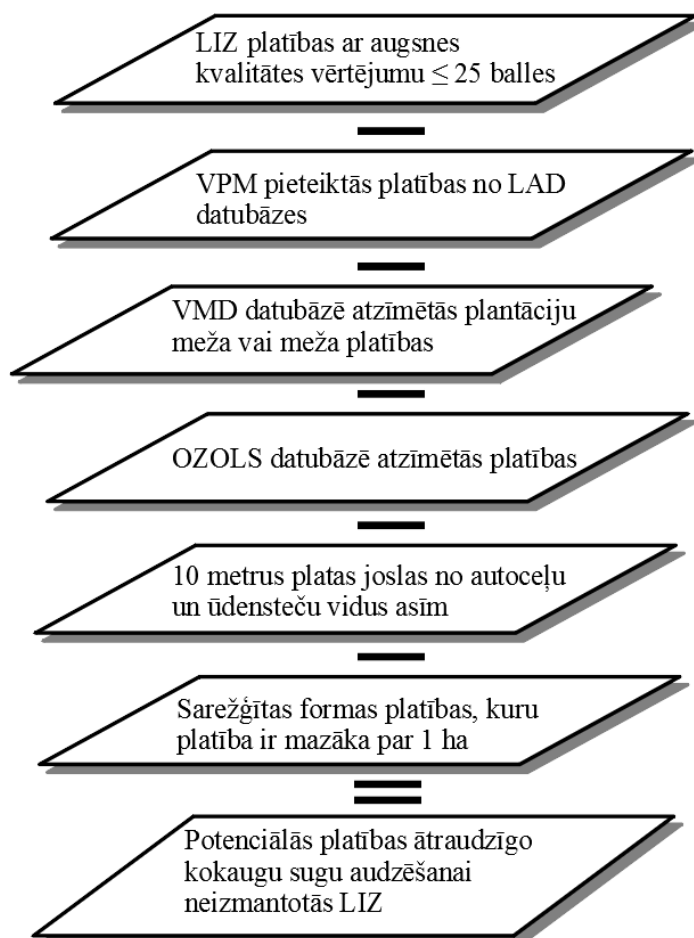
Izvērtējot mainīgos faktoros, autors secina, ka baltalkšņa kokaugu stādījumos būtiskākā ietekme stādījumu ekonomikā un NPV vērtībā ir apaļkoku pārdošanas cenai, savukārt enerģētiskās koksnes stādījumos koksnes šķeldu cenai. Izpildoties nelabvēlīgākajam scenārijam, kurā visas stādījumu izmaksas (ierīkošanās, stādīšanas, apsaimniekošanas, biomasas novākšana) palielinās par 10% un visi stādījumu ieņēmumi (koksnes pārdošana, atbalsta maksājumi) samazinās par 10%, baltalkšņa kokaugu stādījumi uzrāda labākus rezultātus, kas nozīmē mazākas NPV vērtības izmaiņas. Izvērtējot baltalkšņa stādījumu ierīkošanas potenciālu Latvijā, autors secina, ka aprēķinu veikšanas brīdī stādījumu ierīkošana neatmaksājās. Tomēr, stādījumu audzēšana var būt rentabla, ja atbalsta maksājumus būtu iespējams saņemt visu to audzēšanas laiku, nevis pirmos 5 gadus katras aprites sākumā. Nemainoties citiem apstākļiem, bet piešķirot atbalstu pašreizējā maksājuma apmērā (110.07 EUR ha⁻¹ gadā), gan baltalkšņa kokaugu, gan enerģētiskās koksnes stādījumu ierīkošana būtu rentabla. Pozitīva naudas plūsma audzējot stādījumus, iespējams, veicinātu neizmantotas lauksaimniecības zemes izmantošanu baltalkšņa stādījumu audzēšanai un dotu papildus koksnes resursus atjaunojams enerģijas ražošanai.

3.2. Potenciālās platības, iegūstamais biomasas apjoms un ekonomiskā vērtība ātraudzīgo kokaugu stādījumos Latvijā / *Potential areas, amount of biomass and economic value to be obtained in plantations of fast-growing woody crop species in Latvia*

Pēc LAD datiem 2019. gadā no 2 228 841 hektāriem LIZ 256 180 hektāri tika uzskaitīti kā nekopti, kas veido 11.5% no kopējās LIZ platības Latvijā. Pēdējo 5 gadu laikā (2015.-2019. gads) nekoptās platības ir samazinājušās par 57 234 ha (-2.2%) (LIZ apsekošanas rezultāti..., 2015; LIZ apsekošanas rezultāti..., 2019). Visbiežākie iemesli nekopto platību samazinājumam ir to atgriešana lauksaimniecībā, transformācija par apbūves gabaliem vai meža zemēm. Savukārt no 2018. līdz 2019. gadam nekoptās platības ir samazinājušās par 382 ha (LIZ apsekošanas rezultāti..., 2018), kas ir neliels samazinājums, ņemot vērā pēdējo 5 gadu tendenci. Nelielam samazinājumam var būt vairāki iemesli, kā piemēram, daļa no platībām kurās ir iespējama lauksaimniecības kultūraugu audzēšana jau tiek izmantotas kultūraugu audzēšanai vai nekoptās platības ir aizaugušas ar krūmiem un to atgriešana lauksaimnieciskajā ražošanā prasa lielus finansiālus ieguldījumus. Daļa no nekoptajām platībām atrodas pilsētu teritorijās, kas nākotnē tiks izmantotas apbūvei, tādēļ šobrīd netiek izmantotas lauksaimniecībā. Tāpat, ja nekoptās LIZ platībās ir ar zemu augsnes auglību, tad tradicionālos lauksaimniecības kultūragus šādās platības neaudzē.

Citu autoru 2015. gadā veiktā pētījumā ir konstatēts, ka LIZ daudzumam pagasta teritorijā ir pozitīva ietekme uz iedzīvotāju skaita izmaiņām (Dažādu zemes apsaimniekošanas..., 2015). Pēc Ex-ante novērtējuma Lauku attīstības programmai 2014-2020 (2013) gala atskaitē sniegtās informācijas: “Apmežošanai var tikt paredzētas lauksaimniecībā neizmantotās mazauglīgās un lauksaimniecībai ekonomiski neizdevīgās vietās esošās zemes ar novērtējumu mazāku par 25 ballēm” (Ex-ante novērtējums Lauku..., 2013). Apzinot potenciālās platības Latvijā, kas būtu pieejamas ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai, tika pieņemts uzstādījums, ka pie platībām tiek ieskaitītas platības ar kvalitātes vērtējumu ≤ 25 balles.

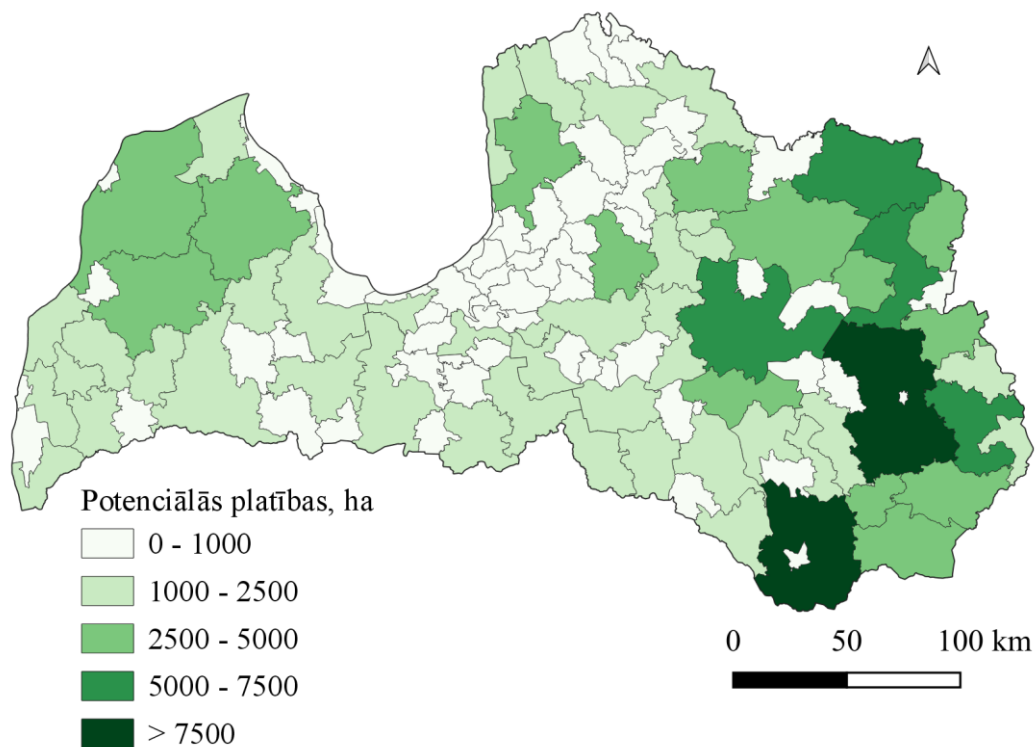
Apzināt potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai ir sarežģīts uzdevums, ņemot vērā dažādās datubāzes, no kurām nepieciešams atlasīt datus, kā arī nepietiekamo informāciju, kas raksturo platības piemērotību stādījumiem. Telpiskais kartes pamatslānis, no kura tika aprēķinātas potenciālās platības ir visas LIZ platības, kuru augsnes kvalitātes vērtējums ir ≤ 25 ballēm. Tika pieņemts, ka šādās platībās dēļ zemās augsnes auglības, tradicionālie lauksaimniecības kultūragi netiek audzēti vai to audzēšana ir ekonomiski neizdevīga, tādēļ šādas platības ir piemērotas ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai. No šīm platībām telpiski tika atņemtas platības, par kurām tiek saņemts VPM (par platībām ar kvalitātes vērtējumu ≤ 25 ballēm), kas ļauj konstatēt, ka šīs platības tiek apsaimniekotas vai uz tām notiek lauksaimnieciskā ražošana. Nākamais telpiskais slānis, kas tiek atņemts, ir meža platības no VMD datubāzes, kas izslēdz platības, kurās jau tiek audzēti koki. Turpinot potenciālo platību identificēšanu, tiek atņemtas platības no Dabas aizsardzības pārvaldes dabas datu pārvaldības sistēmas (OZOLS) datubāzes, kas izslēdz stādījumu ierīkošanu īpaši aizsargājamās dabas teritorijās, mikroliegumos, platībās ar īpaši aizsargājamām sugām, biotopos, tūrisma infrastruktūras objektos, īpaši aizsargājamās dabas teritorijās un platībās ar lielu bioloģisko daudzveidību. Nākamais ģeotelpiskais slānis kas tika atņemts ir 10 m buferjoslas gar autoceļiem un ūdenstecēm, kā arī neregulāras formas platības (platības laukuma attiecība pret perimetru ir mazāka par 0.3). Potenciālās platības tika aprēķinātas, izmantojot ģeotelpisko datu apstrādes metodi, kas grafiski attēlota 3.15. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.15. att. / Fig. 3.15. **Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai aprēķināšanas attēlojums Latvijā 2018. gadā / Potential land for fast-growing woody crop plantation establishment calculation schematic representation in Latvia, 2018.**

Pēc darba autora veiktā aprēķina potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai ir platības ar augsnes auglību ≤ 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 neizmantojājās LIZ, sadalījumā pa 102 novadiem Latvijā 2018. gadā attēlotas 3.16. att.

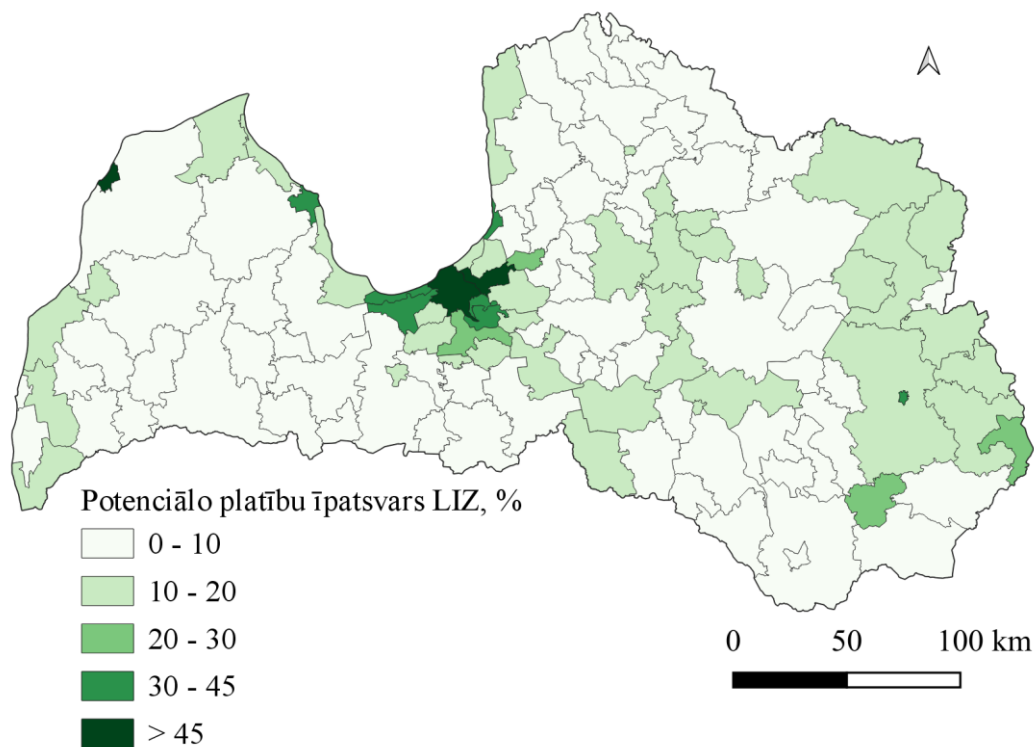


Avots: autora konstrukcija

3.16. att. / Fig. 3.16. Potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai Latvijas novados 2018. gadā / Potential lands for fast-growing woody crop plantation establishment in Latvia, 2018.

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. Potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai Latvijas novados apskatāms 1. pielikumā. 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 īpatsvars pret LIZ Latvijas novados 2018. gadā attēlots 3.17. attēlā.



Avots: autora konstrukcija

3.17. att. / Fig. 3.17. Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai īpatsvars pret LIZ Latvijas novados 2018. gadā / Proportion of potential areas for planting fast-growing woody crop plantations in agricultural land in Latvian regions, 2018.

Lielākais potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai īpatsvars (> 45%) pret LIZ ir Rīgā, Ventspilī un Garkalnes novadā. Lai arī šajās platībās īpatsvars ir lielāks par 45%, faktiskās platības šajās teritorijās salīdzinot ar kopējo apjomu Latvijā (186 100 ha) ir nelielas (Ventspilī 150 ha, Rīgā 146 ha un Garkalnes novadā 232 ha). Lielais īpatsvars ir dēļ mazajām LIZ platībām šajās teritorijās (Ventspils 249 ha, Rīga 265 ha un Garkalnes novads 443 ha LIZ). Daļa no šīm platībām netiek izmantotas lauksaimniecībā, jo to izmantošana nākotnē tiek saistīta ar būvniecību. Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai īpatsvars pret LIZ Latvijas novados apskatāms 1. pielikumā.

Visas potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai, kas tika aprēķinātas nodaļas sākumā tika sadalītas 4 klasēs pēc vienlaidus platības lieluma, piemēram, vienlaidus platība 0.7 ha tika pieskaitīta pie 1. klases, savukārt 5.6 ha liela vienlaidus platība ir pieskaitīta pie 3. klases.

Vislielākā kopējā platība ir 2. klasē (vienlaidus platība 1-5 hektāri), kas veido 52.13% no kopējām potenciālajām platībām Latvijā, kas būtu izmantojamas ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai. Vismazāk platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošana ir 4. klasē (vienlaidus platība virs 10 ha) – 10.31% no visām potenciālajām platībām Latvijā. Vienlaidus platības līdz 1 ha ir vairāk piemērotas stādījumiem ar garu aprites periodu (15-20 gadi), kā piemēram, zāgbaļķu, papīrmalkas vai malkas stādījumiem. Šādas platības (līdz 1 ha) nav piemērotas stādījumiem ar īsu aprites periodu, kā piemēram, kārķļu stādījumiem, jo paredzot mašinizētu kārķļu stādījumu

ierīkošanu un novākšanu jārēķinās ar traktortehnikas apgriešanās laukumiem, kas mazās platībās ir grūti realizējams.

Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai sadalījums klasēs pēc vienlaidus platības lieluma Latvijā 2018. gadā apkopots 3.14. tabulā.

3.14. tabula/ Table 3.14.

Potenciālo platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai sadalījums klasēs pēc vienlaidus platības lieluma Latvijā 2018. gadā / Potential areas for planting fast-growing woody crop plantations divided in classes according to continuous area in Latvia in year 2018

| 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 |
| | Kopā | 186 100 | 100 |

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 aprēķinātajās 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 (3.14. tabula). Savukārt baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījumi tiek audzēti visās potenciālajās platībās, kas 2018. gadā bija 186 100 hektāri (3.14. tabula).

Koksnes šķeldas ir galvenais produkts, kas tiek iegūts kārkļu un baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījumos. Kārkļu stādījumiem, atkarībā no apsaimniekošanas modeļa, biomasas novākšanas periods ir 3-4 gadu, baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījumiem 15 gadi. Kopējais koksnes šķeldu apjoms vienā novākšanas reizē intensīvi apsaimniekotos stādījumos ir 185.19 ber.m³ ha⁻¹ (vidēji 61.73 ber.m³ ha⁻¹ gadā), ekstensīvi apsaimniekotos kārkļu stādījumos 216.05 ber.m³ ha⁻¹ (vidēji 54.01 ber.m³ ha⁻¹ gadā) un baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījumos 351 ber.m³ ha⁻¹ (vidēji 23.4 ber.m³ ha⁻¹ gadā).

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 (3.14. tabula).

Apaļkoku sortimenti, kas ir zāgbaļķi, taras kluči, papīrmalka un malka ir galvenie produkti, kas tiek iegūti apšu hibrīdu plantāciju mežā, kokaugu stādījumā, agromežsaimniecības stādījumā un baltalkšņa kokaugu stādījumā. Papildus apaļkoku sortimentiem apšu hibrīdu stādījumos tiek iegūtas arī koksnes šķeldas. Apaļkoku sortimentu sadalījums precīzi ir zināms stādījumu novākšanas brīdī, kā arī tas var mainīties atkarībā no tirgus situācijas, piemēram, pieaugot enerģētiskās koksnes cenai, izdevīgāk malku un papīrmalku pārdot kā koksnes šķeldas. Piemēram, Somijā 2010. gadā samazinoties apaļkoku sortimentu cenai un pieaugot enerģētiskās koksnes

cenai (koksnes šķeldas), bērza papīrmalkas apaļkoku sortimentus izdevīgāk bija pārdot kā enerģētisko koksni (Fulvio et al., 2011). Kokmateriālu cenas nosaka ne tikai Latvijas tirgus situācija, bet kopējā tirgus situācija Baltijas reģionā, Skandināvijā un Eiropā kopumā (Hanninen et al., 2007). Tādēļ ātraudzīgo kokaugu stādījumu apaļkoku sortimentāciju iepriekš paredzēt ir sarežģīti un parasti to nosaka novākšanas brīdī esošā tirgus situācija. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu novākšanu iespējams piemērot tirgus situācijai un novākt, tad, kad koksnes cena šķiet piemērota.

Aprēķinos izmantotais vienā reizē novācamais apaļkoksnes apjoms apšu hibrīdu plantāciju mežam 20 gadu vecumā ir $260 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (vidēji $13.05 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā) un $54 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ koksnes šķeldu (vidēji $2.7 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā). Vienā reizē novācamais apaļkoksnes apjoms apšu hibrīdu kokaugu un agromežsaimniecības stādījumā 15 gadu vecumā ir $135 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (vidēji $9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā) un $27 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ koksnes šķeldu (vidēji $1.8 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā). Apaļkoksnes apjoms baltalkšņa kokaugu stādījumā 15 gadu vecumā ir $130 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (vidēji $8.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā), kas izsakot koksnes šķeldās ir $351 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (vidēji $23.4 \text{ ber.m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā).

Agromežsaimniecības stādījumos pirmos 5 gadus tiek novāktas arī miežabrāļa sēklas, kas pirmos 5 gadus ir 163 kg ha^{-1} gadā. Lai arī agromežsaimniecības stādījums no ekonomiskā viedokļa ir izdevīgākais apšu hibrīdu stādījuma veids, miežabrāļa sēklu pārdošanas tirgus Latvijā ir ierobežots. Ierīkojot visas 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).

Aprēķinos tiek izmantotas dažādas stādījumu ierīkošanas intensitātes, pieņemot, ka tiek izmantota visa potenciālā platība (100%), vai arī 75%, 50% un 25% no tās. Vidējais viena gadā laikā iegūtais biomasas apjoms potenciālajās ātraudzīgo kokaugu stādījumiem paredzētās LIZ platībās Latvijā 2018. gadā apkopots 3.15. tabulā.

3.15. tabula / Table 3.15

Vidējais viena gadā laikā iegūtais biomasas apjoms audzējot ātraudzīgo kokaugu stādījumus potenciālajās LIZ platībās Latvijā balstoties uz aprēķiniem par 2018. gadu / Average amount of biomass obtained during one year by growing fast-growing woody crop species in potential agricultural land areas in Latvia based in calculation for year 2018

| 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^3 | 8843 | 6632 | 4422 | 2211 |
| Ekstensīvi kārkļu stādījums | Koksnes šķeldas | tūkst. ber.m^3 | 7737 | 5803 | 3869 | 1934 |
| Baltalkšņa enerģētiskās koksnes stādījums | Koksnes šķeldas | tūkst. ber.m^3 | 4355 | 3266 | 2177 | 1089 |
| Baltalkšņa kokaugu stādījums | Apaļkoksne | tūkst. m^3 | 1489 | 1117 | 744 | 372 |
| | Koksnes šķeldas | tūkst. ber.m^3 | 335 | 251 | 167 | 84 |

3.15. tabulas turpinājums / *Continuation of Table 3.15*

| Stādījuma veids | Koksnes produkts | Mērvienība | Potenciālo LIZ platību ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai izmantošanas intensitāte | | | |
|---|------------------|---------------------------|--|------|------|-----|
| | | | 100% | 75% | 50% | 25% |
| Apšu hibrīdu plantāciju mežs | Apalkoksne | tūkst. m ³ | 2429 | 1821 | 1214 | 607 |
| | Koksnes šķeldas | tūkst. ber.m ³ | 502 | 377 | 251 | 126 |
| Apšu hibrīdu kokaugu un agromežsaimniecības stādījums | Apalkoksne | tūkst. m ³ | 1675 | 1256 | 837 | 419 |
| | Koksnes šķeldas | tūkst. ber.m ³ | 335 | 251 | 167 | 84 |

Avots: autora aprēķini.

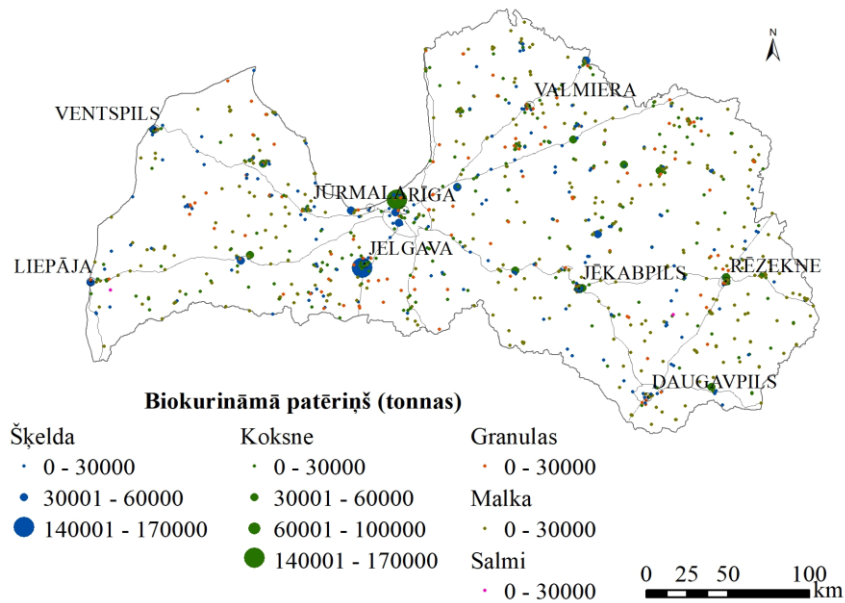
Vislielāko koksnes šķeldu apjomu iespējams iegūt audzējot intensīvi apsaimniekotus kārkļu stādījumus potenciāli pieejamajās LIZ platībās. Pieņemot, ka tiek izmantoti 100% no potenciāli pieejamajām un kārkļiem piemērotajām platībām, kas ir 143 256 hektāri, vidējais viena gada laikā izaudzētais šķeldas apjoms būtu 8843 tūkst. ber.m³. Iespēja, ka tiek izmantotas visas potenciāli pieejamās platības ir maz iespējama, tādēļ tiek pieņemts, ka tiek izmantoti 25% no potenciālajām pieejamajām platībām, kas ir 35 814 hektāri, kur vidējais viena gada laikā izaudzētais šķeldas apjoms būtu 2211 tūkst. ber.m³.

Kopējais patērētais kurināmās šķeldu apjoms 2018. gadā Latvijā bija 7684 tūkst. ber.m³, tajā skaitā koģenerācijas stacijās tika patērēti 3858 tūkst. ber.m³ un katlumājās 1991 tūkst. ber.m³ (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.m³ 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.m³, 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.

Iepriekš pētījumā veiktajos ekonomiskajos aprēķinos tika konstatēts, ka tieši intensīvi apsaimniekoti kārkļu stādījumi uzrāda lielāko NPV vērtību stādījumu audzēšanas laikā, salīdzinot ar apšu hibrīdu un baltalkšņa stādījumiem.

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 3.18. attēlā.



Avots: autora konstrukcija izmantojot LVĢMC datubāzi Gaiss-2

3.18. att. / Fig. 3.18. **Biokurināmā patēriņš Latvijas uzņēmumos siltumenerģijas vai elektroenerģijas ražošanā 2018. gadā, t / Fuelwood consumption in Latvian companies for heat and electricity production in 2018, t.**

Uzņēmumi, kas izmanto kurināmo koksni 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 koksnes patērētāju izvietojums spēj nodrošināt stabilu koksnes pieprasījumu. Daļa no šī pieprasījuma var tikt apmierināta, izmantojot koksni no ātraudzīgiem kokaugu stādījumiem.

Lielāko ikgadējo apaļkoksnes 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.m³ apaļkoksnes, savukārt izmantojot 25% no potenciālajām platībām, kas ir 46 525 hektāri, gada laikā iespējams izaudzēt 607 tūkst.m³ apaļkoksnes.

Latvijas mežos kopumā 2019. gadā izcirstais koksnes apjoms bija 13.34 milj.m³ koksnes, no kuriem 921 tūkst.m³ bija apses koksne. Izmantojot visas potenciālās LIZ platības apšu hibrīdu plantāciju meža audzēšanai 2018. gadā, iegūtais koksnes apjoms Latvijā palielinātos par 18% un būtu 15.82 milj.m³, savukārt kopējais iegūtais apses koksnes apjoms par 263% un būtu 3.33 milj.m³. Izmantojot 25% no potenciālajām platībām, kas ir reālāks scenārijs, iegūtais koksnes apjoms Latvijā palielinātos par 4.5% un būtu 14 milj.m³, savukārt kopējais iegūtais apses koksnes apjoms par 70% un būtu 1.52 milj.m³.

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, savukārt izmantojot 25% no platībām, vidēji gada laikā tiktu saražota koksne 24.60 milj. EUR vērtībā.

Lai salīdzinātu ātraudzīgo kokaugu stādījumus pēc izaudzētās koksnes enerģētiskās vērtības, apaļkoksne un koksnes šķeldas tiek izteiktas primārās enerģijas vienībās Gigavatstundās (GWh). Viens koksnes šķeldu ber.m³ atbilst 0.0008 GWh, un viens apaļkoksnes m³ atbilst 0.0021 GWh (Enerģētisko šķeldu ražošana..., 2008).

Vidējā vienā gadā iegūtā primārā enerģija audzējot ātraudzīgo kokaugu stādījumus potenciālajās LIZ platībās Latvijā 2018. gadā apkopota 3.16. tabulā.

3.16. tabula / Table 3.16

Vidējā vienā gadā iegūtā primārā enerģija audzējot ātraudzīgo kokaugu stādījumus potenciālajās LIZ platībās Latvijā balstoties uz aprēķiniem par 2018. gadu / Primary energy by growing fast-growing woody crop species in potential agricultural land areas in Latvia based in calculation for year 2018

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

Avots: autora aprēķini.

Lielāko primārās enerģijas apjomu viena gadā laikā iespējams iegūt audzējot intensīvi apsaimniekotus kārķu stādījumus. Izmantojot 100% apmērā potenciālās LIZ platības, teorētiski viena gadā laikā izaudzēto koksni pārvēršot siltumenerģijā tiktu iegūtas 7075 GWh. Izmantojot 25% no potenciālajām LIZ platībām, kas ir reālāks scenārijs, tiktu iegūtas 1769 GWh.

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. Salīdzinot 2019. gadu ar 2018 gadu, kad tika saražotas 8247 GWh, novērots neliels, ražošanas samazinājums par 3% (Siltumenerģijas bilance statistiskajos..., 2020). Katlumājās pārsvarā siltumenerģijas ražošanā tiek izmantota kurināmā koksne. 2019. gadā, izmantojot kurināmo koksni, tika saražoti 61.2% no visas siltumenerģijas, kas bija 4864 GWh.

Ierīkojot intensīvi apsaimniekotus kārķu 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 kārķu stādījumiem, būtu nepieciešams apstādīt ar kārķu 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. **Darbā aprēķinātais darba vietu skaits ir teorētiski iespējamais darba vietu skaits, ja visas potenciālās platības tiktu izmantotas tikai un vienīgi ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai un koksnes biomasas ražošanai.**

Jaunu stādījumu ierīkošana potenciālajās LIZ platībās radītu darba vietas, kas saistītas ar stādījumu ierīkošanu, apsaimniekošanu, biomasas novākšanu, transportu un izmantošanu. Viena darba vieta ir izteikta kā pilnas slodzes darbs, kas ir 40 darba stundas nedēļā.

P. Tornlejs (Thornley et al., 2008) ir aprēķinājis, ka viena pilna darba vieta gadā tiek nodrošināta audzējot 1000 hektārus īsas aprites (1-5 gadi) stādījumu. Aprēķinos ir iekļauta tikai stādījumu ierīkošana, audzēšana un apsaimniekošana, neiekļaujot biomasas novākšanu un šķeldošanu. Pieņemot, ka tiek izmantotas visas potenciālās LIZ platības kārkļu stādījumu audzēšanai Latvijā 2018. gadā, izmantojot šo pieņēmumu, tiktu radītas 188 jaunas darba vietas.

Citā pētījumā Apvienotajā Karalistē F. Makdermota (*McDermott*) (2012) ir konstatējuši, ka viena pilna darba vieta gadā tiek nodrošināta audzējot 100 hektārus īsas aprites (1-5 gadi) stādījumu. Šajos aprēķinos ir iekļauta stādījumu ierīkošana, audzēšana, apsaimniekošana, biomasas novākšana un šķeldošana, kā arī stādāmā materiāla sagatavošana, kas Latvijā visbiežāk netiek veikta, jo stādmateriāls (kārkļu spraudņi) tiek iepirkti no izplatītāja. Izmantojot augstāk minēto pieņēmumu, ja tiktu izmantotas visas potenciālās LIZ platības kārkļu stādījumu audzēšanai Latvijā 2018. gadā, tiktu radītas 1861 jaunas darba vietas.

Latvijas apstākļiem vispiemērotākais šķiet S. Vinna (Wynn et al., 2016) aprēķins, kas paredz, ka audzējot kārkļu stādījumus 25 gadus ar 3 gadu aprites periodu, viena pilna darba vieta gadā tiek nodrošināta audzējot 250 hektārus. Šajos aprēķinos tiek iekļauta augsnes sagatavošana, stādījumu ierīkošana, apsaimniekošana, koksnes novākšana un apstrāde (šķeldošana) uz lauka līdz transportēšanai no lauka. Savukārt darba laikā netiek iekļauta stādāmā materiāla sagatavošana, koksnes šķeldu transports no lauka līdz patērētājam un tālākā pārstrāde. Stādījumu ierīkošanai tiek paredzētas 48 stundas ha⁻¹, stādījumu apsaimniekošanai dzīves laikā 66 stundas ha⁻¹ (vidēji gadā 2.6 stundas ha⁻¹) novākšanai stādījumu dzīves laikā 72 stundas ha⁻¹ (vienā novākšanas reizē 9 stundas ha⁻¹). Kopā stādījumu dzīves laikā viena hektāra stādījumu ierīkošanai, apsaimniekošanai un novākšanai nepieciešamas 186 stundas, kas vidēji ir 7.44 stundas gadā. Pieņemot, ka tiek izmantotas visas potenciālās LIZ platības kārkļu stādījumu audzēšanai Latvijā 2018. gadā, papildus tiktu radītas 744 jaunas darba vietas. Pieņemot, ka tiek izmantotas 25% no potenciālajām LIZ platībām kārkļu stādījumu audzēšanai Latvijā 2018. gadā, papildus tiktu radītas 186 jaunas darba vietas.

Ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai ar aprites periodu 15-20 gadi, kā piemēram apses hibrīdu un baltalkšņa stādījumi, S. Vinna (Wynn et al., 2016) ir aprēķinājis, ka stādījumu ierīkošanai nepieciešamas 69 stundas ha⁻¹, stādījumu apsaimniekošanai vidēji gadā 6.4 stundas ha⁻¹ un novākšanai 117 stundas ha⁻¹. Pieņemot, ka tiek izmantotas visas potenciālās LIZ platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai ar 15-20 gadu aprites periodu Latvijā 2019. gadā, papildus tiktu radītas no 1464 līdz 1753 jaunas darba vietas, atkarībā no stādījumu audzēšanas laika.

Risinājumi, ātraudzīgo kokaugu stādījumu popularizēšanai un ieinteresētības veicināšanai par biomasas audzēšanu ir semināru rīkošana par ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanu un apsaimniekošanu, kas izskaidrotu dažādus stādījumu veidus, izmantojamās kokaugu sugas, iegūstamos produktus un apsaimniekošanas modeļu piemērotību konkrētam platībām, kā arī informācijas materiālu izveidošana, kuros tiktu aprakstīti stādījumu veidi un parādīti stādījumu ekonomiskie modeļi.

Organizējot seminārus, svarīgi ir piesaistīt plašu speciālistu, iesaistīto organizāciju un ieinteresēto pušu loku. Organizējot tikšanos ar interesentiem, ir nepieciešams piesaistīt speciālistus ar dažādām kompetencēm, piemēram, dabas aizsardzība, teritoriju plānošana, stādījumu ekonomika, biomasas novākšana un izmantošana. Primārais mērķis organizējot seminārus ir esošās situācijas apzināšana un neizmantoju lauksaimniecības platību atgriešanās ražošanā, kur viens no labākajiem risinājumiem ir ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšana.

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 neizmantojamas lauksaimniecības zemes izmantošana atjaunojamu resursu ražošanā. Tāpat tās teritorijā tiktu ražoti energoresursi, kurus būtu iespējams izmantot pašvaldības katlumājās (ja tās izmanto koksnī) 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.

Biomasas pieprasījumu nosaka gan Latvijas tirgus, gan vienotais ES tirgus. ES, tāpat kā Latvijā, koksnes biomasu tiek uzskatīta par galveno resursu, kas aizstās fosilos resursus siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanā. ES un Latvijas politikas plānošanas dokumenti paredz koksnes izmantošanas kāpināšanu energosektorā. Lai saprastu Latvijas biomasas pieprasījumu, būtu jāveic atsevišķs pētījums, kurā jāapraksta pašreizējā tirgus situācija, iegūtais biomasas apjoms un nākotnes prognozes, biomasas ražotāji, biomasas tirgus situācija, kā arī patērētais biomasas apjoms un nākotnes prognozes.

Informācija par pētāmās tēmas rezultātiem tiks publicēta LVMI Silava mājaslapā un disertācijas kopsavilkum būs pieejams LLU fundamentālās bibliotēkas datubāzē. Pētījuma rezultāti tiks prezentēti semināros un konferencēs, kas būs saistīti ar pētāmo tēmu.

Apkopojot šajā apakšnodaļā veikto pētījumu rezultātus, autors secina, ka potenciāli pieejamās LIZ platības Latvijā 2018. gadā, kas būtu piemērotas ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai bija 186 100 hektāri. Lielākais šādu platību īpatsvars ir vienlaidus platību grupā 1-5 hektāri, kas sastāda 52% no visām potenciālajām LIZ platībām. Kārķu stādījumiem platības mazākas par 1 hektāru nav piemērotas, tādēļ kārķu stādījumu audzēšanai 2018. gadā potenciāli bija pieejami 143 256 hektāri. Lielāko potenciālo koksnes šķeldas apjomu iespējams iegūt audzējot intensīvi apsaimniekotu kārķu stādījumus potenciālajās LIZ platībās. Pieņemot, ka tiek izmantoti 100% no potenciāli pieejamajām un kārķiem piemērotajām LIZ platībām, vidējais viena gada laikā izaudzētais šķeldas apjoms šajās platībās būtu 8843 tūkst. ber.m³, kas būtu 116% no visas patērētās kurināmās šķeldas Latvijā 2018. gadā. Lielāko ikgadējo apaļkoksnes 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. m³ ha⁻¹ apaļkoksnes, kas būtu 18% no kopējā izcirstā koksnes apjoma Latvijā 2019. gadā. Lielāko primārās enerģijas apjomu viena gadā laikā iespējams iegūt audzējot intensīvi apsaimniekotus kārķu stādījumus. Izmantojot 100% no potenciālās LIZ platībām, teorētiski viena gada laikā izaudzēto koksnī pārvēršot siltumenerģijā tiktu iegūtas 7075 GWh, kas būtu 89% no visas saražotās siltumenerģijas Latvijā 2019. gadā. Ierīkojot kārķu 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. Organizējot seminārus par ātraudzīgo kokaugu sugu stādījumu ierīkošanu, nepieciešams iesaistīt pašvaldības, kuru teritorijās ir potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai un izmantošanai.

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

1. Kārklu stādījumos ar 25 gadu audzēšanas laiku, piemērojot 7.63% diskonta likmi, ekstensīvi apsaimniekotos stādījumos uzkrātā diskontētā naudas plūsma to dzīves laikā ir 1561.91 EUR ha⁻¹, iekšējās atmaksāšanās likme 15% un atmaksāšanās periods 8.9 gadi, savukārt intensīvi apsaimniekotos stādījumos uzkrātā diskontētā naudas plūsma to dzīves laikā ir 2576.64 EUR ha⁻¹, iekšējās atmaksāšanās likme 19.3% un atmaksāšanās periods 6.8 gadi.
2. Apšu hibrīdu stādījumos ar 15 gadu aprites laiku un kopējo stādījumu audzēšanas laiku 30 gadi, piemērojot 7.63% diskonta likmi, apšu hibrīdu agromežsaimniecības stādījumos uzkrātā diskontētā naudas plūsma to dzīves laikā ir 215.31 EUR ha⁻¹, iekšējās atmaksāšanās likme 9.1% un atmaksāšanās periods 17.4 gadi, savukārt kokaugu stādījumos uzkrātā diskontētā naudas plūsma to dzīves laikā ir -1184.63 EUR ha⁻¹, iekšējās atmaksāšanās likme 2.6% un aprēķinu veikšanas brīdī to ierīkošana neatmaksājas.
3. Apšu hibrīdu plantāciju mežam ar aprites laiku 20 gadi un kopējo stādījumu audzēšanas laiku 40 gadi, piemērojot 7.63% diskonta likmi, uzkrātā diskontētā naudas plūsma to dzīves laikā ir -614.91 EUR ha⁻¹, iekšējās atmaksāšanās likme 6.1% un aprēķinu veikšanas brīdī to ierīkošana neatmaksājas.
4. Baltalkšņa stādījumos ar aprites laiku 15 gadi un kopējo stādījumu audzēšanas laiku 30 gadi, piemērojot 7.63% diskonta likmi, baltalkšņa kokaugu stādījumos uzkrātā diskontētā naudas plūsma to dzīves laikā ir -490.84 EUR ha⁻¹ un iekšējās atmaksāšanās likme 4.3%, savukārt enerģētiskās koksnes stādījumos uzkrātā diskontētā naudas plūsma to dzīves laikā ir -596.14 EUR ha⁻¹ un iekšējās atmaksāšanās likme 3.1%, aprēķinu veikšanas brīdī abu baltalkšņa stādījumu veidu ierīkošana neatmaksājas.
5. 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.
6. Visos ātraudzīgo kokaugu stādījumu veidos uzkrātās diskontētās naudas plūsmas vērtību visvairāk ietekmē apaļkoku sortimentu cena, koksnes šķeldu cena un novāktās biomasas apjoms.
7. Potenciālās platības ātraudzīgo kokaugu stādījumu audzēšanai ir platības ar augsnes auglību ≤ 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, kas būtu piemērotas apšu hibrīdu un baltalkšņa stādījumu ierīkošanai 2018. gadā bija 186 100 hektāri, savukārt kārklu stādījumu ierīkošanai 143 256 hektāri.
8. Lielāko koksnes šķeldu apjomu potenciālajās lauksaimniecībā izmantojamajās zemēs iespējams iegūt audzējot intensīvi apsaimniekotos kārklu stādījumus, vidējais viena gada laikā izaudzētais šķeldas apjoms šajās

platībās būtu 8843 tūkst. ber.m³, 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.

9. Lielāko apaļkoksnes sortimentu apjomu potenciālajās lauksaimniecībā izmantojamajās zemēs iespējams iegūt audzējot apšu hibrīdu plantāciju mežu, vidējais viena gada laikā izaudzētais apaļkoksnes apjoms šajās platībās būtu 2429 tūkst. m³, kas būtu 18% no kopējā iegūtā koksnes apjoma Latvijā 2019. gadā.
10. 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 koksne 98.50 milj. EUR vērtībā, savukārt izmantojot 25% no potenciālajām platībām, vidēji gada laikā tiktu saražota koksne 24.60 milj. EUR vērtībā.
11. Pieņemot vidējo koksnes šķeldu cenu 2015.-2019. gadā, kas bija 9.38 EUR ber.m³ 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.
12. 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.

GALVENIE SECINĀJUMI / MAIN CONCLUSIONS

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, balttalksnis 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 balttalksnis, 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 kārklu stādījumi ar atmaksāšanās periodu 6.8 gadi un iekšējās atmaksāšanās likmi 19.3%, ekstensīvi apsaimniekoti kārklu 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 ≤ 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.m³, 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. m³, 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 koksne 98.50 milj. EUR vērtībā, savukārt izmantojot 25% no potenciālajām platībām, vidēji gada laikā tiktu saražota koksne 24.60 milj. EUR vērtībā. Pieņemot vidējo koksnes šķeldu cenu 2015.-2019. gadā, kas bija 9.38 EUR ber.m³ 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 / PROBLEMS AND PROPOSALS FOR SOLVING THEM

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 klimatom 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 īsircmeta 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 ≤ 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⁻¹. 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 miljonu 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 kārkļu 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.m³, 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 kultūraugu 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⁻¹. Latvijas lauku attīstības programmā 2014.-2020. gadam ir prognozēts finansiāls atbalsts meža ieaudzēšanai, papildinot daļēji aizaugušas lauksaimniecības zemes. Atbalsta izmaksās ir ietverta augsnes sagatavošana, reprodūktīvā 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 īscirtmeta atvasājiem un ātraudzīgo kokaugu sugu enerģētiskām plantācijām (aprites cikls īsāks par 15 gadiem).

Priekšlikums

Nacionālo subsīdiju finansiālā atbalsta ietvaros atbalstīt neizmantotas lauksaimniecības zemes ar kvalitātes vērtējumu ≤ 25 balles izmantošanu biomasas ražošanai, atļaujot ierīkojot tajās īscirtmeta atvasājus un ātraudzīgo kokaugu stādījumus ar aprites ciklu līdz 20 gadiem.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA / REFERENCES

1. 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.
2. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. (1979). Starptautisks dokuments. [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/104>
3. Lazdiņš A., Lazdiņa D., Daugaviete M., Makovskis K. (2011) Dabiski apmežojušos lauksaimniecības zemju apsaimniekošana. [tiešsaiste] [Skatīts 09.07.2020.]. Pieejams: http://www.silava.lv/userfiles/file/Info%20materi%C4%81li/DALZ_20110510_lowres.pdf
4. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. (2011) [tiešsaiste][skatīts 20.09.2019]. Pieejams: http://publications.europa.eu/resource/cellar/5db26ecc-ba4e-4de2-ae08dba649109d18.0002.02/DOC_1
5. Abolina E., Volk T.A., Lazdina D. (2014) GIS based agricultural land availability assessment for the establishment of short rotation woody crops in Latvia. *Biomass and Bioenergy* 72, pp. 263-272.
6. Angelakis A.N., Koutsoyiannis D., Tchobanoglous G. (2005) Urban wastewater and stormwater technologies in ancient Greece. *Water Research* 39(10), pp. 210-210.
7. Aosaar J., Varik M., Uri V. (2012) Biomass production potential of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) in Scandinavia and Eastern Europe: a review. *Biomass & Bioenergy* 45, pp. 11-26.
8. Apaļkoku vidējās iepirkuma cenas 2015-2019 (2020). [tiešsaiste] [Skatīts 09.07.2020]. Pieejams: https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/lauks/lauks__mezsaimn__mezizstr__ikgad/MEG050.px
9. Aronsson P., Perttu K. (2001) Willow vegetation filters for wastewater treatment and soil remediation combined with biomass production. *The Forestry Chronicle* 77(2), pp. 293-299.
10. 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.
11. Atjaunīgo energoresursu patēriņš 2018. gadā samazinājās par 4,5%. (2019) [tiešsaiste] [skatīts 05.04.2019]. Pieejams: <https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/statistikas-temas/vide-energetika/energetika/meklet-tema/2485-atjaunigo-energoresursu-paterins-2018-gada>
12. Ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanas potenciāla analīze Vidzemes plānošanas reģionā. (2014) [skatīts 20.04.2016] Pieejams: http://www.srcplus.eu/images/D6.1_SRC_Potential_Vidzeme_Silava_Ekodoma_Final.pdf
13. Balsari P., Manzone M. (2010) Evaluation of different wood chips storage techniques. *Proceedings of the Symposium on Forestry Mechanisation: "Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment" (FORMEC)*, Padova, Italy, pp. 10.

14. Bardule A., Rancane S., Gutmane I., Berzins P., Stesele V., Lazdina D., Bardulis A. (2013) The effect of fertiliser type on hybrid aspen increment and seed yield of perennial grass cultivated in the agroforestry system. *Agronomy Research* 11, pp. 13-15.
15. Bārdulis A., Lazdiņa D., Daugaviete M., Bārdule A., Daugavietis U., Rozītis G. (2015) Above ground and below ground biomass in grey alder *Alnus incana* (L.) Moench. young stands on agricultural land in central part of Latvia. *Agronomy Research* 13(2), pp. 277-286.
16. Bauen A. (2005) Biomass in Europe, International Workshop on Biomass Potential and Utilization in Europe and Developing Countries, Publisher: ELSEVIER SCIENCE BV, pp. 19-30.
17. Bell S., Montarzino A., Aspinall P., Peneze Z., Nikodemus O. (2009) Rural society, social inclusion and landscape change in Central and Eastern Europe: a case study of Latvia *Eur. Soc. Rural Sociol.* 49(3), pp. 295-326.
18. Benayas J.M.R., Martins A., Nicolau J.M., Schulz J.J. (2007) Abandonment of agricultural land: an overview of drivers and consequences. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 2, pp. 1-14.
19. Bentsen NS., Felby C. (2012) Biomass for energy in the European Union – a review of bioenergy resource assessments. *Biotechnol Biofuels* 5(1), pp. 25-26.
20. Berhongaray G., El Kasmioui O., Ceulemans R. (2013) Comparative analysis of harvesting machines on an operational high-density short rotation woody crop (SRWC) culture: One-process versus two-process harvest operation. *Biomass and Bioenergy* 58, pp. 333-342.
21. Beuker E. (2000) Aspen breeding in Finland, New Challenges. *Baltic Forestry* 6(2), pp. 81-84.
22. Bioenergy Europe Statistical Report. (2019). Report Bioenergy Landscape. Bioenergy Europe, pp. 1-46.
23. Bioenergy Europe, Statistical Report. (2018) Bioenergy Europe and the European Pellet Council (EPC), pp. 201.
24. Bioenergy from Dendromass for the Sustainable Development of Rural Areas (Eds D. Butler Manning, A. Bemann, M. Bredemeier, N. Lamersdorf, and C. Ammer), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
25. Bisenieks J. (2005) Meža atjaunošana, apmežošana, sēklkopība, selekcija un ģenētika. Meža enciklopēdija. Apgāds “Zelta grauds”, 270 lpp. [skatīts 28.01.2019]. Pieejams: <https://www.letonika.lv/groups/default.aspx?r=7&q=tad&id=970911&g=1>
26. Bucholz T., Volk T.A. (2011) Improving the profitability of willow crops – identifying opportunities with a crop budget model. *BioEnergy Research* 4(2), pp. 85-95.
27. Butler Manning C. (2015) The Agricultural and energy Policy Framework for Short Rotation Coppice in the EU and Its Implementation in the Member States. [skatīts 04.06.2020]. Pieejams: https://www.researchgate.net/publication/284718144_The_Agricultural_and_Energy_Policy_Framework_for_Short_Rotation_Coppice_in_the_EU_and_Its_Implementation_in_the_Member_States
28. Campbell J.E., Lobell D.B., Genova R.C., Field C.B. (2008) The global potential of bioenergy on abandoned agriculture lands. *Environmental Science and Technology* 42, pp. 5791-5794.
29. Carneiro P., Ferreira P. (2012). The economic, environmental and strategic value of biomass. *Renewable Energy* 44, pp. 17-22.
30. Caslin B., Finnan J. (2016) Willow. Energy Fact Sheet No 13 – August 2016.

- Agriculture and Food Development Authority. [skatīts 01.11.2017]. Pieejams: <https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2016/13.-Willow.pdf>
31. Caslin B., Finnan J., Mc Cracken A. (2010) Short rotation Coppice; Willow Best Practice Guidelines. Pieejams: http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Willow_Best_Practice_Guide_2010.pdf
 32. Clark D. (2013). Biomass and biofuel sources. Information paper 25, pp. 1-9.
 33. Cocco D. (2007) Comparative study on energy sustainability of biofuel production chains. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy 221(5), pp. 637-645.
 34. Cole R.J. (2010) Social and environmental impacts of payments for environmental services for agroforestry on small-scale farms in southern Costa Rica. International Journal of Sustainable Development & World Ecology 17, pp. 208-216.
 35. Cook E. (1971) The Flow of Energy in an Industrial Society. Scientific America (September), pp. 135-144.
 36. Crow P., Houston T.J. (2004) The influence of soil and coppice cycle on the rooting habit of short rotation poplar and willow coppice. Biomass and Bioenergy 26, pp. 497-505.
 37. Danny Harvey L.D. (2010) Energy and the New Reality 2 Carbon-Free Energy Supply. Biomass energy. In: Routledge, Earthscan LLC, 1616 P Street, NW, Washington, DC 20036, USA, pp. 173-279.
 38. Daugaviete M. (2010) Biomasas uzkrāšanās baltalkšņa (*Alnus incana* (L.) Moench.) jaunaudzēs. Mežzinātne 21, pp. 16-30.
 39. 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 25th Congress 16-18 June, 2015, Riga, pp. 394-399.
 40. Daugaviete M., Liepiņš K., Lazdiņš A., Daugavietis O., Žvīgurs K. (2009) Baltalkšņa (*Alnus incana* (L.) Moench) audžu atjaunošanās gaita un virszemes biomasas uzkrāšanās jaunaudžu vecuma audzēs. Process of Natural Regeneration of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench), and Above-Ground Biomass Accumulation in the Young Stands. LLU Raksti 23, pp. 78–90.
 41. Daugaviete M. (2011) Above-Ground Biomass in Young Grey Alder (*Alnus incana* [L.] Moench.) Stands. Baltic Forestry 17(1), pp. 76-82.
 42. Daugaviete M., Daugavietis M. (2007) The view of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) cultivation and utilization in Latvia. Annals of Warsaw University of Life Sciences. Forestry and Wood Technology 61, pp. 114-118.
 43. Daugaviete M., Daugavietis M. (2008) The resources and availability of Grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) wood in Latvia. Proceedings of the 4th meeting of the “Nordic Baltic Network in Wood Material Science & Engineering (WSE)”, Riga, Latvia, pp. 5-10.
 44. Daugaviete M., Žvīgurs K., Liepiņš K., Lazdiņš A. and Daugavietis O. (2009) Baltalkšņa (*Alnus incana* [L.] Moench.) audžu atjaunošanās gaita un biomasas uzkrāšanās jaunaudžu vecuma audzēs (The process of regeneration of grey alder stands and accumulation of biomass in young stands). LLU Raksti, pp. 78-90.
 45. Daugavietis M., Bisenieks J., Daugaviete M. (2011) Interrrelations among Grey alder stand characteristics. Baltic Forestry 17, pp. 68-75.
 46. Dažādu zemes apsaimniekošanas modeļu sociāli ekonomiskais novērtējums. (2015) Pētījuma gala atskaite. [skatīts 06.08.2019]. Pieejams: https://www.lvm.lv/images/lvm/Petijumi_un_publicācijas/Petijumi/Zemes_apsaimniekosanas_modeli_%20gala%20atskaite.pdf

47. Declaration of the United Nations Conference on the human environment (Stockholm declaration). (1972) Pp. 1-4.
48. Dickmann D.I. (2006) Silviculture and biology of short-rotation woody crops in temperate regions: Then and now. *Biomass Bioenergy* 30, pp. 696-705.
49. Dimitriou I., Baum C., Baum S., Busch G., Schulz U., Köhn J., Lamersdorf N., Leinweber P., Aronsson P., Berndes G., Bolte A. (2011b) Quantifying environmental effects of Short Rotation Coppice (SRC) on biodiversity, soil and water. *IEA BIOENERGY: Task 43:2011:01*.
50. Dimitriou I., Fistrek Z. (2014) Optimising the environmental sustainability of short rotation coppice biomass production for Energy. *South-east European forestry: SEEFOR* 5(2), pp. 81-91.
51. Dimitriou I., Rosenqvist H., Berndes G. (2011a) Slow expansion and low yields of willow short rotation coppice in Sweden; implications for future strategies. *Biomass Bioenergy* 35, pp. 4613-4618.
52. Dimitriou I., Rutz D. (2014) Sustainability criteria and recommendations for short rotation woody crops – SRCplus. [skatīts 08.02.2016]. Pieejams: http://www.srcplus.eu/images/D23Sustainability_criteria.pdf
53. 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).[tiešsaiste] [Skatīts 12.10.2019]. Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.douri=OJ:L:2009:140:0016:0062:lv:PDF>
54. Diskonta likmes. (2020). [tiešsaiste] [skatīts 09.07.2020]. <https://www.kase.gov.lv/metodika/diskonta-likmes>
55. Dooley B. (2006) Introduction. In: *Energy and Culture: perspectives on the Power to Work*. Edited by Brandan Dooley, International University Bremen, Germany, Ashgate Publishing Company, USA.
56. Eckenwalder J.E. (2001) Descriptions of clonal characteristics. D.I. Dickmann, J.G. Isebrands, J.E. Eckenwalder, J. Richardson (Eds.), *Poplar culture in North America*, NRC Research Press, Ottawa, Canada, pp. 331-382.
57. Ecological principles for managing land use. (2000). The Ecological Society of Americas Committee on Land Use (ESA). [tiešsaiste] [skatīts 27.11.2019]. Pieejams: <https://cfpub.epa.gov/watertrain/pdf/modules/landuseb.pdf>
58. Ehlert D., Pecenka R. (2013) Harvesters for short rotation coppice: Current status and new solutions. *International Journal of Forest Engineering* 24, pp. 170-182.
59. Eiropa 2020. (2010) [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/1_LV_ACT_part1_v1.pdf
60. Eiropas Savienības Oficiālais vēstnesis L347/487. Eiropas parlamenta un padomes regula (ES) Nr. 1305/2013 (2013. gada 17. decembris) par atbalstu lauku attīstībai no Eiropas Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai (ELFLA) un ar ko atceļ Padomes Regulu (EK) Nr. 1698/2005.
61. El Kasmoui O., Ceulemans R. (2012) Financial analysis of the cultivation of poplar and willow for bioenergy. *Biomass and Bioenergy* 43, pp. 52-64.
62. Ellis E.C., Ramankutty N. (2008) Putting people in the map: antropogenic biomes of the world. *Front.Ecol.Envir* 6, pp. 439-447.
63. Enerģētikas likums. (1998). Latvijas Vēstnesis, 1998. gada 22. septembris, Nr. 275/275 [tiešsaiste] [skatīts 05.04.2019]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/49833-energetikas-likums>
64. Enerģētisko šķeldu ražošana no mežizstrādes atlikumiem. (2008) [tiešsaiste] [skatīts 09.07.2020]. Pieejams: <http://www.silava.lv/userfiles/file/EnergetiskaKoksne->

Brosura_optim.pdf

65. Ericsson K, Nilsson L. (2006) Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach. *Biomass Bioenergy* 30, pp. 1-15.
66. Ericsson K., Rosenqvist H., Ganko E., Pisarek M., Nilsson L. (2006) An agro-economics analysis of willow cultivation in Poland. *Biomass and Bioenergy* 30, pp. 16-27.
67. Ericsson T. (1994) Nutrient cycling in energy forest plantations. *Biomass Bioenergy* 6, pp. 115-121.
68. Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture. (2007) European Environment Agency. Copenhagen, Denmark, Technical report No 12/2007, p. 134. Pieejams:
http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_12
69. European Commission. The Bioeconomy Strategy. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe, COM(2012)60 Final, Brussels, 2012.
70. European Union. Green Paper. A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy. COM(2006)105, 2006.
71. European Union. Renewable Energy Directive, 2009/28/EC.
72. Evans A., Strezoc V., Evans T. (2010) Sustainability considerations for electricity generation from biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14(5), pp. 1419-1427.
73. Evstishenkov N. (2016) Development of short rotation willow plantation for water waste purification: case Outokumpu. Master thesis. University of Eastern Finland. Faculty of Science and Forestry, pp. 1-38.
74. Ex-ante novērtējums Lauku attīstības programmai 2014-2020. Gala atskaite. (2013) [skatīts 13.04.2016]. Pieejams:
https://www.zm.gov.lv/public/files/CMS_Static_Page_Doc/00/00/00/39/80/Ex_ante_gala_2014.pdf
75. Ex-ante novērtējums Lauku attīstības programmai 2014-2020. Gala atskaite. (2013) [skatīts 11.02.2019]. Pieejams:
https://www.zm.gov.lv/public/files/CMS_Static_Page_Doc/00/00/00/39/80/Ex_ante_gala_2014.pdf
76. Feldhake C.M., Belesky, D.P., Mathias E.L. (2008) Forage Production Under and Adjacent to Robinia pseudoacacia in Central Appalachia, West Virginia. *Advances in Agroforestry* 4, pp. 55-66.
77. FELSM: An international framework for evaluating sustainable land management. (1993). World Soil Resource Report. FAO.
78. Field C.B., Campbell J.E., Lobell D.B. (2008) Biomass energy: the scale of the potential resource. *Trends Ecol Evol* 23, pp. 65-72.
79. Filius A.M. (1982) Economic aspects of agroforestry. *Agroforestry Systems* 1, pp. 29-39.
80. Fischer G., Prieler S., Velthuisen H. (2005) Biomass potentials of miscanthus, willow and poplar: results and policy implications for Eastern Europe, Northern and Central Asia. In: *Biomass & Bioenergy* 28, pp. 119-132.
81. Freibauer A., Rounsevell M.D.A., Smith P., Verhagen A. (2004) Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma* 122, pp. 1-23.
82. Fulvio D.F., Abbas D., Spinelli R., Acuna M., Ackerman P., Lindroos O. (2017) Benchmarking technical and cost factors in forest felling and processing operations in different global regions during the period 2013-2014. *International Journal of Forest Engineering* 28(2), pp. 1-13.
83. Fulvio D.F., Kroon A., Bergstrom D., Nordfjell T. (2011) Comparison of energy-

- wood and pulpwood thinning systems in young birch stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26(4), pp. 339-349.
84. Gangadharappa N.R., Shivamurthy M., Ganesamoorthi S. (2003) Agroforestry – a viable alternative for social, economic and ecological sustainability. *Piecejams*: <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0051-B5.HTM>
 85. Gasol C.M., Martinez S., Rigola M., Rieradevall J., Assumpico A., Carrasco J., Ciria P., Gabarrell X. (2008) Feasibility assessment of poplar bioenergy systems in the southern Europe. *Renewable and Sustainable Energy Review*. 13, pp. 801-812.
 86. *Global Energy Assessment – Toward a Sustainable Future*. (2012). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
 87. Gonzáles-García S., Mola-Yudego B., Dimitriou I., Aronsson P., Murphy R. (2012) Environmental assessment of energy production based on long term commercial willow plantations in Sweden. *Science of the Total Environment* 421, pp. 210-219.
 88. Gonzalez-Garcia S., Bacenetti J., Murphy J.R., Fiala M. (2012) Present and future environmental impact of poplar cultivation in the Po Valley (Italy) under different crop management systems. *Journal of Cleaner Production* 26, pp. 56-66.
 89. Goor F., Jossart J.M., Ledent J.F. (2000) ECOP: an economic model to assess the willow short rotation coppice global profitability in a case of small scale gasification pathway in Belgium. *Environ Modell Softw*. 15(3), pp. 279-292.
 90. Granhall U., Verwijst T. (1994) Grey alder (*Alnus incana*) a N2-fixing tree suitable for energy forestry. *Biomass for Energy and Industry* 5, pp. 409-413.
 91. Graudiņš U. (2018) E-coli baktērijas būrķānos? Iedzīvotājus likumīgi indē ar bīstamu mēslojumu, ierēdņi atrunājas. *Agro Tops* 250 (01.06.2018) [skatīts 11.02.2019]. *Piecejams*: <http://laukos.la.lv/1073005-2>
 92. *Green paper: a 2030 Framework for Climate and Energy Policies*. European Commission COM, Brussels (2013).
 93. *Green Paper: A European strategy for sustainable, competitive and secure energy*. (2006). [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. *Piecejams*: http://publications.europa.eu/resource/cellar/69918c1a-66f8-4291-bd7c-79905b700c2f.0004.02/DOC_2
 94. *Grow Your Own Firewood*. (2018) [skatīts 26.06.2018]. *Piecejams*: [https://www.kingsbarntrees.co.uk/acatalog/Grow-Your-Own-Firewood General-Guide.html](https://www.kingsbarntrees.co.uk/acatalog/Grow-Your-Own-Firewood-General-Guide.html)
 95. *Growers guide to short rotation coppice*. (2006) *Coppice resources LTD*. [skatīts 28.01.2019]. *Piecejams*: <http://www.coppiceresources.co.uk/pdf/CRLGrowersGuide06a.pdf>
 96. *Growing Fire Wood Logs from Willow*. (2018) [skatīts 26.06.2018]. *Piecejams*: https://mammothwillow.co.uk/shop/index.php?main_page=page&id=1
 97. 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.
 98. Guidi W., Tozzini C., Bonari E. (2009) Estimation of chemical traits in poplar short rotation coppice at stand level. *Biomass Bioenergy* 3, pp. 1703-1709.
 99. Guo Q. (2000) Climate change and biodiversity conservation in Great Plains agroecosystems. *Global Environmental Change* 10, pp. 289-298.
 100. Haapala T., Pakkanen A., Pulkkinen P. (2004) Variation in survival and growth of cuttings in two clonal propagation methods for hybrid aspen (*Populus tremula* × *P. tremuloides*). *Forest Ecology and Management* 193, pp. 345-354.
 101. Hall D.O., House J.I. (1994) *Trees and biomass energy: carbon storage and/or*

- fossil substitution? *Biomass and Bioenergy* 6, pp. 11-30.
102. Hanninen R., Toppinen A., Toivonen R. (2007) Transmission of price changes in sawnwood and sawlog markets of the new and old EU member countries. *European Journal of Forest Research* 126(1), pp. 111-120.
 103. Hauk S., Wittkopf S., Knoke T. (2014) Analysis of commercial short rotation coppices in Bavaria, southern Germany. *Biomass and Bioenergy* 67, pp. 401-412.
 104. Helby P., Börjesson P., Hansen AC., Roos A., Rosenqvist H., Takeuchi L. (2004) Market development problems for sustainable bio-energy systems in Sweden. (The BIOMARK project). IMES/EESS Report 38. Lund, Sweden: Energy Environmental System Studies.
 105. Helby P., Rosenqvist H., Roos A. (2006) Retreat from *Salix* Swedish experience with energy crops in the 1990s. *Biomass and Bioenergy* 30, pp. 422-427.
 106. Heller M.C., Keoleinian G.A., Mann M.M., Volk T.A. (2004) Life cycle energy and environmental benefits of generating electricity from willow biomass. *Renewable Energy* 29(7), pp. 1023-1042.
 107. Hytönen J., Saarsalmi A. (2015) Biomass production of coppiced grey alder and the effect of fertilization. *Silva Fennica* 49, pp. 1-16.
 108. Hofmann-Schielle C., Jug A., Makeschin F., Rehfuess K.E. (1999) Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. I. Site-growth relationships. *Forest Ecology and Management* 121, pp. 41-55.
 109. Houston Durrant T., Rigo D., Caudullo G. (2016) *Alnus incana* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T., Mauri A. (Eds.), *European Atlas*.
 110. Igaunis G. (1982) Baltalkšņa sējeņu izaudzēšana siltumnīcā ar polietilēna plēves segumu. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība* 2, pp. 21-23.
 111. Iversen J. (1956) Forest clearance in the stone age. *Scientific American* 194(3), pp. 36-41.
 112. Izglītības piedāvājums kļuvīs atbilstošāks darba tirgus vajadzībām, izaicinājumu rada demogrāfijas tendences un reģionālās atšķirības. (2018). LR Ekonomikas ministrija. [skatīts 03.08.2019]. Pieejams: <https://em.gov.lv/lv/jaunumi/20229-izglitibas-piedavajums-kluvis-atbilstosaks-darba-tirgus-vajadzibam-izaicinajumus-rada-demografijas-tendences-un-regionalas-atiskiribas>
 113. 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.
 114. Johansson H. (1994) Economic calculations on harvesting capacity and costs. In: *Harvesting technics for energy forestry*. Swedish University of Agriculture, pp. 27-28.
 115. Johansson T. (1999) Site index curves for common alder and grey alder growing on different types of forest soil in Sweden. *Scandinavian Journal of Forestry Research* 14, pp. 441-453.
 116. Kammen D.M., Kapadia K., Fripp M. (2004) Putting renewables to work: how many jobs can the clean energy industry generate? Berkeley, RAEL, University of California. [tiešsaiste] [skatīts 27.12.2019]. Pieejams: http://rael.berkeley.edu/old_drupal/sites/default/files/very-old-site/renewables.jobs.2006.pdf
 117. Karacic A., Werwijst T., Weih M. (2003) Above-ground woody biomass production of short-rotation *Populus* plantations on agricultural land in Sweden. *Scandinavian*

- Journal of Forest Research 18, pp. 427-437.
- 118.Kasanen R., Hantula J., Kurkela T. (2002) Neofabraes populi in Hybrid Aspen Stands in Southern Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 17(5), pp. 391-197.
- 119.Katkēvičs A. (1982) Pētījumi alkšņu īscirtmeta plantāciju ierīkošanā. Jaunākais Mežsaimniecībā 24, pp. 22-28.
- 120.Katkevičs A., Lukašunas I. (1982) Augsnes sagatavošanas veida ietekme uz baltalkšņa stādu augšanu. Jaunākais Mežsaimniecībā 28, pp 59-63.
- 121.Kenstavičiene A., Nenortiene P., Kiliuviene G., Zevzikovas A., Lukosius A., Kazlauskienė D. (2009) Application of high-performance liquid chromatography for research of salicin in bark of different varieties of *Salix*. Medicina 45(8), pp. 644-651.
- 122.King, K.F.S. (1987) The history of agroforestry. In: Stepler H.A. and Nair P.K.R. (eds.) Agroforestry: A Decade of Development. ICRAF, Nairobi, Kenya, pp. 1-11.
- 123.Klang-Westin E., Eriksson J. (2003). potential of *Salix* as a Phytoextractor for CD and Moderatelely Contaminated Soils. Plant and Soil 249, pp. 127-137.
- 124.Klovāne I. (2015) Eksperti atbild lasītājam, cik cieši jāstāda baltalkšnis koksnes ieguvei. Praktiskais Latvietis 17.08.2015., 18. lpp.
- 125.Klovāne I. (2016) Enerģētiskie kārkli Latvijā – par un pret. Praktiskais Latvietis 01.02.2016, 14.-15. lpp.
- 126.Koksnes cenu datu bāze 2015-2019. (2020) [tiešsaiste] [skatīts 09.07.2020]. Pieejams: <http://latvianwood.lv/lv/cenu-datubaze/>
- 127.Konstantinavičiene J., Skema M., Stakenas V., Aleinikovas M., Silinskas B., Varnagiryte-Kabasinskiene I. (2017) Above-ground Biomass of Willow Energy Plantations in Lithuania: Pilot Study. Baltic Forestry 23(3), pp. 658-665.
- 128.Konstantinavičienė J., Varnagirytė-Kabašinskienė, I., Škema, M. Aleinikovas, M. (2020) Assessment of the socio-economic factors affecting the development of willow energy plantations in Lithuania. Baltic Forestry 26(1), pp. 1-8.
- 129.Konvencija par ietekmes uz vidi novērtējumu pārrobežu kontekstā. Starptautisks dokuments. (2003). MK rīkojums Nr.276 [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=74742>
- 130.Konvencija par pieeju informācijai, sabiedrības dalību lēmumu pieņemšanā un iespēju griezties tiesu iestādēs saistībā ar vides jautājumiem (Orhūsas konvencija). Starptautisks dokuments (1998). [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: <https://m.likumi.lv/doc.php?id=61588>
- 131.Koopmans T., Montias J.M. (1971) On the Description and Comparison of Economic Systems in: Comparison of Economic Systems: Theoretical and Methodological Approaches. Berkeley: University of California Press, USA.
- 132.Kristöfel C., Strasser C., Erwin Schmid E., Morawetz U. (2016) The wood pellet market in Austria: A structural market model analysis. Energy Policy 880, pp. 402-412.
- 133.Kuettel B., Langer V., Magid J., De Neergaard A., Porter J.R. (1998) Energetic, economic and ecological balances of a combined food and energy system. Biomass Bioenergy 15(4-5), pp. 407-416.
- 134.Kurināmā koksne sadalījumā pa veidiem, ražošana, imports, eksports un patēriņš, naturālās mērvienībās (NACE 2. red.). (2020) [tiešsaiste] [skatīts 09.07.2020]. Pieejams: https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG070.px/table/tableViewLayout1/
- 135.Kutera J., Soroko M. (1994). The use and treatment of wastewater in willow and

- poplar plantations. In: Willow vegetation filter for municipal wastewaters and sludges. A biological purification system. In: P. Aronsson, K. Perttu (Eds.) Swedish University of Agricultural Science, Department of Ecology and Environmental Research, Section of Short Rotation Forestry, Uppsala, Report 50, pp. 37-46.
136. Kuzovkina Y.A., Weih M., Romero M.A., Charles J., Hurst S., McIvor I. (2008) *Salix: botany and global horticulture*. Horticultural Reviews 34, pp. 447-489.
137. Landsberg H.H., Schurr S.H. (1968) *Energy in the United States: Sources, Uses and Policy Issues*, Random House, New York.
138. Lapenīte I., Kārklīņš A. (2011) Augsnes kvalitātes zemes izmantošanas maiņas kontekstā II. Augsnes fizikālās un agroķīmiskās īpašības. *LLU Raksti* 26, pp. 18-31.
139. Larsen S.U., Jorgensen U., Laerke P.E. (2014) Willow Yields is Highly Dependent on Clone and Site. *BioEnergy Research* 7(4), pp. 1280-1292.
140. Latvijas bioekonomikas stratēģija 2030. (2017) Informatīvas ziņojums. [tiešsaiste] [skatīts 05.03.2019]. Pieejams: https://www.llu.lv/sites/default/files/2018-07/Bioeconomy_Strategy_Latvia_LV.pdf
141. 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
142. Latvijas nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021-2030. gadam. (2020) [tiešsaiste] [skatīts 25.08.2020]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/312423-par-latvijas-nacionalo-energetikas-un-klimata-planu-20212030-gadam>
143. Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam. Informatīvais ziņojums. (2019) [tiešsaiste] [skatīts 05.09.2020]. Pieejams: https://ec.europa.eu/clima/sites/its/its_lv_lv.pdf
144. Latvijas zemes apsaimniekošanas politika. (2019) Informatīvs ziņojums. [tiešsaiste] [skatīts 27.11.2019]. Pieejams: <http://tap.mk.gov.lv/lv/mk/tap/?pid=40463287>
145. Lauksaimniecības un lauku attīstības likums. (2004) *Latvijas Vēstnesis* 214 (29.10.2004) [tiešsaiste] [skatīts 05.04.2019]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/87480-lauksaimniecibas-un-lauku-attistibas-likums>
146. Lauku atbalsta dienesta platību maksājumu grafiks 2019. gadā (no janvāra līdz jūnijam). (2019) [skatīts 03.04.2019]. Pieejams: http://www.lad.gov.lv/files/copy_of_fin_apjoms_jan_jun_2019.pdf
147. Lazdina D., Celma S. (2017) National Factsheets on Coppice Forests. COST Action FP1301 Eurocoppice. Innovative management and multifunctional utilisation of traditional coppice forests – an answer to future ecological, economic and social challenges in the European forestry sector. Pp. 1-64.
148. 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).
149. Lazdiņa D., Lazdiņš A., Kariņš Z., Kāposts V. (2007) Effect of sewage sludge fertilization in short-rotation willow plantations. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 15(2), pp. 105-111.
150. Lazdiņa D., Lazdiņš A. (2008) Kārkļu plantācijas enerģētiskās koksnes ieguvei. *LVMI Silava*, 28 lpp.
151. Lazdiņa D., Lazdiņš A. (2011) Īscirtmeta kārkļu plantācijas un to izmantošanas iespējas. *Salaspils*, 36 lpp.
152. Lazdiņa D., Liepiņš K., Bārdule A., Liepiņš J., Bārdulis A. (2013) Wood ash and wastewater sludge recycling success in fast-growing deciduous tree – birch and alder plantations. *Agronomy Research* 11(2), pp. 347-357.

153. Lazdiņa D. (2010) Willows for production of bioenergy. Solutions on harmonizing sustainability and nature protection with socio economic stability. Vidzeme University of Applied Sciences, pp. 95-101.
154. Lazdiņa D., Zālītis T., Dzedons J., Bardulis A., Libiete-Zalite Z., Bardule A., Makovskis K. (2012) Productivity and biomass parameters of annual and biennial plantings of willows in Latvia's western coastal area. Conference: 8th WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD 12), Vol. 1, pp. 125-129.
155. Lazdiņš A., Kāposts V., Kariņš Z., Lazdiņa D., Strazdiņš U., Larsson S. (2005) Kārķu plantācijas ierīkošanas un apsaimniekošanas rokasgrāmata. Salaspils: LVMI Silava, 72 lpp.
156. Liepiņš K., Liepiņš J. (2010) Baltalkšņa (*Alnus incana* L. (Moench)) un melnalkšņa (*Alnus glutinosa* L.) ietvarstādu augšanas rādītāji stādījumā lauksaimniecības augsnēs. Mežzinātne 21, pp. 4-15.
157. Liesebach M., Wuehlisch G., Muhs HJ. (1999) Aspen for short-rotation coppice plantations on agricultural sites in Germany: effects of spacing and rotation time on growth and biomass production of aspen progenies. Forest Ecology Management 121(1-2), pp. 25-39.
158. Lindegaard K.N., Parfitt R.I., Donaldson G., Hunter T., Dawson W.M., Forbes E.G.A., Carter M.M., Whinney C.C., Larsson S. (2001) Comparative trials of elite Swedish and UK biomass willow varieties. Aspects of Applied Biology, Biomass and Energy Crops II, Vol. 65, pp. 13.
159. Lindh T., Isännäinen S., Rantala P.R., Kaunisto S. (2003) Processing of wood ash and biosludge from pulp and paper industry for forest fertiliser. In: Proceedings of Bioenergy 2003 International Nordic Bioenergy Conference 1. Jyväskylä, Finland.
160. LIZ apsekošanas rezultāti novadu griezumā 2015. gads. Lauku atbalsta dienests. (2015) [skatīts 16.06.2020]. Pieejams: [http://www.lad.gov.lv/files/zva_2015_gat\(2\).pdf](http://www.lad.gov.lv/files/zva_2015_gat(2).pdf)
161. LIZ apsekošanas rezultāti novadu griezumā 2018. gads. Lauku atbalsta dienests. (2018) [skatīts 16.06.2020]. Pieejams: http://www.lad.gov.lv/files/statistika_liz_kad_apsekosanas_tabula_2018.pdf
162. LIZ apsekošanas rezultāti novadu griezumā 2019. gads. Lauku atbalsta dienests. (2019) [skatīts 16.06.2020]. Pieejams: http://www.lad.gov.lv/files/statistika_liz_2019.pdf
163. 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.
164. Makovskis K., Lazdina D., Bite L. (2012) Economic calculations of short rotation willow plantations in Latvia. Research for Rural Development 2, pp. 224-230.
165. Mangalis I. (2005) Meža atjaunošana, apmežošana, sēklokopība, selekcija un ģenētika. Meža enciklopēdija. Apgāds "Zelta grauds" [skatīts 10.01.2021]. Pieejams: <https://www.letonika.lv/groups/default.aspx?title=ats%C4%93din%C4%81%C5%A1ana%20uz%20celma/36980>
166. Manual for SRC Willow Growers. (2012) Produced by Lantmannen Agroenergy, Sweden. (skatīts 22.02.2016). Pieejams: <http://www.voederbomen.nl/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/ManualSRCWillowGrowers.pdf>
167. Manual harvesting of short rotation coppice – watch the video. (2019). [tiešsaīse] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: <https://www.crops4energy.co.uk/manual-harvesting->

- of-short-rotation-coppice-watch-the-video/
168. Marron N., Beimgraben T., Bes de Berg L., Broddeck F., Eltrop L., Focke J., Haid S., Haerdlein M., Nahm M., Pelz S., Sauter U.H., Kerchove, L., Weinreich, A. (2012) Cost reduction and efficiency improvement of short rotation coppice. In: CREF Final Report.
 169. McDermott F. (2012) UK jobs in the bioenergy sectors by 2020. [skatīts 09.07.2020]. Pieejams:
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48341/5131-uk-jobs-in-the-bioenergy-sectors-by-2020.pdf
 170. McKendry P. (2002) Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology* 83(1), pp. 37-46.
 171. Meliorācijas likums. LR likums. (2010) *Latvijas Vēstnesis* 12, 29.01.2016. [skatīts 21.10.2019]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/203996-melioracijas-likums>
 172. Melosi B. (2006) Energy Transition in Historical Perspective. In: *Energy and Culture: perspectives on the Power to Work*. Edited by Brandan Dooley, International University Bremen, Germany, Ashgate Publishing Company, USA.
 173. Messing I., Alriksson A., Johansson W. (1997) Soil physical properties of afforested and arable land. *Soil use and Management* 13, pp. 209-217.
 174. Meža atjaunošanas un kopšanas izmaksas 2015-2019. (2020) [skatīts 05.06.2020]. Pieejams:
https://data.csb.gov.lv/pxweb/lv/lauks/lauks__mezsaimn__mezizstr__ikgad/MEG070.px/table/tableViewLayout1/
 175. Meža atjaunošanas, meža ieaudzēšanas un plantāciju meža noteikumi. MK 02.05.2012. noteikumi Nr. 308. *Latvijas Vēstnesis* 70, 08.05.2012.
 176. Meža likums. (2000) *Latvijas Vēstnesis* 98/99, 16.03.2020. [tiešsaiste] [skatīts 05.04.2019]. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=2825>
 177. Meža nozare skaitļos un faktos. (2020) [skatīts 08.08.2020]. Pieejams:
https://www.zm.gov.lv/public/ck/files/ZM/mezhi/skaitlifakti_LV20.pdf
 178. Mežizstrādes vidējās izmaksas (EUR m³ (bez PVN)) 2015-2019. gadā. (2020) [skatīts 06.07.2020]. Pieejams:
https://data.csb.gov.lv/pxweb/lv/lauks/lauks__mezsaimn__mezizstr__ikgad/MEG040.px/table/tableViewLayout1/
 179. Miežīte O., Dreimanis A. (2013) Baltalkšņa izmantošana šķeldas ražošanā. No: *Ilgspējīga koksnes izmantošana bioenerģijas sektorā* (Rēzekne 18.04.2013). [skatīts 23.11.2017]. Pieejams:
http://www.lvif.gov.lv/uploaded_files/sadarbiba/bioen/baltalksnis_prezentaacija_Olga_2.pdf
 180. Miranda M., Hale B. (2001) Protecting the forest from the trees: the social costs of energy production in Sweden. *Energy* 26(9), pp. 869-889.
 181. Mirck J., Iserbrands J.G., Verwijst T., Ledin S. (2005). Development of short-rotation willow coppice systems for environmental purposes in Sweden. *Biomass and Bioenergy* 28, pp. 219-228.
 182. Mitchell C. (1995) New cultural treatments and yield optimisation. *Biomass Bioenergy* 9(1), pp. 11-34.
 183. 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.
 184. Mola-Yudego B., Gonzalez-Olabarria J. (2010) Mapping the expansion and distribution of willow plantations for bioenergy in Sweden: lessons to be learned about the spread of energy crops. *Biomass and Bioenergy* 34(4), pp. 442-448.
 185. Mola-Yudego B., Selkimäki M., González-Olabarria JR. (2014) Spatial analysis of

- the wood pellet production for energy in Europe. *Renewable Energy* 63, pp. 76-83.
186. Mosiej J., Karczmarczyk A., Wyporska K., Rodzkin A. (2012) Biomass Production in Energy Forests. Short Rotation Plantations. *Forests and Energy* 3(17), pp. 196-202.
187. Mosiej J., Karczmarczyk A., Wyporska K., Rodzkin A. (2013) Biomass production in energy forests short rotation plantations. *Forests and Energy* 17, pp. 196-202.
188. Muižniece I., Blumberga D. (2018) Koksnes resursu izmantošana enerģētikas sektorā Latvijā. Vai tas ir ilgtspējīgs risinājums? Energosistēmu analīze un modelēšana. Zinātniskā monogrāfija Daces Lauces redakcijā. Rīg: RTU izdevniecība, 143 lpp.
189. Mūrnieks P. (1948) Baltalkšņa (*Alnus incana* (L.) Moench) augšanas gaita Latvijas PSR. Disertācijas tēzes. 50 lpp.
190. Nacionālais attīstības plāns 2014. -2020. gadam. (2012) [tiešsaiste] [skatīts 05.03.2019]. Pieejams: <http://polsis.mk.gov.lv/documents/4247>
191. Nacionālais attīstības plāns 2021. -2027. gadam. 1. redakcijas projekts. (2019) [tiešsaiste] [skatīts 05.03.2019]. Pieejams: https://www.lps.lv/uploads/docs_module/2019_10_02_3_20191002_NAP_LPS.pdf
192. Nair PKR. (1993) An introduction to agroforestry. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.
193. Nye D. (1998) *Consuming Power: A Social History of American Energies*, MIT Press, Cambridge, MA.
194. Nixon D.J., Stephens W., Tyrrel S.F., Brierley E.D.R. (2001) The potential for short rotation energy forestry on restored landfill caps. *Bioresour Technol* 77, pp. 237-245.
195. Njakou Djomo S., Ac A, Zenone T., De Groote T., Bergante S., Facciotto G., Sixto H., Ciria Ciria P., Weger J., Ceulemans R. (2015) Energy performances of intensive and extensive short rotation cropping systems for woody biomass production in the EU. *Renewable Sustainable Energy Reviews* 41, pp. 845-854.
196. Noble I.R., Dirzo R. (1997) Forests as human-dominated ecosystems. *Science* 277, pp. 522-525.
197. Noteikumi par elektroenerģijas ražošanu, izmantojot atjaunojamos energoresursus un cenu noteikšanas kārtību. MK 01.04.2010. noteikumi Nr. 262. *Latvijas Vēstnesis* 51/52, 31.03.2010.
198. Noteikumi par kadastrālo vērtību bāzi 2016., 2017., 2018. un 2019. Gadam. MK 23.12.2014. noteikumi Nr. 838. [tiešsaiste] [skatīts 27.06.2020]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/271387-noteikumi-par-kadastralo-vertibu-bazi-2016-2017-2018-un-2019-gadam>
199. Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli. MK 02.05.2006. noteikumi Nr. 362. *Latvijas Vēstnesis* 73, 11.05.2006.
200. Notekūdeņu dūņu izmantošana mežsaimniecībā. (2005) [skatīts 21.01.2019]. Pieejams: <http://www.silava.lv/userfiles/file/Info%20materi%20C4%81li/Notekudenu%20dunas%20leafleti%20Lazdins%202005/Use%20of%20sludge%20in%20forestry.pdf>
201. *Our common future*. (1990) Oxford University Press, U.S.A., 1st ed., pp. 420.
202. *Our farming equipment*. (2019) [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: <https://www.rothamsted.ac.uk/our-farms/equipment>
203. Ozols J., Hibners E. (1927) Baltalkšņa audžu izplatība Latvijā, augšanas gaita un nozīme mežsaimniecībā. Mežsaimniecības rakstu krājums, V sējums. *Latvijas mežkopju savienības izdevums*, pp. 43-52.
204. Padomi lauksaimniecībā neizmantoto zemju apmežošanā. (2004). Valsts meža

- dienests. [skatīts 12.10.2017]. Pieejams:
http://petijumi.mk.gov.lv/sites/default/files/file/padomi_lauks_meizmant_zemju_ap_mezos.pdf
- 205.Par 1992. gada 5. jūnija Riodežaneiro Konvenciju par bioloģisko daudzveidību. (1992). Latvijas Vēstnesis 137, 31.08.1995. [tiešsaiste] [skatīts 05.04.2019]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/36679-par-1992gada-5junija-riodezaneiro-konvenciju-par-biologisko-daudzveidibu>
- 206.Par Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām. LR likums. (1995). [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: <https://m.likumi.lv/doc.php?id=61588>
- 207.Par atbalstu lauku attīstībai no Eiropas Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai (ELFLA) un ar ko atceļ Padomes Regulu (EK) Nr. 1698/2005. Padomes 17.12.2013. regula Nr. 1305/2013.
- 208.Par Helsinku konvencijas par Baltijas jūras reģiona jūras vides aizsardzību III un IV pielikuma grozījumiem. (2006) [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=147482>
- 209.Par pašvaldībām (1994). Latvijas Vēstnesis 61, 24.05.1994. [tiešsaiste] [skatīts 05.01.2021]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/57255-par-pasvaldibam>
- 210.Par Starptautisko augu aizsardzības konvenciju. LR likums. (2003). [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams:<https://likumi.lv/ta/id/76607-par-starptautisko-augu-aizsardzibas-konvenciju>
- 211.Par Ženēvas konvencijas par robežšķērsojošo gaisa piesārņošanu lielos atālumos pamatnostādņēm 2004.-2010. gadam. (2004). Latvijas Vēstnesis 36, 03.03.2004. [tiešsaiste] [skatīts20.11.2019]. Pieejams: http://www.varam.gov.lv/lat/likumdosana/starptautiskie_ligumi/vide/?Doc=2953
- 212.Parīzes nolīgums. (2017) [tiešsaiste] [skatīts 05.08.2020]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/lv/starptautiskie-ligumi/id/1730>
- 213.Pārskats par siltumnīcefekta gāzu emisiju 2010. gadā. [skatīts 06.08.2019]. Pieejams: https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Klimats/SEG/2_periods/Iekartas/14_Jeld_Wen/2010/parskats_JW_SEG%202010.pdf
- 214.Paudel B.R., Udawatta R.P., Anderson S.H. (2011) Agroforestry and grass buffer effects on soil quality parameters for grazed pasture and row-crop systems. *Applied Soil Ecology* 48, pp. 125-132.
- 215.Pecenka R., Ehlert D., Lenz H. (2014) Efficient harvest lines for short Rotation Coppices (SRC) in Agriculture and Agroforestry. *Agronomy Research* 12(1), pp. 151-160.
- 216.Pecenka R., Hoffmann T. (2015) Harvest technology for short rotation coppices and costs of harvest, transport and storage. *Agronomy Research* 13(2), pp. 361-371.
- 217.Perelman L.J., Giebelhaus A.W., Yokel M.D. (1981) *Energy Transition: Long Term Perspective*, Boulder, CO.
- 218.Perlin J. (1991) *A forest journey: the role of wood in the development of civilization*. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- 219.Perttu K.L. (1999) Environmental and Hygienic Aspects of Willow Coppice in Sweden. *Biomass and Bioenergy* 16, pp. 291-297.
- 220.Peschel T., Weitz M. (2013) Concepts for establishment and operation methods for short rotation copicce (SRC) projects for EU bioenergy plants (including practical activities on demonstration fields). Deliverable 1.5. Short Rotation Coppice Plantations. In: *Optimized Fuels for Sustainable Transport*. pp. 1-37.
- 221.Prasības ūdens, augsnes un gaisa aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisītā

- piesārņojuma. MK 08.01.2015. Nr. 834 (2015) Latvijas Vēstnesis 3, 07.01.2015.
222. Pregent G., Camire C. (1985) Biomass production by alders on four abandoned agricultural soils in Quebec. *Plant and Soil* 87, pp. 185-193.
 223. Pučka I., Lazdiņa D. (2013) Review about investigations of *Salix* spp. in Europe. *Research for Rural Development*, Vol. 2, pp. 13-19.
 224. Quantifying environmental effects of Short Rotation Coppice (SRC) on biodiversity, soil and water. (2011) IEA Bioenergy: Task 43.
 225. Quaschnig V. (2010) *Renewable Energy and Climate Change*. IEEE Press, John Wiley & Sons, West Sussex, United Kingdom.
 226. Quinn J., Stephens W., Brierley E., Harris J., Howsam P. (2004) *Quarry Restoration for Sustainable Biomass Energy Production*. Final Report Institute of Water & Environment, Cranfield University, pp. 178.
 227. Rackham O. (1990) *Trees and woodland in the British landscape*. JM Dent & Sons Ltd, London, England.
 228. 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), pp. 589-602.
 229. Regula, ar ko nosaka pienākumus tirgus dalībniekiem, kas laiž tirgū kokmateriālus un koka izstrādājumus. Eiropas parlamenta un padomes regula Nr. 955/2010, 20.10.2010. [tiešsaiste] [skatīts 05.03.2019]. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0995&from=EN>
 230. Reģionu komitejas atzinums "Klimata un enerģētikas politikas satvars laikposmam no 2020. gada līdz 2030. gadam". (2014) [tiešsaiste] [skatīts 05.04.2019]. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?qid=1583505716916&uri=CELEX:52014IR2691>
 231. Reimo L. (2017) Growth development and ecology of midterm hybrid aspen and silver birch plantations on former agricultural lands. A thesis for applying for the degree of Doctor of philosophy in Forestry. Tartu, p. 1-166.
 232. Report Of The United Nations Conference On The Human Environment, Stockholm, 5-16 June 1972. (1973) [skatīts 26.08.2019]. Pieejams: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/CONF.48/14/Rev.1
 233. Ritchie H., Roser M. (2020) Emissions by sector. [skatīts 13.01.2020]. Pieejams: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
 234. Ritter E., Vesterdal L., Gundersen P. (2003) Changes in soil properties after afforestation of former intensively managed soils with oak and Norway spruce *Plant and Soil* 249, pp. 319-330.
 235. Rytter L. (2006) A management regime for hybrid aspen stands combining conventional forestry techniques with early biomass harvests to exploit their rapid early growth. *Forest Ecology and Management* 236 (2-3), pp. 422-426.
 236. Rytter L. (2006) Management regime for hybrid aspen stands combining conventional forestry techniques with early biomass harvests to exploit their rapid early growth. *Forest Ecology and Management* 236, pp. 422-426.
 237. Rytter L., Stener L.G. (2005) Productivity and thinning effects in hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) stands in southern Sweden. *Forestry* 78, pp. 285-295.
 238. Rytter L. (2002) Nutrient content in stems of hybrid aspen aspected by tree age and tree size, and nutrient removal with harvest. *Biomass and Bioenergy* 23, pp. 13-25.
 239. Rytter L., Johansson T., Karsčić A., Weih M. (2011) Investigation for a Swedish Research Program on the Genus *Populus*. The Forestry Research Institute of

- Sweden (Skogforsk), Arbetsrapport Nr 733.
240. Rosenqvist H., Dawson M. (2005) Economics of willow growing in Northern Ireland. *Biomass and Bioenergy* 28, pp. 7-14.
241. Rosenqvist H., Roos A., Ling E., Hektor B. (2000) Willow growers in Sweden. *Biomass Bioenergy* 18, pp. 137-145.
242. Saez R., Linares P., Leal J. (1998) Assessment of the externalities of biomass energy, and a comparison of its full costs with coal. *Biomass and Bioenergy* 14(5-6), pp. 469-478.
243. Sanz M.J., Vente de J., Chotte J.L., Bernoux M., Kust G., Ruiz I., Almagro M., Alloza J.A., Vallejo R., Castillo V., Hebel A., Akhtar-Schuster M. (2017) Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn, Germany.
244. Sarmulis Z., Saveljevs A. (2015) Meža darbi un tehnoloģijas. Mācību līdzeklis LLU Meža fakultātes studentiem un nozares speciālistiem. Jelgava: Studentu biedrība "Šalkone", pp. 146.
245. 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.
246. Scholz V., Eckel H., Hartmann S. (2009) Processes and costs of SRC cropping on agricultural land. *Die Landwirtschaft als Energieerzeuger. KTBL-Schrift* 476, pp. 67-80.
247. Schurr S.H., Darmstadter J., Perry H., Ramsey W., Russell M. (1979) *Energy in America's Future: The Choices Before Us*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, pp. 555.
248. Schurr S.H., Netschert B.C. (1960) *Energy in the American Economy, 1850-1975*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, pp. 774.
249. Schweier J., Becker G. (2012a) New Holland forage harvester's productivity in short rotation coppice – Evaluation of field studies from a German perspective. *International Journal of Forest Engineering* 23, pp. 7.
250. Schweier J., Becker G. (2012b) Harvesting of short rotation coppice – harvesting trials with a cut and storage system in Germany. *Silva Fenica* 46, pp. 287-299.
251. Searle S., Malins C. (2014) A reassessment of global bioenergy potential in 2050. *GCB Bioenergy* 7(2), pp. 328-336.
252. Selekcioneģto kārķļu stādmateriāls un tās aprites noteikumi. (2017) Selekcioneģto kārķļu audzētāju asociācija [skatīts 12.10.2017]. Pieejams: http://www.srcplus.eu/images/WP5/D5_3/LV/2ndPresentations/3.-Selekcioneģto-karklu-stadmateriāls.pdf
253. Share of renewable in energy consumption up to 15% in the EU in 2013. Eurostat newsrelease. [skatīts 08.02.2016]. Pieejams: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/6734513/8-10032015-AP-EN.pdf/3a8c018d-3d9f-4f1d-95ad-832ed3a20a6b>
254. Siltumenerģijas bilance statistiskajos reģionos. (2020) [tiešsaiste] [skatīts 09.07.2020]. Pieejams: http://data.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG160.px/table/tab1eViewLayout1/?rxid=cdbc978c-22b0-416a-aacc-aa650d3e2ce0
255. Slotiņa L., Dzene I., Drukmane L., Makovskis K., Lazdiņa D. (2014) Stratēģija ilgtspējīgai ātraudzīgo kokaugu stādījumu ierīkošanai un izmantošanai Vidzemes plānošanas reģionā. [skatīts 08.02.2016]. Pieejams:

- http://www.srcplus.eu/images/D6_2_EKODOMA_LV_StrategysSustainableSRCVidzemeRegion.pdf
256. Smart L.B., Volk T.A., Lin J., Kopp R.F., Phillips I.S., Cameron K.D., White E.H., Abrahamson L.P. (2005) Genetic improvement in shrub willow (*Salix* spp.) crops for bioenergy and environmental applications in The United State. *Unasylva* 221(56), pp. 51-55.
 257. Smil V. (2017) *Energy and civilization: a history*. The MIT Press, Cambridge, London.
 258. Somarriba E. (1992) Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems* 19(2), pp. 233-240.
 259. Spinelli R., Nati C., Magagnotti, N. (2009) Using modified foragers to harvest short rotation poplar plantations. *Biomass and Bioenergy* 33(5), pp. 817-821.
 260. Sprūds A. (vad.) (2010) Ilgtspējīga enerģētikas sektora politika Latvijas politiskās un ekonomiskās attīstības kontekstā: mērķi, iespējas un ierobežojumi. Pētījums "Latvijas enerģētikas politika: ceļā uz ilgtspējīgu un caurspīdīgu enerģētikas sektoru", 119 lpp.
 261. SRC production in Croatia, Czech Republic, France, Germany, Greece, Latvia and Macedonia. (2014) SRC pluss Wp2 – Task 2.1/D 2.1. [skatīts 03.11.2017]. Pieejams: http://www.srcplus.eu/images/WP5/D5_3/LV/2ndPresentations/3.-Selekcioneto-karklu-stadmaterials.pdf
 262. Statistical review of world energy. (2020) [skatīts 03.11.2017]. Pieejams: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
 263. Stenvall N., Haapala T., Pulkkinen P. (2004) Effect of Genotype, Age and Treatment of Stock Plants on Propagation of Hybrid Aspen (*Populus tremula* × *Populus tremuloides*) by Root Cuttings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19(4), pp. 303-311.
 264. Styles D., Jones M. (2007) Energy crops in Ireland: quantifying the potential life-cycle greenhouse gas reduction of energy-crop electricity. *Biomass and Bioenergy* 31(11-12), pp. 759-772.
 265. Stoaate C., Báld A., Beja P., Boatman N.D., Herzon I., Doorn A., Snoo G.R., Rakosy L., Ramwell C. (2009) Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – a review. *J. Environ. Manag.* 91(1), pp. 22-46.
 266. Stolarski M.J., Rosenqvist H., Krzyzaniak M., Szczukowski S., Tworkowski J., Golaszewski J., Olba-Ziety E. (2015) Economic comparison of growing different willow cultivars. *Biomass and Bioenergy* 81, pp. 210-215.
 267. Stolarski M.J., Szczukowski S., Tworkowski J., Krzyzaniak M., Zaluski D. (2017) Willow biomass and cuttings production potential over ten successive annual harvests. *Biomass and Bioenergy* 105, pp. 230-247.
 268. Stolarski M.J., Szczukowski S., Tworkowski J., Wróblewskab H., Krzyzaniaka M. (2011) Short rotation willow coppice biomass as an industrial and energy feedstock. *Industrial Crops and Products* 33, pp. 217-223.
 269. Stolarski M.J., Szczukowski S., Tworkowski J., Klasa A. (2011) Willow biomass production under conditions of low-input agriculture on marginal soil. *Forest Ecology and Management* 262(8), pp. 1558-1566.
 270. Stout A.B., Schreiner E.J. (1933) Results of a project in hybridizing poplars. *Journal of Heredity* 24, pp. 216-229.
 271. Suchomel J., Gejdoš M., Ambrušová L., Šulek R. (2012) Analysis of price changes of selected roundwood assortments in some Central Europe countries. *J. For. Sci.* 58, pp. 483-491.

272. Szczukowski S., Stolarski M., Tworkowski J., Przyborowski J., Klasa A. (2005) Productivity of willow coppice plants grown in short rotations. *Plant Soil Environmen* 51(9), pp. 423-430.
273. Tahvanainen L., Rytönen V. (1999) Biomass production of *Salix viminalis* in southern Finland and the effect of soil properties and climate conditions on its production and survival. *Biomass and Bioenergy* 16(2), pp. 103-117.
274. Tarr J.A., Lampers B.C. (1981) Changing Fuel Use Behavior and Energy Transition: The Pittsburgh Smoke Control Movement, 1940-1950, *Journal of Social History* 14, pp. 561-588.
275. Technical guide short rotation coppice. (2010) CREFF project. [28.01.2019]. Pieejams: https://www6.inra.fr/creff_eng/content/download/3268/33199/version/1/file/CREFF+SRC+technical+guideline.pdf
276. Tehnisko pakalpojumu vidējo cenu salīdzinājums Latvijā 2015. gadā. (2016) [skatīts 03.04.2019]. Pieejams: <http://new.llkc.lv/lv/tehnisko-pakalpojumu-cenu-apkopojums-par-2015-gadu>
277. Tehnisko pakalpojumu vidējo cenu salīdzinājums Latvijā 2016. gadā. (2017) [skatīts 03.04.2020]. Pieejams: http://new.llkc.lv/sites/default/files/baskik_p/pielikumi/1.tabula_1.pdf
278. Tehnisko pakalpojumu vidējo cenu salīdzinājums Latvijā 2017. gadā. (2018) [skatīts 03.04.2020]. Pieejams: http://new.llkc.lv/sites/default/files/baskik_p/pielikumi/1.tabula_2.pdf
279. Tehnisko pakalpojumu vidējo cenu salīdzinājums Latvijā 2018. gadā. (2019) [skatīts 03.04.2020]. Pieejams: http://new.llkc.lv/sites/default/files/baskik_p/pielikumi/1.tabula_3.pdf
280. Tehnisko pakalpojumu vidējo cenu salīdzinājums Latvijā 2019. gadā. (2020) [skatīts 03.04.2020]. Pieejams: http://new.llkc.lv/sites/default/files/baskik_p/pielikumi/1.tabula_4.pdf
281. Tharakan P.J., Volk T.A., Lindsey C.A., Abrahamson L.P., White E.H. (2005) Evaluating the impact of three incentive programs on the economics of cofiring willow biomass with coal in New York State. *Energ Policy* 33(3), pp. 337-347.
282. The European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy. (2019) Joint Research Center (JRC), pp. 1-8 [tiešsaiste] [skatīts 27.12.2019]. Pieejams: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC109354biomass_4_energy_brief_online_1.pdf
283. Thornley P. (2006). Increasing biomass based power generation in the UK. *Energy Policy* 34(15), pp. 2087-2099.
284. Thornley P., Rogers J., Huang Y. (2008). Quantification of employment from biomass power plants. *Renewable Energy* 33(8), pp. 1922-1927.
285. Tiešie maksājumi 2018. [skatīts 18.07.2018]. Pieejams: [http://www.lad.gov.lv/files/visas_proviz_likmes_2018_\(003\).pdf](http://www.lad.gov.lv/files/visas_proviz_likmes_2018_(003).pdf)
286. Tiešo maksājumu piešķiršanas kārtību lauksaimniekiem. MK 10.03.2015. noteikumi Nr. 126. *Latvijas Vēstnesis* 62, 27.03.2015. 64. punkts. [tiešsaiste] [skatīts 27.11.2019]. Pieejams: <http://likumi.lv/doc.php?id=214102>
287. Tillman D.A. (1978) *Wood as an Energy Source*, New York.
288. Tīra enerģija visiem Eiropas iedzīvotājiem – Eiropas izaugsmes potenciāla realizēšana. (2016) [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: https://ec.europa.eu/latvia/news/t%C4%Abra-ener%C4%A3ija-visiem-eiropas-iedz%C4%Abvot%C4%81jiem-%E2%80%94-eiropas-izaugsmes-potenci%C4%81l-realiz%C4%93%C5%A1ana-0_lv
289. Tullus A., Lukason O., Vares A., Padari A., Lutter R., Tullus T., Karoles K.,

- Tullus H. (2012b) Economics of Hybrid Aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) and Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) Plantations on Abandoned Agricultural Lands in Estonia. *Baltic Forestry* 18(2), pp. 288-298.
290. Tullus A., Rytter L., Tullus T., Weih M., Tullus H. (2012a) Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27, pp. 10-29.
291. Tullus A., Tullus H., Varesa A., Kanal A. (2007) Early growth of hybrid aspen (*Populus wettsteinii* Hamet-Ahti) plantations on former agricultural lands in Estonia. *Forest Ecology and Management* 245, pp. 118-129.
292. Upham P., Shackley S. (2007) Local public opinion of a proposed 21.5 MW(e) biomass gasifier in Devon: questionnaire survey results. *Biomass and Bioenergy* 2007.
293. Uri V., Aosaar J., Varik M., Becker H., Ligi K., Padari A., Kanal A., Lõhmus K. (2014) The dynamics of biomass production, carbon and nitrogen accumulation in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) chronosequence stands in Estonia. *Forest Ecology and Management* 327, pp. 106-117.
294. Uri V., Aosaar J., Varik M., Kund M. (2010) The growth and production of some fast growing deciduous tree species stands on abandoned agricultural land. *Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused* 52, pp. 18-29.
295. Uri V., Lohmus K., Kiviste A., Aosaar J. (2002) The dynamics of biomass production in relation to foliar and root traits in a grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forestry* 82(1), pp. 1-14.
296. Uri V., Tullus H., Lohmus L. (2002) Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management* 161, pp. 169-179.
297. Vadlīnijas koksnes pelnu apstrādei un izmantošanai mežsaimniecībā. (2016) Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programma 2016.-2021. gadam. LVMI Silava.
298. Van Dam J., Faaiji A.P.C., Lewandowski I., Fischer G. (2007) Biomass production potentials in Central and Eastern Europe under different scenarios. *Biomass and Bioenergy* 31(6), pp. 345-366.
299. Vande Walle I., Van Camp N., Van de Castele L., Verheyen K., Lemeur R. (2007) Short-rotation forestry of birch, maple, poplar and willow in Flanders (Belgium) II. Energy production and CO₂ emission reduction potential. *Biomass & Bioenergy* 31, pp. 276-283.
300. Vandenhove H., Goor F., O'Brien S., Grebenkov A., Timofeyev S. (2002) Economic viability of short rotation coppice for energy production for reuse of caesium-contaminated land in Belarus. *Biomass and Bioenergy* 22(6), pp. 421-431.
301. Venendaal R., Jorgensen U., Foster C.A. (1997) European energy crops: a synthesis. *Biomass and Bioenergy* 13, pp. 147-185.
302. Vērtību ietekmējošie tehniskie rādītāji. (2016) [skatīts 11.04.2016]. Pieejams: <http://kadastralavertiba.lv/profesionali/vertibu-ietekmejosie-faktori/tehniskie-raditaji/>
303. Vērtību ietekmējošie tehniskie rādītāji. (2018) [skatīts 28.01.2019]. Pieejams: <http://kadastralavertiba.lv/profesionali/vertibu-ietekmejosie-faktori/tehniskie-raditaji/>
304. Vides aizsardzības likums. (2006) *Latvijas Vēstnesis* 183, 15.11.2006. [tiešsaiste] [skatīts 05.04.2019]. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=147917> [skatīts 05.04.2016]. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=147917>
305. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas informatīvais ziņojums

- “Aprites ekonomikas stratēģija Latvijai”. Projekts. (2019) [tiešsaiste] [skatīts 05.03.2019]. Pieejams:
[https://www.mk.gov.lv/sites/default/files/editor/Lidzdaliba/varamzin_ekonomika_projekts14.10.2019.pdf](https://www.mk.gov.lv/sites/default/files/editor/Lidzdaliba/varamzin_aprites_ekonomika_projekts14.10.2019.pdf)
306. Vidzemes plānošanas reģiona teritorijas plānojums. I daļa. Telpiskās struktūras apraksts. (2007) Pieejams: http://www.vidzeme.lv/lv/teritorijas_planojums/
307. Volk T.A., Verwijst T., Tharakan P.J., Abrahamson L.P., White E.H. (2004) Growing fuel: Sustainability assessment of willow biomass crops. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2004, pp. 411-418.
308. Von Maydell H.J. (1985) The contribution of agroforestry to world forestry development. *Agroforestry Systems* 3, pp. 83-93.
309. Wall A., Heiskanen J. (2003) Water-retention characteristics and related physical properties of soil on afforested agricultural land in Finland. *Forest Ecology and Management* 186, pp. 21-32.
310. Warren-Wren S.C. (1972) *The complete book of willows*. AS Barnes & Co., New York, USA.
311. Webb J., Cook P., Skiba U., Levy P., Sajwaj T., Parker C. (2009) Investigation of the economics and potential environmental impacts of the production of short rotation coppicing on poorer quality land. Oxfordshire: AEA group; 2009 Jan. Report No. ED45623 [skatīts 26.08.2019]. Pieejams:
<https://www2.gov.scot/resource/doc/288738/0088342.pdf>
312. 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.
313. Weitz M. (2014) Cooperation concepts dor dedicated biomass production via Short Rotation Plantations – opportunities for decentralised biomass heat and power in Europe. 22nd European Biomass Conference and Exhibition. pp. 1-19.
314. Whats the contractors price for harvesting willow. (2018) [tiešsaiste] [skatīts 20.09.2019]. Pieejams: <https://www.agriland.ie/farming-news/whats-the-contractor-price-for-harvesting-willow/>
315. Willebrand E., Ledin S., Verwijst T. (1993) Willow Coppice Systems in Short Rotation Forestry: Effects of Plant Spacing, Rotation Length and Clonal Composition on Biomass Production. *Biomass and Bioenergy* 4, pp. 323-331.
316. Willows for Cuttings. (2013) University of Kentucky – College of Agriculture. [skatīts 12.10.2017]. Pieejams:
<https://www.uky.edu/Ag/CCD/introsheets/willow.pdf>
317. Wynn S., Carter R., Turner C., Huxley C. (2016). RELB: Job implication of establishinf a bioenergy market. [skatīts 09.07.2020]. Pieejams:
https://d2umxnkyjne36n.cloudfront.net/insightReports/161014_BI2012_D12_Job-implications-v4-0.pdf?mtime=20170731143406
318. Wolde Z. (2015) *The role of agroforestry in soil and water conservation*. LAM PART Academic Publishing. Editor: David Johanson. Pp. 59, ISBN: 978-3-6659-71882-3.
319. Working Group for Sustainable Biomass Utilisation Vision in East Asia. (2008) *Economic Aspects of Biomass Utilisation*. In: Sagisaka M. (Ed.) *Sustainable Biomass Utilisation Vision in East Asia*, ERIA Research Project Report 2007-6-3, Chiba: IDE-JETRO, pp. 38-69.
320. Wrachien D.D. (2001) *Land Use Planning: A Key To Sustainable Agriculture*. Conservation Agriculture: Environment, Farmers Experiences, Innovations, Socioeconomy, Policy. Springer.

321. Zalewski M., Wagner I. (2005) Ecohydrology-the use of water and ecosystem processes for healthy urban environments. *International Journal of Ecohydrology & Hydrobiology* 5, pp. 263-268.
322. Zālītis P. (2005) Meža hidroloģija. Meža enciklopēdija. Apgāds "Zelta grauds" pp. 270 [skatīts 28.01.2019]. Pieejams: <https://www.letonika.lv/groups/default.aspx?r=7&q=%C5%ABdens&id=972020&g=1>
323. Zemes pārvaldības likums. (2014). *Latvijas Vēstnesis* 228, 15.11.2004. [tiešsaiste] [skatīts 05.04.2019]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/270317-zemes-parvaldibas-likums>
324. Zemes politikas pamatnostādnes 2008.-2014. gadam (informatīvā daļa). (2008) [skatīts 13.04.2016] Pieejams: https://www.zm.gov.lv/public/files/CMS_Static_Page_Doc/00/00/00/22/86/zemes_politikas_pamatnostadnes.pdf
325. Zemes politikas plāns 2016.-2020. gadam. (2016) [skatīts 28.01.2019]. Pieejams: http://webcache.googleusercontent.com/searchcache:51SSw8sBKjgJ:www.varam.gov.lv/in_site/tools/download.php%3Ffile%3Dfiles/text/Sab_lidzdaliba/sab_apsp//VARAM_Zemes_politikas_plans_211116.pdf+%&cd=1&hl=lv&ct=clnk&gl=lv&client=ubuntu
326. Zeps M. (2017) Apšu hibrīdu (*Populus tremuloides* Michx. × *Populus tremula* L.) audzēšanas potenciāls Latvijā. Promocijas darba kopsavilkums Dr.silv. zinātniskā grāda iegūšanai. 51 lpp.
327. Zeps M., Šāble I., Grīnfelds U., Jansons Ā., Irbe I., Treimanis A. (2012) Apšu hibrīdu koksnes un sulfātselulozes šķiedru īpašības 20 gadu vecumā. *Mežzinātne* 59, pp. 145-154.

PIELIKUMI / ANNEX

Meža stādīšanas, agrotehniskās kopšanas, zālaugu sēšanas, mežzistrādes izmaksas, apaļkoku un koksnes šķeldu vidējās iepirkuma cenas, un atbalsta maksājumi Latvijā 2015.-2019. gadā / Forest planting, agrotechnical tending, sowing, logging costs and support payments in Latvia year 2015-2019

| Pakalpojums | Vidējās izmaksas, gads | | | | | |
|--|------------------------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2015.-2019. |
| Meža stādīšana (1. kvalitātes klase), EUR ha ⁻¹ | 123.68 | 71.81 | 94.46 | 122.88 | 160.23 | 114.61 |
| Meža stādīšana (2. kvalitātes klase), EUR ha ⁻¹ | 107.52 | 90.29 | 70.46 | 85.37 | 141.10 | 98.95 |
| Meža stādīšana (3. kvalitātes klase), EUR ha ⁻¹ | 109.39 | 99.58 | 80.18 | 97.82 | 139.88 | 105.37 |
| Meža stādīšana (4. kvalitātes klase), EUR ha ⁻¹ | 101.55 | 99.73 | 82.12 | 117.29 | 144.99 | 109.14 |
| Vidējās meža stādīšanas izmaksas aprēķinos | | | | | | 107.02 |
| Meža agrotehniskā kopšana (1. kvalitātes klase), EUR ha ⁻¹ | 94.35 | 88.19 | 133.12 | 85.05 | 120.28 | 104.20 |
| Meža agrotehniskā kopšana (2. kvalitātes klase), EUR ha ⁻¹ | 74.49 | 91.20 | 121.80 | 121.77 | 121.77 | 104.38 |
| Meža agrotehniskā kopšana (3. kvalitātes klase), EUR ha ⁻¹ | 81.91 | 105.23 | 111.28 | 111.28 | 125.02 | 107.38 |
| Meža agrotehniskā kopšana (4. kvalitātes klase), EUR ha ⁻¹ | 94.89 | 106.64 | 121.68 | 121.68 | 143.36 | 113.98 |
| Vidējās meža agrotehniskās kopšanas izmaksas aprēķinos | | | | | | 107.49 |
| Zālaugu sēšana, EUR ha⁻¹ | 28.15 | 29.44 | 28.84 | 28.69 | 28.97 | 28.82 |
| Atbalsta maksājuma likmes Latvijā | | | | | | |
| VPM, EUR ha ⁻¹ | 55.34 | 62.46 | 69.84 | 76.8 | 83.73 | 69.63 |
| ZAL, EUR ha ⁻¹ | 32.72 | 36.56 | 40.43 | 44.38 | 48.12 | 40.44 |
| Mežzistrādes izmaksas Latvijā | | | | | | |
| Koksnes sagatavošana galvenajā cirtē, EUR m ³ | 5.70 | 5.54 | 6.00 | 5.96 | 6.05 | 5.85 |
| Kokmateriālu pievešana (no cirsmas līdz ceļam) galvenajā cirtē, EUR m ³ | 4.94 | 4.65 | 4.74 | 4.52 | 4.72 | 4.71 |
| Kokmateriālu transportēšana (no ceļa līdz iepirkšanas punktam) galvenajā cirtē, EUR m ³ | 5.90 | 5.95 | 5.74 | 6.82 | 6.75 | 6.23 |
| Apaļkoku un koksnes šķeldu vidējās iepirkuma cenas Latvijā | | | | | | |
| Zāgbaļķis (apses), EUR m ³ | 43.35 | 42.3 | 44.58 | 51.48 | 52.69 | 46.88 |
| Taras kluči (lapukoks), EUR m ³ | 33.67 | 32.36 | 34.89 | 43.68 | 40.49 | 37.02 |
| Papīrmalka (lapukoks), EUR m ³ | 26.59 | 24.11 | 26.51 | 38.15 | 28.85 | 28.84 |
| Malka (lapukoks), EUR m ³ | 21.83 | 21.60 | 23.19 | 28.22 | 26.99 | 24.37 |
| Koksnes šķeldas, EUR ber.m ³ | 8.35 | 7.64 | 8.27 | 11.53 | 11.20 | 9.38 |

**Biomassas pārrēķins no sausas tonnām uz berkubikmetriem / Biomass conversion
from oven dried tons to loose cubicmeters**

| Sausnas tonnas (t_{sausnas}), 0% mitrums | Cieškubikmetri (cieš.m³), 55% mitrums | Berkubikmetri (ber.m³), 55% mitrums |
|---|---|---|
| 1 | 2.78 | 7.72 |
| 2 | 5.56 | 15.43 |
| 3 | 8.33 | 23.15 |
| 4 | 11.11 | 30.86 |
| 5 | 13.89 | 38.58 |
| 6 | 16.67 | 46.30 |
| 7 | 19.44 | 54.01 |
| 8 | 22.22 | 61.73 |
| 9 | 25.00 | 69.44 |
| 10 | 27.78 | 77.16 |