
Apalkoksnes sortimentu iznākuma modelēšana krājas kopšanas cirtēs bērzu stādījumos

Uldis Prindulis¹, Jānis Donis¹, Guntars Šņepsts¹,
Laila Strazdiņa¹, Jānis Liepiņš¹, Kaspars Liepiņš^{1*}

Prindulis, U., Donis, J., Šņepsts, G., Strazdiņa, L., Liepiņš, J., Liepiņš, K. (2013). Apalkoksnes sortimentu iznākuma modelēšana krājas kopšanas cirtēs bērzu stādījumos. *Mežzinātne* 27(60): 3-16.

Kopsavilkums. Pētījuma ietvaros 2011. un 2012. gadā ierīkoti septiņi parauglaukumi kārpainā bērza stādījumos uz neizmantotām lauksaimniecības zemēm ģeogrāfiski atšķirīgos Latvijas reģionos. Stādījumu vecums kopšanas brīdī bija no 10 līdz 16 gadiem. Izmantojot mērījumu datus, izveidoti vienādojumi koku sadalījuma un papīrmalkas iznākuma modelēšanai, veicot pirmo krājas kopšanu bērzu stādījumos bijušo lauksaimniecības zemju platībās. Ar izveidotā modeļa palīdzību iespējams aprēķināt papīrmalkas iznākumu krājas kopšanā pie dažādiem audzes taksācijas rādītājiem, variējot ar kopšanas intensitāti. Modeļa pielietošanu bērzu stādījumu apsaimniekošanas plānošanā ierobežo informācijas trūkums par atšķirīgās intensitātēs veiktu kopšanas pasākumu ietekmi uz koku pieaugumiem un vitalitāti, kā arī audžu noturību un koksnes kvalitāti. Pētījumi par bērzu stādījumu apsaimniekošanas optimizāciju turpināmi, lai izveidotu mežsaimnieciski pamatotu kopšanas režīmu un noteiktu aprites ilgumu.

Nozīmīgākie vārdi: bērzs, lauksaimniecības zemju apmežošana, apalkoksnes sortimenti, matemātiskā modelēšana.

•••

Prindulis, U.², Donis, J.², Šņepsts, G.², Strazdiņa, L.², Liepiņš, J.², Liepiņš, K.^{2*}

Modelling roundwood assortment yield in thinning birch plantations.

Abstract. Economically sound utilization of abandoned agricultural lands remains a hot topic for Latvia. Regardless of increasing agricultural production in recent years the area of unutilized farmlands still exceeds 300,000 hectares. Establishment of productive timber plantations on abandoned lands is one of the options for effective land use. In the Baltics birch is among the most suitable tree species for plantation cultivation on farmlands and in the past decades in Latvia the areas of birch plantations are increasing steadily.

As a part of the research funded by the European Regional Development Fund (ERDF) a series of long-term trials in birch plantations are staged to follow up the stand performance after thinnings of different intensity. The measurements done in seven birch stands located

¹ LVMI Silava, Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija; * e-pasts: kaspars.liepins@silava.lv

² Latvian State Forest Research Institute "Silava", 111 Riga str., Salaspils, LV-2169, Latvia;

* e-mail: kaspars.liepins@silava.lv

in different regions of the country were used for modelling the diameter distribution in birch plantations following the Weibull two-parameter function. The method developed by R. Ozoliņš was used for calculating the yield of birch stem pulpwood recovered in thinning from below the birch plantations on former farmlands. In our study a model has been developed for predicting the pulpwood yield in thinning birch plantations of specified stand parameters following different thinning regimes.

The sensitivity analysis was performed to assess to what extent the results obtained by using the model depend on each or some of its input parameters. The volume of pulpwood yield strongly depends on the mean tree volume. From the economic viewpoint late thinnings and higher thinning intensities are preferable as they give a higher return in the first thinning operation. However, delayed thinnings lead to the reduction of live crown length ratio likely to slow down the stand growth and reduce its productivity. A higher proportion of striproads established for roundwood transport may increase the pulpwood yield in thinnings, thus enhancing their profitability. According to the national legislation the proportion of striproads is to be no higher than 20% of the stand area. The results of the given study suggest that a net of striproads established during the first thinning will serve to raise the profitability of thinning operations.

The model for predicting the pulpwood yield from the first thinning of birch plantations on former farmlands may be used for approximating cost-efficiency of thinning operations. However, in the first thinning the profitability cannot be set as a major goal since the cost-efficiency over the whole rotation cycle of plantation cultivation ought to be a priority, and more detailed research about the stand reaction to different thinning regimes is still needed for successful implementation of the model.

Key words: birch *Betula pendula*, plantation cultivation of forest crops on former farmlands, modelling.

•••

Приндулис, У.³, Донис, Я.³, Шнепстс, Г.³, Страздыня, Л.³, Лиепиньш, Я.³, Лиепиньш, К.^{3*} **Моделирование выхода сортиментов круглых лесоматериалов в рубках ухода березовых посадок.**

Резюме. В рамках исследований в 2011 г. и 2012 г. заложено семь пробных площадей в посадках березы повислой на неиспользованных сельскохозяйственных землях в географически различных регионах Латвии. Возраст посадок в момент ухода от 10 до 16 лет. На основе измерительных данных созданы уравнения для моделирования распределения деревьев и выхода баланса при первой рубке ухода в березовых посадках на бывших сельскохозяйственных землях. Используя разработанную модель, возможно вычислить выход баланса в результате проведенной рубки ухода, притом учитывая разные параметры насаждения и варьируя с интенсивностью рубки. Использование модели при планировании ухода за березовыми посадками ограничивает нехватка

³ ЛГИЛ «Силава», ул. Ригас 111, Саласпилс, LV-2169, Латвия; эл. почта: kaspars.liepins@silava.lv

информации о воздействии мероприятий, проведенных с различной интенсивностью, на прирост и живучесть деревьев, а также на устойчивость насаждений и качество древесины.

Для выработки экономически и лесохозяйственно обоснованных режима ухода и длительности оборота, необходимо продолжение исследований по оптимизации ухода за березовыми посадками.

Ключевые слова: береза, облесение сельскохозяйственных земель, сортименты круглых лесоматериалов, математическое моделирование.

Ievads

Lauksaimnieciskajā ražošanā neizmantoto zemju ekonomiski pamatota apsaimniekošana mūsu valstī joprojām ir aktuāla problēma. Neskatoties uz to, ka pēdējos gados minēto zemju platības nedaudz samazinājušās, Latvijā joprojām ir 302 000 hektāru šādu zemju (Pilvere, 2012). Pēc iestāšanās Eiropas Savienībā Latvijā ir pieejamas subsīdijas lauksaimnieciskās ražošanas attīstīšanai, tādēļ šādu zemju apstrādes apjomi palielinās, tomēr maz ticams, ka lauksaimniecības sektors spēs utilizēt visas neapsaimniekotās zemes. Šobrīd daļa šo platību apmežojas dabiski, visbiežāk veidojot mazproduktīvas lapu koku audzes un krūmājus (Daugaviete, Krūmiņa, 2001; Liepins *et al.*, 2008).

Viens no ekonomiski svarīgākajiem un pamatotākajiem risinājumiem lauksaimniecībā neizmantoto zemju izmantošanai ir produktīvu un ātraudzīgu mežaudžu, kā arī plantāciju mežu ieaudzēšana, nodrošinot stabili zemes vērtības pieaugumu zemju īpašniekiem un ieguvumu valsts tautsaimniecībai nākotnē. Viena no populārākajām koku sugām šādu zemju apmežošanai ir bērzs. Pēc Valsts meža dienesta (turpmāk tekstā – VMD) datiem

ar bērzu apstādīto platību ikgadējais apjoms pēdējos gados ir palielinājies vairāk nekā divas reizes – no 0,54 tūkst. ha 2008. gadā līdz 1,15 tūkst. ha 2011. gadā. (Koku sugu..., 2011). Šīs koku sugas plašā izmantošana apmežošanas projektos ir balstīta uz pēdējos gadu desmitos vērojamo stabilo pieprasījumu pēc bērza apaļkoksnes, kā arī bērzu stādījumu ātraudzību un augsto produktivitāti (Liepiņš, 2011).

Latvijā veikti vairāki pētījumi par bērzu stādījumu ierīkošanas tehnoloģijām un stādmateriāla kvalitātes ietekmi uz koku augšanas rādītājiem pēc iestādīšanas (Daugaviete, Krūmiņa, 2001; Liepiņš, 2007; Liepiņš, Liepiņš, 2009). Šobrīd pirmo mūsu valstī ierīkoto bērzu stādījumu vecums jau pārsniedzis desmit gadus, tādēļ svarīgi ir izvērtēt nepieciešamību uzsākt stādījumu krājas kopšanu. Latvijā ir izstrādāti kopšanas modeļi galvenajām koku sugām (Bisenieks, 2005), bet tā kā tie veidoti balstoties uz mežaudzēs ierīkoto ilgtermiņa parauglaukumu bāzes, šo modeļu pielietošana stādījumos bijušajās lauksaimniecības augsnēs var būt neefektīva. Līdz šim vienīgie zināmie pētījumi par koku reakciju uz kopšanu bērzu stādījumos lauksaimniecības augsnēs Latvijā izdarīti pagājušā gadsimta vidū, konstatējot, ka kopšana pozitīvi ietekmē paliekošo koku

radiālos pieaugumus, bet nestimulē augstuma pieaugumus. Minētie pētījumi apstiprina arī to, ka labāko bonitāšu bērzu audzēs nepieciešama kopšanas ciršu intensifikācija, lai gala izmantošanā palielinātu vērtīgo sortimentu iznākumu (Maike, 1953).

Plantāciju mežu ierīkošanas un apsaimniekošanas mērķis ir panākt, lai apmežošanas projekta ekonomiskā efektivitāte būtu iespējami lielāka. Tādēļ nepieciešama ir izdevumu un ieņēmumu samērojāmība visā apsaimniekošanas cikla garumā – sākot no ierīkošanas brīža līdz galvenajai izmantošanai. Lai efektīvi modelētu ieņēmumus no koksnes realizācijas un audzes augšanas gaitu, veicot kopšanas cirtes ar dažādu intensitāti, nepieciešami instrumenti augšanas gaitas un sortimentu iznākuma modelēšanai. Kā lietderīgs piemērs šajā virzienā atzīmējama Somijas mežzinātnes institūta „Metla” izstrādātā lēmumu pieņemšanas atbalsta datorprogramma MOTTI, ar kuru iespējams modelēt mežaudžu augšanas gaitu dažādu

mežsaimniecisko pasākumu ietekmē (Ahtikoski *et al.*, 2004).

Šādas visaptverošas datorprogrammas izveidei nepieciešams izstrādāt vairākus specifiskus matemātiskus modeļus, lai varētu prognozēt audžu reakciju uz dažādu parametru izmaiņām. ERAF projekta „Bērza koksnes plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas tehnoloģiju izstrāde” ietvaros LVMI Silava bērzu stādījumos bijušajās lauksaimniecības zemju platībās ierīkojusi ilglaicīgo parauglaukumu sēriju koku augšanas gaitas izpētei dažādu kopšanas intensitāšu ietekmē. Mūsu pētījuma mērķis ir, balstoties uz šajos parauglaukumos veikto mērījumu datiem, izstrādāt modeli sortimentu iznākuma prognozēšanai krājas kopšanā bērzu stādījumos bijušajās lauksaimniecības zemēs. Modelis paredzēts praktiskai pielietošanai, kā instruments sortimentu iznākuma prognozēšanai, plānojot pirmo krājas kopšanas cirti bērzu stādījumos.

1. tabula / Table 1

Eksperimentālo objektu platība, audzes vecums un ģeogrāfiskās koordinātas
The area, age and location of experimental sites

Pētījumu objekts <i>Site</i>	Platība, ha <i>Area, ha</i>	Audzes vecums, gadi <i>Age, years</i>	Ģeogrāfiskās koordinātas <i>Coordinates</i>
			Z platumums / A garums <i>Latitude / Longitude</i>
Gaigalava	0,60	13	56,80645 / 27,0717472
Iecava 1	0,72	16	56,550556 / 24,069293
Iecava 2	0,79	16	56,551337 / 24,069717
Mālpils	0,73	12	57,0333428 / 24,9069159
Sabile	1,06	12	57,0861343 / 22,4311031
Ukri	0,96	13	56,3799721 / 23,1526331
Zante	0,79	10	56,82195 / 22,79373

Materiāls un metodes

Pētījuma ietvaros 2011. un 2012. gadā ierīkoti septiņi parauglaukumi kārpainā bērza stādījumos neizmantotās lauksaimniecības zemēs ģeogrāfiski atšķirīgos Latvijas reģionos. Izmēģinājumu objekti atrodas Rēzeknes, Iecavas, Mālpils, Talsu, Auces un Kandavas novadā. Stādījumu vecums kopšanas brīdī – no 10 līdz 16 gadiem (1. tab.). Ierīkoto parauglaukumu platības ir atšķirīgas un variē saistībā ar ieaudzētās platības lielumu.

Visos pētījuma objektos noteikts koku caurmērs 1,3 m augstumā, ar precizitāti 1 mm, kopā uzskaitīti 17442 koki. Katrā audzē deviņdesmit dažādu dimensiju kokiem izmērīti koku augstumi, ar precizitāti 0,1 m. Šo mērījumu dati izmantoti augstumliknes konstruēšanai. Taksācijas rādītāji stādījumu raksturošanai aprēķināti pēc vispārpieņemtām metodēm.

Audzēs taksācijas rādītāji izmēģinājumu objektos ir atšķirīgi un kopumā

raksturo bērzu stādījumus bijušo lauksaimniecības zemju platībās (2. tabula). Lielākā audžu krāja konstatēta stādījumos Iecava 1 un Iecava 2, kur tā sasniedz attiecīgi 173,3 un 158,9 m³ ha⁻¹. Vidējā koka augstums izmēģinājumu objektos variē robežās no 7,3 līdz 16,3 m, bet koku skaits – no 1532 līdz 3098 kokiem uz ha.

Somijā izstrādātajos bērzu stādījumu apsaimniekošanas modeļos pirmā krājas kopšana paredzēta, audzei sasniedzot 14 m virsaugstumu, pie nosacījuma, ka ierīkošanas biezums nav lielāks par 2500 kokiem uz ha (Oikarinen, 1983). Ievērojot šo modeļu prasības, var uzskatīt, ka vairākās no mūsu pētījumā iekļautajām audzēm (Iecava 1 un Iecava 2) kopšana ir novēlota, bet stādījums Zantē vēl nav sasniedzis krājas kopšanai nepieciešamos parametrus.

Koku sadalījums pa caurmēra pakāpēm ir modelēts, izmantojot 2 parametru Veibula (*Weibull*) vienādojumu:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left[\left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right) \right], \text{ kur} \quad (1)$$

α – formas parametrs;

2. tabula / Table 2

Audzū taksācijas rādītāji eksperimentālajos objektos
Stand characteristics in experimental sites

Objekts <i>Object</i>	N, gab. <i>Stem number</i>	D _{1,3} , cm <i>DHB, cm</i>	H, m <i>Tree height, m</i>	V _{vid} , m ³ <i>Average stem volume, m³</i>	G, m ² ha ⁻¹ <i>Basal area, m² ha⁻¹</i>	M, m ³ ha ⁻¹ <i>Stand volume, m³ ha⁻¹</i>
Gaigalava	2133	8,81	11,8	0,0401	13,0	85,6
Iecava 1	1496	12,89	16,3	0,1033	19,5	158,9
Iecava 2	3098	9,51	15,4	0,0545	22,0	173,3
Mālpils	1797	9,10	12,0	0,0396	11,7	76,5
Sabile	1532	9,91	12,8	0,0496	11,8	81,0
Ukri	1634	9,91	11,4	0,0445	12,6	79,7
Zante	1730	6,40	7,3	0,0132	5,6	26,7

β – mēroga parametrs.

Veibula sadalījuma kumulāta izsakāma ar sakarību:

$$f(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^a\right] \quad (2).$$

Koku relatīvais īpatsvars katrā caurmēra pakāpē aprēķināts kā divu blakus esošu caurmēra pakāpju kumulātu starpība, proti, populācijas proporcija ar $x > L$ un $x < U$ aprēķināta ar vienādojumu (3) (Clutter *et al.*, 1983).

$$P(L < x < U) = \exp\left[-\left(\frac{L}{\beta}\right)^a\right] - \exp\left[-\left(\frac{U}{\beta}\right)^a\right] \quad (3)$$

Veibula sadalījuma koeficienti aprēķināti katram parauglaukumam, pielietojot datorprogrammu *EasyFit 5.5 Professional*. Iegūtās koeficientu vērtības aproksimētas ar linearizēto funkciju, kā atkarīgos mainīgos izmantojot vidējā koka caurmēru un koku skaitu.

Balstoties uz parauglaukumu datiem, aprēķināta sakarība starp audzes krūšaugstuma caurmēru pirms cirtes un izcērtamo koku krūšaugstuma caurmēru saistībā ar sākotnējo koku skaitu un izcirsto koku īpatsvaru:

$$D_{izc} = a D^b N^c N_{izc}^d, \text{ kur} \quad (4)$$

D_{izc} – audzes izcirstās daļas koku krūšaugstuma caurmērs, cm;

D – audzes krūšaugstuma caurmērs pirms cirtes, cm;

N – audzes koku skaits pirms cirtes, ha⁻¹;

N_{izc} – relatīvais izcirsto koku skaita īpatsvars, %;

a, b, c, d – koeficienti.

Pieņemts, ka koku augstums (augstumlikne) izcirstajiem kokiem ir tāds pats kā audzei pirms ciršanas, tādēļ vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstuma aprēķināšanai izmantota Gafreja (*Gaffrey*) vispārējā augstumlikne (Donis, 2012):

$$H_i = 1,3 + (H_g - 1,3)e^{(a_1(1 - \frac{D_g}{D_i}) + a_2(\frac{1}{D_g} - \frac{1}{D_i}))}, \text{ kur} \quad (5)$$

H_i – koka augstums, m;

H_g – vidējā kvadrātiskā koka augstums, m;

D_i – koka krūšaugstuma caurmērs, cm;

D_g – vidējā kvadrātiskā koka krūšaugstuma caurmērs, cm;

a_1, a_2 – koeficienti ($a_1 = 0,149607$;

$a_2 = 4,310609$).

Koku stubru tilpumi un papīrmalkas sortimentu iznākums aprēķināts ar R. Ozoliņa izstrādāto stubra sortimentācijas prototipu (Ozolins, 2002). Aprēķinos izmantotais papīrmalkas sortimenta garums 3 m un minimālais tievgaļa diametrs bez mizas 6 cm.

Balstoties uz iepriekš izskaitļotā koku sadalījuma pa caurmēra pakāpēm un variējot ar audzes vidējo diametru, augstumu un koku skaitu, aprēķināts papīrmalkas sortimentu iznākums 594 teorētiskās audzēs. Papīrmalkas sortimentu relatīvais iznākums šādās audzēs aproksimēts, izmantojot vienādojumu:

$$Y = \frac{(ab + cD^d)}{(b + D^d)}, \text{ kur} \quad (6)$$

Y – papīrmalkas sortimentu relatīvais iznākums, %;

D – vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs, cm;

a, b, c, d – koeficienti.

Papīrmalkas sortimentu relatīvo iznākumu ietekmē arī koku augstums un skaits, tomēr šo parametru ietekme ir salīdzinoši neliela ($\pm 5\%$), tādēļ tie modelēšanā nav izmantoti. Vienādojuma koeficienti un statistiskie rādītāji aprēķināti, izmantojot datorprogrammu *CurveExpert Professional*.

Modelis sortimentu apjoma aprēķināšanai izveidots datorprogrammā Microsoft Excel 2007. Kā mainīgie lielumi tajā izmantoti:

- audzes šķērslaukums un krāja aprēķināta kā atsevišķu caurmēra pakāpju (2 cm caurmēra grupas) šķērslaukuma un krājas summa;
- atsevišķas caurmēru pakāpes šķērslaukums un krāja aprēķināti kā reizinājums starp koku skaitu caurmēra pakāpē un vidējā koka šķērslaukumu vai krāju;
- pievešanas ceļi izvietoti regulārā tīklā vienmērīgi visā audzē, un audzes taksācijas rādītāji uz pievešanas ceļiem neatšķiras no pārējās audzes;
- papīrmalkas sortimentu iznākums aprēķināts kā papīrmalkas sortimentu relatīvā iznākuma (6. formula) reizinājums ar krāju, pieņemot, ka pievešanas ceļos papīrmalkas sortimentu relatīvais iznākums ir tāds pats kā teorētiskais papīrmalkas sortimentu īpatsvars audzē pirms kopšanas cirtes;
- izcirsto koku skaits vismaz 400 gab. ha⁻¹.

Modeļa validācija veikta, salīdzinot aprēķinu rezultātā iegūto sortimentu iznākumu ar reālo sortimentu iznākumu astoņpadsmit bērzu stādījumu krājas kopšanas parauglaukumos Mālpils, Auces un Iecavas novadā. Minētajos parauglaukumos krājas kopšana veikta, kombinējot divas kopšanas metodes – kopšanu no apakšas un selektīvo kopšanu, kas nozīmē, ka izcirsti ne tikai augšanā atpalikušie koki, bet arī koki ar nepietiekamu stumbra kvalitāti. Parauglaukumus raksturojošie koku vidējie taksācijas rādītāji, kā arī koku skaits pirms un pēc kopšanas apkopoti tabulā (5. tabula).

Kopšanas rezultātā iegūto apaļkoksnes sortimentu tilpums iegūts, pielietojot nošķelta konusa tilpuma formulu un veicot katra sortimenta tievgaļa un resgaļa diametra uzmērīšanu ar precizitāti 1 mm.

Rezultāti un diskusija

Modeļa izveidei pielietoto vienādojumu parametri un to statistiskais novērtējums apkopots tabulās (3. un 4.). Vienādojums papīrmalkas iznākuma no kopējās izcērtamās krājas (6. vienādojums) prognozēšanai raksturojams ar ļoti augstu ticamību – vienādojuma regresijas koeficients ir 0,916 un standartklūda – 0,442 (4. tabula).

Krājas kopšanas galvenais uzdevums ir uzlabot augšanas apstākļus paliekošajiem kokiem, izvācot no audzes bojātos un nekvalitatīvos kokus, kā arī kokus, kas kavē labāko koku augšanu. Jaunaudzēs kopšana veicama neatkarīgi no šajās cirtēs iegūto kokmateriālu realizācijas iespējām (Bisenieks, 2003). Krājas kopšanas ciršu ietekmē samazinās koku dabiskais atmirums un palielinās paliekošo koku pieaugumi (Huuskonen, Hynynen, 2006; Mäkinen, Isomäki, 2004a; Mäkinen, Isomäki, 2004b; Repola *et al.*, 2006). No ekonomiskā viedokļa ir ļoti nozīmīgi, lai pirmajā krājas kopšanā gūtie ienākumi būtu tādi, kas pozitīvi ietekmētu meža vai plantācijas audzēšanas cikla ekonomisko efektivitāti. Pirmās krājas kopšanas cirtes rentabilitāti bērzu audzēs visbiežāk nosaka papīrmalkas iznākums un šobrīd praksē pielietotās krājas kopšanas tehnoloģijas bērzu jaunaudzēs, kur koku dimensijas ir par mazu finierkluču ieguvei un kā vienīgais paredzamais sortiments ir papīrmalkas sagatavošana. Palielinoties

enerģētiskās koksnes cenām un samazinoties enerģētiskās koksnes un papīrmalkas cenu starpībai, iespējams, ka kopšanas tehnoloģijas mainīsies un krājas kopšanas rentabilitāti bērzu jaunaudzēs spēs nodrošināt enerģētiskās koksnes sagatavošana, paredzot

visas izcirstās koksnes savākšanu cirmā. Mūsu darbā izmantotais materiāls un metodika koku sadalījuma pa caurmēra pakāpēm modelēšanai ir pielietojami arī, lai izstrādātu vienādojumu koksnes biomasas ieguvei krājas kopšanā bērzu jaunaudzēs,

3. tabula / Table 3

Veibula vienādojuma (3. formula) parametru vērtības un to statistiskie rādītāji
Parameter values of the Weibull equation and their statistical estimates (Eq. 3)

	Veibula koeficients <i>Coefficient of Weibull</i>	Parametrs <i>Parameter</i>	Vērtība <i>Value</i>	Standartklūda <i>Standard error</i>	p – vērtība <i>p – value</i>	Vienādojuma būtiskums p – vērtība <i>p – value of equation</i>	Korelācijas koeficients r <i>Correlation coefficient r</i>
Audze pirms cirtes <i>Stand before thinning</i>	α	Intercept	0,321	0,07	0,0724	0,075	0,308
		β	0,696	0,006	0,000		
		β^2	-0,033	0,00002	0,076		
	β	Intercept	-0,026	1,531	0,835	0,000	0,999
		$D_{1,3}$	1,066	0,306	0,027		
		N	-0,00003	0,015	0,033		
Izcirstie koki <i>Trees cut</i>	α	Intercept	-2,243	1,009	0,031	0,000	0,658
		$D_{1,3}$	0,194	0,058	0,002		
		Ln (N)	0,643	0,117	0,000		
	β	Intercept	-0,347	0,094	0,001	0,000	0,998
		$D_{1,3}$	1,077	0,011	0,000		
		N	0,00008	0,00002	0,000		

4. tabula / Table 4

Papīrmalkas sortimentu aprēķināšanas vienādojuma (6. formula) parametru vērtības un to statistiskie rādītāji
Model parameters and their statistical estimates of equation for predicting the pulpwood yield (Eq. 6)

Koeficients <i>Coefficient</i>	Vērtība <i>Value</i>	Standartklūda <i>Standard error</i>	Vienādojuma standartklūda <i>Equation standard error</i>	Korelācijas koeficients, r <i>Correlation coefficient, r</i>
a	1,013	0,318	0,442	0,957
b	0,958	0,050		
c	-0,112	0,040		
d	0,203	0,026		

izmantojot attiecīgus, mūsu apstākļos ap-
robētus, vienādojumus koksnes biomasas
aprēķināšanai bērzu jaunaudzēs.

Modelis konstruēts atbilstoši vispār-
pieņemtajam krājas kopšanas principam –
t.s. kopšanai „no apakšas”. Tas arī izskaidro,
kādēļ ar modeli aprēķinātais sortimentu
iznākums lielākoties prognozēts mazāks,
nekā reāli kopšanas laikā iegūtais (5. tabula).

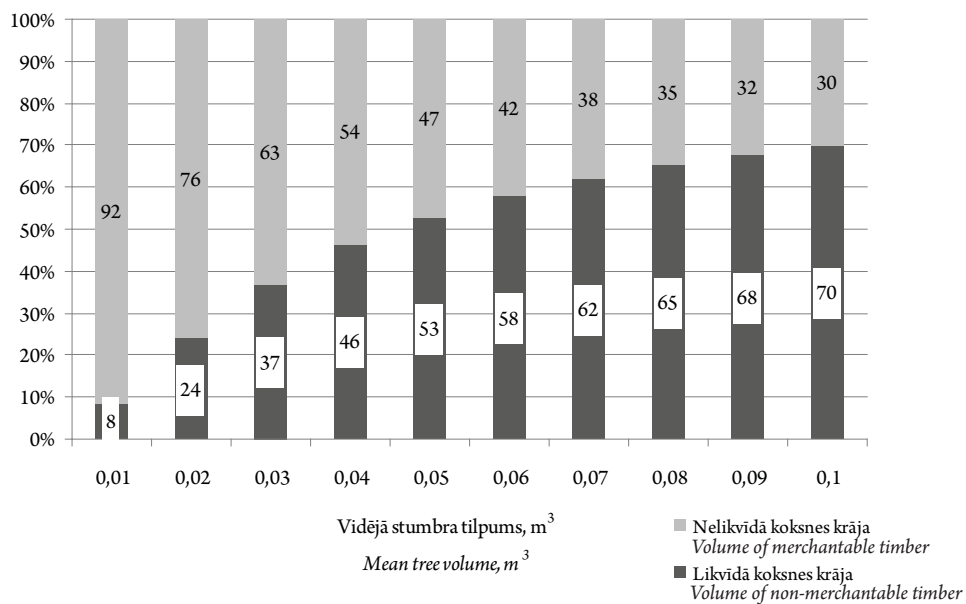
Ņemot vērā to, ka šī gadsimta sākumā
vēl nebija pieejams selekcionēts bērzu
reproduktīvais materiāls nākotnes audzes
kvalitātes uzlabošanai, kopšanas laikā
nereti nācās nozāgēt arī I un II Krafta
klases kokus, kuru īpašības neatbilda
kvalitatīvu apaļkoksnes sortimentu izau-
dzēšanai. Ģenētiski neviendabīga stād-
materiāla pielietošana bērzu stādījumu

5. tabula / Table 5

Aprēķinātā un uzmērītā papīrmalkas tilpuma salīdzinājums bērzu stādījumu kopšanas
izmēģinājumos

Comparison of the calculated and actual volume of pulpwood in experimental plots

Novads Municipality	$D_{1,3}$, cm DBH, cm	H , m Tree height, m	Koku skaits Stem number		Sortimentu tilpums, m^3 Volume of assort- ments, m^3		Kļūda Error	
			Pirms kopšanas Before thinning	Pēc kopšanas After thinning	Uzmē- ritais Actual	Aprē- ķinātais būtiskums Calcu- lated	m^3	%
Iecava	12,3	15,4	1458	640	39,2	40,1	0,88	2,2
Iecava	11,5	15,3	1633	800	32,3	32,5	0,15	0,5
Iecava	9,4	14,8	2417	704	38,3	36,9	-1,43	-3,7
Iecava	9	15,1	2894	880	37,8	35,6	-2,22	-5,9
Iecava	8,6	14,3	3750	1056	40,4	36,9	-3,53	-8,7
Iecava	10,1	15,6	2280	1056	26,7	30	3,34	12,5
Iecava	10,4	16,8	2826	704	72,4	68,8	-3,62	-5,0
Iecava	9,5	15,4	3591	880	60,1	59,2	-0,92	-1,5
Mālpils	9,8	12,4	1664	1000	17,3	11,3	-5,99	-34,6
Mālpils	9,4	12,4	1976	800	30,4	22	-8,43	-27,7
Mālpils	8,6	11,8	1888	1200	8,9	6	-2,92	-32,7
Mālpils	8,5	11,3	1544	800	11,7	8,6	-3,11	-26,6
Mālpils	9,3	12,4	1680	1200	9,7	5,1	-4,57	-47,3
Auce	10,2	11,6	1544	800	18,3	16,3	-2,00	-10,9
Auce	10,5	12,1	1606	1000	18,0	12,3	-5,69	-31,6
Auce	9,6	11,3	1638	1200	7,6	4,7	-2,88	-38,0
Auce	9,8	11,6	1713	800	24,1	18,3	-5,83	-24,2
Auce	9,5	10,7	1750	1000	17,0	10,7	-6,26	-36,9



1. attēls. Papīrmalkas iznākums proporcionāli krājas kopšanā izcērtamajai koksnes krājai bērzu jaunaudzēs saistībā ar vidējo koka tilpumu.

Figure 1. Pulpwood yield in proportion of the volume recovered in thinning young birch stands depending on the mean tree volume.

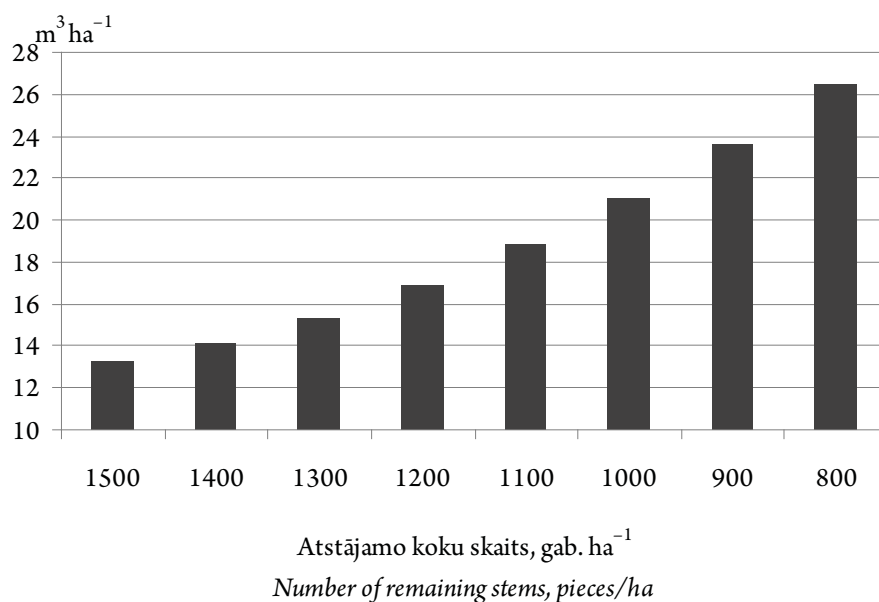
ierīkošanā apgrūtināta sortimentu iznākuma prognozēšanu kopšanas cirtēs. Modeļa precizitātes uzlabošanai būtu ieviešamas korekcijas, kas ļautu prognozēt sortimentu iznākumu saistībā ar audzes kvalitāti, kuras novērtēšanas procedūra gan varētu sarežģīt modeļa pielietojumu, jo šādā gadījumā būtu nepieciešams audzes novērtējums dabā. Šobrīd modeļa pielietojumam, lai aptuveni noteiktu iegūstamo sortimentu apjomu, nepieciešami ievades dati iegūstami no meža inventarizācijas materiāliem.

Audzēs taksācijas rādītāju ietekmes novērtēšanai uz papīrmalkas sortimentu iznākumu krājas kopšanas cirtēs analizēts modeļa jutīgums. Analīzes veikšanai izmantoti šādi bāzes taksācijas rādītāji: vidējā koka augstums – 12 m, vidējais diametrs – 10 cm, koku skaits audzē pirms kopšanas –

2000 koki uz ha, koku skaits pēc kopšanas – 1200 koki uz ha, pievešanas ceļu īpatsvars – 20 %. Ar modeļa palīdzību prognozēts papīrmalkas iznākums, variējot ar taksācijas rādītāju vērtībām.

Koku dimensiju ietekme uz papīrmalkas relatīvo iznākumu no kopējās izcērtamās krājas apjoma aplūkojama 1. attēlā. Bērzu audzēs, kur vidējā koka tilpums ir 0,01 m³, papīrmalkas iznākums ir niecīgs – tikai 8 % no izcērtamās koksnes. Pieaugot stumbru dimensijām, papīrmalkas iznākums palielinās – saskaņā ar mūsu datiem audzēs, kur vidējā koka tilpums ir 0,1 m³, 70 % no izcērtamās koksnes atbilst papīrmalkas sagatavošanas parametriem.

Krājas kopšanā iegūstamās papīrmalkas apjoms un līdz ar to arī kopšanas rentabilitāte pieaug, palielinoties ciršanas



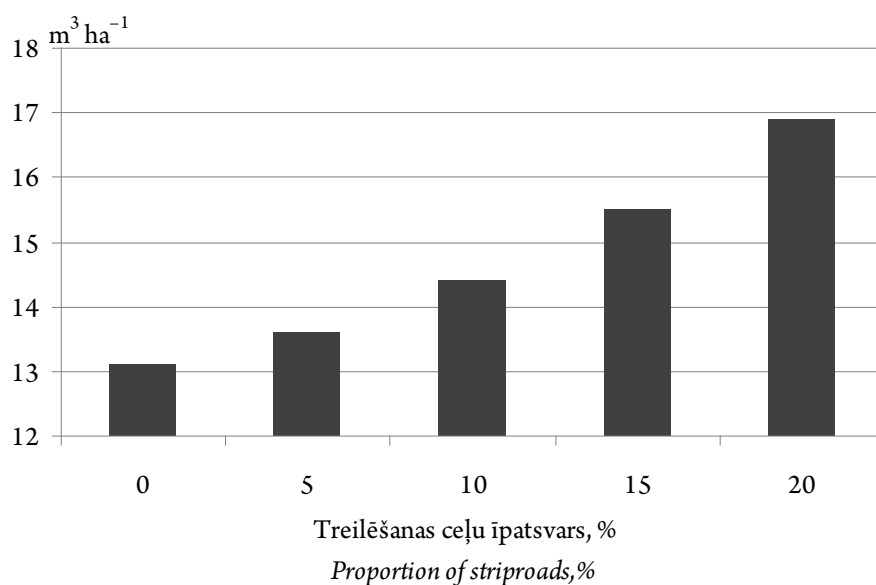
2. attēls. Papīrmalkas iznākums saistībā ar kopšanas intensitāti (atstājamo koku skaits).
Figure 2. Pulpwood yield depending on thinning intensity (number of remaining trees).

intensitātei (2. att.). Šobrīd, kamēr vēl pilnībā nav izpētīta kokaudzes reakcija uz dažādas intensitātes kopšanas cirtēm, rezultāti par iegūstamo sortimentu apjomu vērtējami kā informatīvi. Pastāv risks, ka pie pārāk lielas kopšanas intensitātes paliekošo koku krājas pieaugums nākotnē nespēs kompensēt izcirsto koku krāju, un kopējie ieņēmumi audzes apsaimniekošanas ciklā būs mazāki. Pētījumus par bērzu audžu apsaimniekošanas optimizēšanu ir jāturpina, noskaidrojot dažādas kopšanas intensitātes ietekmi uz koku augšanas gaitu un vitalitāti, kā arī audžu noturību un koksnes kvalitāti.

Kokmateriālu transportam paredzētais pievešanas ceļu tīkls, kas ierīkots veicot pirmo krājas kopšanu, ļauj palielināt iegūstamo sortimentu apjomu un uzlabot kopšanas rentabilitāti. Iegūstamās papīrmalkas apjoms pie atšķirīga pievešanas ceļu īpatsvara aplūkojams 3. attēlā. Uz pievešanas ceļiem

izcērtamo koku dimensijas ir lielākas, jo pārējā audzes daļā tiek cirsti augšanā atpalikušie koki, no kuriem sortimentu iznākums ir mazāks. Mūsu dati rāda, ka papīrmalkas iznākums krājas kopšanā ir aptuveni par ceturto daļu lielāks, ja kopšanas laikā ierīkoti pievešanas ceļi aizņem 20 % no audzes platības.

Vairāki meža īpašnieki un arī mezsaimnieki negatīvi vērtē faktu, ka pievešanas ceļu ierīkošanai daļa mežaudzes tiek nocirsta krājas kopšanas laikā, jo tas var samazināt gala izmantošanā iegūstamo audzes krāju. Latvijā iepriekš veiktajos pētījumos Lazdāns (2005) konstatējis, ka savlaicīga blīva pievešanas ceļu tīkla ierīkošana mežaudzēs, vienlaicīgi ar pirmo kopšanas ciršu izpildi, nerada audzes krājas zudumus galvenās cirtes vecumā. Minētie pētījumi, kas veikti uz ilglaicīgo eksperimentālo objektu uzmērījumu bāzes gan skuju, gan



3. attēls. Papīrmalkas iznākums saistībā ar pievešanas ceļu īpatsvaru.

Figure 3. Pulpwood yield depending on the proportion of striproads (per cent of striproads from total stand area).

lapu koku mežaudzēs, apstiprina intensīvas krājas kopšanas tehnoloģiju pielietošanas priekšrocības un noliedz šo metožu negatīvo ietekmi uz audzes turpmāko attīstību.

Lazdiņš u.c. rekomendē pievešanas koridorus atzīmēt jau pirms stādījumu ierīkošanas un šo platību atstāt neapstrādātu un neapstādītu (Lazdiņš *et al.*, 2011). Mūsu pētījumā veiktā sortimentu iznākuma

modelēšana bērzu stādījumos liecina, ka pirmajā krājas kopšanā no ierīkotajiem pievešanas ceļiem iegūstamā koksne ļauj uzlabot kopšanas rentabilitāti apstākļos, kad krājas kopšana ir nepieciešama audzes produktivitātes uzlabošanai, bet iegūstamo sortimentu apjoms ir neliels un to realizācija ne vienmēr sedz kopšanas izmaksas.

Secinājumi

1. Pētījuma ietvaros izveidots papīrmalkas īpatsvara aprēķinu modelis, ar kura palīdzību prognozējams papīrmalkas iznākums, veicot pirmo krājas kopšanu bērzu stādījumos bijušo lauksaimniecības zemju platībās.
2. Aprēķinu modelis izmantojams aptuvena papīrmalkas iznākuma prognozēšanai bērzu stādījumos, veicot krājas kopšanu „no apakšas”.
3. Modeļa pielietošanu bērzu stādījumu apsaimniekošanas plānošanā ierobežo informācijas trūkums par atšķirīgas intensitātes kopšanas pasākumu ietekmi uz koku pieaugumiem un vitalitāti, kā arī audžu noturību un koksnes kvalitāti.

Pateicība: pētījums veikts Eiropas Reģionālās attīstības fonda (ERAF) finansētā projekta „Bērza koksnes plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas tehnoloģiju izstrāde” (Nr. 2010/0319/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/136) ietvaros. Modelis papīrmalkas īpatsvara aprēķināšanai pirmajā krājas kopšanā bērzu stādījumos lauksaimniecības augsnēs *Excel* formātā bez maksas ielādējams LVMI „Silava” mājas lapā:
<http://www.silava.lv/23/section.aspx/View/127>.

Literatūra

- Ahtikoski, A., Päätaalo, M.-L., Niemistö, P., Karhu, J., Poutiainen, E. (2004). Effect of alternative thinning intensities on the financial outcome in silver birch (*Betula pendula* Roth) stands: a case study based on long-term experiments and MOTTI stand simulations. *Baltic Forestry*, 10, 46-55.
- Bisenieks, J. (2003). Kopšanas cirte. -Broks, J. (red.). *Meža enciklopēdija*. Rīga, 145. lpp.
- Bisenieks, J. (2005). Meža galveno koku sugu kopšans ciršu modeļi. Pārskats par Meža attīstības fonda finansētā pētījuma izstrādi. Līguma Nr. 150405/C-106, Salaspils, 69 lpp.
- Clutter, J.L., Fortson, J.C., Pienaar, L.V., Brister, G.H., Bailey, R.L. (1983). *Timber management: A quantitative approach*. John Wiley & Sons, Inc, New York, 333.
- Daugaviete, M., Krūmiņa, M. (2001). Bērza (*Betula pendula*) ieaugšanās un augšana pētījumu stādījumos dažādās lauksaimniecības zemju augsnēs. *Mežzinātne*, 11, 13.-51. lpp.
- Donis, J. (2012). Latvijas meža resursu ilgtspējīgas, ekonomiski pamatotas izmantošanas un prognozēšanas modeļu izstrāde. Salaspils, 67 lpp.
- Huuskonen, S., Hynynen, J. (2006). Timing and intensity of precommercial thinning and their effects on the first commercial thinning in Scots pine stands. *Silva Fennica*, 40, pp. 645-662.
- Koku sugu īpatsvars 2009. gadā ieaudzētajās platībās Latvijā. Valsts meža dienests (2011). [WWW dokuments]. – <http://www.vmd.gov.lv/index.php?sadala=368&id=144&ord=20> [izdrukāts 2011. gada 3. februārī].
- Lazdāns, V. (2005). Meža augšanas gaitas modeļu izstrāde un intensīvu tehnoloģiju pielietošana krājas kopšanas cirtēs Latvijas mežos. Pārskatas par līgumdarba izpildi. LVMI Silava, Salaspils, 79 lpp.
- Lazdiņš, A., Lazdiņa, D., Daugaviete, M., Makovskis, K. (2011). Dabiski apmežojušos lauksaimniecības zemju apsaimniekošana. LVMI Silava, Salaspils, 36 lpp.
- Liepiņš, K. (2007). First-year height growth of silver birch in farmland depending on container stock morphological traits. *Baltic Forestry*, 13: 54-60.
- Liepiņš, K. (2011). Kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) jaunaudzū augšanas gaita stādījumos lauksaimniecības augsnēs Latvijā. *Mežzinātne*, 23, 3.-14. lpp.
- Liepiņš, K., Liepiņš, J. (2009). Tehnoloģiski atšķirīgi audzēta dažādas izcelsmes kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) stādmateriāla pirmās sezonas augšanas rādītāji stādījumos

Latvijā un Lietuvā. LLU Raksti, 318, 57.-67. lpp.

Maike, P. (1953). Bērza kultūru augšanas gaita tīruma augsnēs. Mežsaimniec. probl. instit. raksti, 4, 43.-73. lpp.

Mäkinen, H., Isomäki, A. (2004a). Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry*, 77: 349-364.

Mäkinen, H., Isomäki, A. (2004b). Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of Scots pine trees. *Forest Ecology and Management*, 203: 21-34.

Oikarinen, M. (1983). Etelä-Suomen Viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 113: 1-75.

Ozolins, R. (2002). Forest stand assortment structure analysis using mathematical modelling. *Forestry Studies|Metsanduslikud Uurimused*, 37: 33-42.

Pilvere, I. (2012). Potential of utilised agricultural area for bioenergy production: the case of Latvia. *AASRI Procedia*, 2: 134-141.

Repola, J., Hökkä, H., Penttilä, T. (2006). Thinning intensity and growth of mixed spruce-birch stands on drained peatlands in Finland. *Silva Fennica*, 40: 83-99.