

## Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) sēkļu plantāciju un kontrolēto krustojumu pēcnācēju koksnes mitruma atšķirības

Zane Lībiete-Zālīte<sup>1\*</sup>, Āris Jansons<sup>1\*\*</sup>

Lībiete-Zālīte, Z., Jansons, Ā. (2011). Differences in wood moisture between the seed orchard and controlled crosses progeny of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Mežzinātne 24(57): 78–92.

**Kopsavilkums.** Koksnes kā atjaunojama energoresursa izmantošana kļūst arvien nozīmīgāka kontekstā ar siltumnīcas efekta gāzu apjoma samazināšanas mērķiem, kā arī veicinot enerģētisko neatkarību un nodarbinātību lauku reģionos. Viens no nozīmīgākajiem faktoriem, kas nosaka šī koksnes izmantošanas veida efektivitāti, ir materiāla mitrums. Tāpat koksnes mitrums ietekmē enerģijas patēriņu tās žāvēšanas procesā, sagatavojot materiālu tālākai pārstrādei.

Pētījuma mērķis – novērtēt priedes koksnes mitrumu ziemas miera periodā jaunaudzēs vecuma kokiem un ģenētisko faktoru ietekmi uz šo rādītāju.

Pētījumā izmantotie dati ievākti 2009./2010. gada ziemas sezonā divos pētījumu objektos: 1) parastās priedes pirmās kārtas sēkļu plantāciju vidējo paraugu pārbaūžu stādījumā Vidusdaugavas mežsaimniecības Vecumnieku iecirknī (56°41' Z.p., 24°27' A.g.) 27 gadu vecumā (130 paraugkoki no 8 plantāciju un 1 mežaudzes pēcnācējiem) un 2) parastās priedes kontrolēto krustojumu pārbaūžu stādījumā Meža pētišanas stacijas Kalsnavas mežu novadā (56°40' Z.p., 25°57' A.g.) 38 gadu vecumā (51 paraugkoks no 7 krustojumiem). Koksnes absolūtais un relatīvais mitrums noteikts atbilstoši LVS CEN/TS 14774-2 standartam.

Konstatēts, ka parastās priedes stādījumos jaunaudzēs vecumā sausieņu mežos ziemas miera periodā stumbra koksnes absolūtais mitrums svārstās no 90 % līdz 222 %, bet relatīvais mitrums – no 47 % līdz 69 %; zaru koksnes absolūtais mitrums – no 59 % līdz 176%, bet relatīvais mitrums – no 37 % līdz 64 %. Konstatēta statistiski būtiska, taču neliela koka dimensiju (caurmēra, augstuma) ietekme uz stumbra apakšējās daļas absolūto un relatīvo mitrumu. Izvēloties katrā variantā kokus ar līdzīgām dimensijām, nav konstatēta būtiska tieša genotipa (kontrolētā krustojuma ģimenes) ietekme uz stumbra vai zaļo zaru koksnes mitrumu, tomēr konstatētas statistiski būtiskas stumbra koksnes mitruma rādītāju atšķirības starp Ugāles priežu klonu pēcnācējiem un to krustojumu pēcnācējiem, kuros ietverti Kalsnavas priežu kloni.

**Nozīmīgākie vārdi:** koksnes īpašības, kontrolētie krustojumi, plantāciju pēcnācēji.

•••

---

<sup>1</sup> LVMI "Silava", Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija;

\* e-pasts: zane.libiete@silava.lv, \*\* e-pasts: aris.jansons@silava.lv

Libiēte-Zālīte, Z.<sup>2\*</sup>, Jansons, Ā.<sup>2\*\*</sup>. **Differences in wood moisture between the seed orchard and controlled crosses progeny of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.).**

**Abstract.** In recent years wood as a renewable source of energy is increasingly used in the region around the Baltic Sea. This trend is expected to continue to meet the European Union targets in reducing the use of fossil fuels and greenhouse gas emissions, and increasing employment opportunities in rural areas. In order to satisfy the growing demand for energy wood, utilization of logging slash in thinning young stands is expected to increase.

Wood moisture is known to be among the major factors determining the efficiency of wood for energy production. Moisture is also an important factor in further processing of wood like determining the energy consumption in drying.

Aim of the given study was to determine the absolute and relative wood moisture in young Scots pine plantations during the winter season and establish if there were genetically determined differences for this trait between the stock of similar origin.

Field data for this study were collected during the 2009/2010 winter in two sites: 1) progeny trial of Scots pine first stage (phenotypic) seed orchards, located in the Vecumnieki District of the Vidusdaugava Forestry (N: 56°41' E: 24°27'), at the age of 27 years, including altogether 130 sample trees from 8 orchards and 1 forest stand; 2) control-crossed progeny trial of Scots pine clones (plus trees) from 2 locations, one Ugāle (western part of Latvia) and the other in the Forest Research Station Kalsnava district (eastern part of Latvia) (N: 56°40' E: 25°57'), at the age of 38 years, including altogether 51 sample tree from 7 controlled crosses. The absolute and relative wood moisture was determined following Standard LVS CEN/TS 14774-2.

According to the results of the study, in winter the absolute moisture of stemwood from young Scots pine stands on dry mineral soils ranged from 90 % to 222 %, with that of relative moisture from 47 % to 69 %; the same indices for branchwood were from 59 % to 176 %, and from 37 % to 64 %, respectively. Statistically significant, but small influence of tree dimensions (height, breast height diameter) on the wood moisture was also found. When analysing in each of controlled crosses the data for trees with similar dimensions, the differences between stem- or branchwood moisture (representing the influence of genetic factors) were not significant. However, there was a statistically significant difference between the moisture of stemwood of the Ugāle pine clone progeny and the progeny of those crosses made by using the pine clones from Kalsnava.

Significant differences in absolute moisture of stem- and branchwood were found between the trials with the moisture lower for the progeny of controlled crosses.

---

<sup>2</sup> Latvian State Forest Research Institute "Silava", 111 Rīga str., Salaspils, LV-2169, Latvia,

\*e-mail: zane.libiēte@silava.lv, \*\* e-mail: aris.jansons@silava.lv

The results of the study reveal no substantial possibilities for affecting the trait of wood moisture in the course of tree breeding, at the same time no significant negative influence of tree breeding practices on the wood moisture were found.

**Key words:** wood traits, controlled crosses, seed orchard progeny.

•••

Либiete-Залите, З. <sup>3\*</sup>, Янсонс, А. <sup>3\*\*</sup> **Различия содержания влажности в древесине потомков семенных плантаций и контролируемых скрещиваний сосны обыкновенной.**

**Резюме.** Актуальной целью местного использования древесины как возобновляемого энергоресурса является снижение объема вредных производственных выбросов, а также способствование установлению энергетической независимости и созданию новых рабочих мест в регионах Латвии. Одним из более важных факторов, определяющих эффективность использования этого вида топлива, является влажность материала. Влажность древесины также влияет на потребление энергии в процессе её сушения при подготовке к дальнейшей переработке.

Цель исследования – оценить уровень влажности в древесине сосны молоднякового возраста в зимнем периоде покоя и влияние генетических факторов на этот показатель.

Данные исследования собраны зимой 2009/2010 г.г. в двух экспериментальных объектах: в испытательном насаждении средних образцов потомков семенных плантаций первой степени сосны обыкновенной (56°41' С.ш., 24°27' В.д.) в возрасте 27 лет (130 пробных деревьев из потомков 8 плантаций и 1 лесного насаждения), и в испытательном насаждении контролируемых скрещиваний сосны обыкновенной (56°40' С.ш., 25°57' В.д.) в возрасте 38 лет (51 пробное дерево из 7 скрещиваний). Абсолютная и релятивная влажность древесины определены согласно стандарту LVS CEN/TS 14774-2.

Установлено, что в насаждениях молоднякового возраста сосны обыкновенной на суходолах, в зимнем периоде покоя абсолютная влажность древесины ствола колеблется в пределах от – 90 % до 222 %, но релятивная влажность – от 47 % до 69 %; абсолютная влажность древесины ветвей от 90% до 222%, релятивная влажность – от 47 % до 69 %. Определено статистически существенное, но небольшое влияние толщины и высоты деревьев на абсолютную и релятивную влажностей нижней части ствола. Проверив в каждом варианте деревьев, схожих по размерам, не установлено значимое непосредственное влияние генотипа (семьи контролируемого скрещивания) на влажность ствола и зелёных ветвей. В то

---

<sup>3</sup> ЛГИА «Силава», ул. Ригас 111, Саласпилс, LV-2169, Латвия;

\* эл. почта: zane.libiete@silava.lv, \*\* эл. почта: aris.jansons@silava.lv

же время были обнаружены статистически существенные различия показателей влажности стволной древесины между потомками клонов сосен из Угале и потомками тех скрещиваний, к которым относятся клоны из Каалсnavы.

**Ключевые слова:** влажность древесины, контролируемые скрещивания, потомки семенных плантаций.

### Ievads

Pēdējā laikā pasaulē pastiprināta uzmanība tiek pievērsta atjaunojamās enerģijas resursu izmantošanai. Tai ir pozitīva nozīme vairākos aspektos: 1) ietaupās fosilie energoresursi, 2) samazinās izmešu daudzums atmosfērā, augsnē un ūdenī, 3) atjaunojamie resursi ļauj dažādot enerģijas ieguves veidus un avotus, izmantojot vietējos resursus un tādējādi paaugstinot energoapgādes drošību un samazinot atkarību no enerģijas importa; 4) atjaunojamo energoresursu izmantošana ļauj samazināt politiskos, vides un ekonomiskos riskus, kas pastāv uz fosiliem energoresursiem balstītā energoapgādes sistēmā; 5) tā kā atjaunojamie energoresursi lielākoties ir vietējas izcelsmes, tiek veicināta reģionu attīstība – radītas jaunas darbavietas, aktivizējas norises lauksaimniecībā, mežsaimniecībā, apstrādes rūpniecībā un ar atjaunojamo energoresursu tehnoloģijām saistītā pētniecībā; 6) atjaunojamie energoresursi ir viens no galvenajiem līdzekļiem, lai izpildītu Ženēvas konvencijas “Par gaisa piesārņojuma robežšķērsojošo pārnesei lielos attālumos” (UNECE, 1979, Latvija pievienojusies 1994. gadā), kā arī ANO Vispārīgās konvencijas par klimata pārmaiņām (UNFCCC, 1992, Latvija ratificējusi 1995. gadā) un tās Kioto protokolā (UNFCCC, 1998, Latvija ratificējusi

2002. gadā) noteiktās prasības.

Latvijas enerģijas apgādē atjaunojamo energoresursu īpatsvars tradicionāli ir bijis nozīmīgs, un 2008. gadā tas sastādīja 29,9 % no kopējā enerģijas patēriņa (LR Ekonomikas ministrija, 2010). Eiropas Komisijas direktīva Nr. 2009/28/EC paredz, ka līdz 2020. gadam atjaunojamo energoresursu īpatsvaram Latvijā jāsasniedz 40 % (Eiropas Komisija, 2009).

Nozīmīgākais atjaunojamais energoresurs Latvijā ir koksne – vairāk nekā 80 % no kopējā atjaunojamo resursu apjoma (LR Ekonomikas ministrija, 2010). Prasība par koksnes biomasas īpatsvara sabalansētu palielināšanu enerģētikā ir fiksēta piektās Ministru konferences „Par mežu aizsardzību Eiropā” rezolūcijā, uzsverot nepieciešamību nostiprināt meža nozares pozīcijas starpnozaru diskusijās par enerģētiku, paplašinot viedokļu apmaiņu un vairojot izpratni par vietējiem resursiem, pašreizējo meža nozares potenciālu un ieguvumiem no kurināmās koksnes izmantošanas (Forest Europe, 2007). Pastāvīgi pieaugošā ekonomiskā un politiskā spiediena rezultātā pieprasījums pēc koksnes, kā enerģijas avota, arvien palielinās gan Eiropas valstīs, gan citur pasaulē (Tahvanainen and Forss, 2008; Nurmi and Lehtimäki, 2010; Zhang and Polyakov, 2010; Joshi and Mehmood, 2011; Yoshida *et al.*, 2010).

Enerģētiskās koksnes ieguvei izmantojami kopšanas cirtēs un īscirtmeta plantācijās iegūtie koksnes resursi, ciršanas atliekas (tajā skaitā celmi) un kokzāģēšanas atlikumi (skaidas, koksnes atgriezumi, mizas). Kokskaidu granulu ražošanā tradicionāli izmanto zāgu skaidas, tomēr to apjoms ir ierobežots, tādēļ, piemēram, Norvēģijā tiek meklēti alternatīvi risinājumi un pētītas iespējas ražot granulas no priežu papīrmalkas (Filbakk *et al.*, 2011). Ziemeļeiropā, tajā skaitā Latvijā, parastā priede ir viena no izplatītākajām koku sugām, attiecīgi arī enerģētiskās koksnes ieguvē priežu koksnes īpatsvars ir ievērojams.

Neatkarīgi no tālākās pielietošanas veida ļoti nozīmīgs rādītājs ir izmantojamās koksnes mitrums, kas saistīts gan ar koksnes mehāniskajām un fizikālajām īpašībām, gan arī žāvēšanai nepieciešamo enerģijas patēriņu un pārrēķina koeficientiem apaļo kokmateriālu un šķeldu uzskaitē. Latvijas Lauksaimniecības universitātes Meža fakultātē projekta „Meža resursu ilgtspējīgas apsaimniekošanas plānošanas lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēma” ietvaros 2010. gadā uzsākti kompleksi pētījumi par priedes, egles, bērza un apses stumbru koksnes un mizas mitruma un blīvuma izmaiņām, kā arī par pārrēķina koeficientiem no masas uz tilpuma vienībām malkai un lietkoksnēi (Līpiņš *u.c.*, 2011).

Jo lielāks koksnes sākotnējais mitrums, jo ilgāks laiks pirms turpmākās pārstrādes patērējams žāvēšanai, un līdz ar to jau enerģētiskās koksnes sagatavošanas gaitā tiek patērēts ievērojams daudzums

enerģijas. Žāvējot koksni termiski, mitruma aizvadišanai patērētā enerģija sastāda lielāko daļu no sākotnējā koksnes enerģētiskā potenciāla (Fyhr and Rasmuson, 1997). Ūdens aizvadišana, izmantojot mehāniskas kompresijas metodes, ļauj samazināt laika un enerģijas patēriņu, tomēr minēto metožu ieviešana ražošanā ir sarežģīta (Haygreen, 1981; Haygreen, 1982; Liu and Haygreen, 1985).

Zināms, ka vienas un tās pašas sugas koku koksnes īpašības lielā mērā nosaka iedzimtība. Pieejama virkne pētījumu par ģenētisko faktoru ietekmi uz koku dimensijām, koksnes blīvumu un dažādu biomasas frakciju iznākumu, tomēr koksnes mitrums atsevišķi parasti netiek analizēts, kaut arī tas tiešā veidā ietekmē tālākās pārstrādes izmaksas un efektivitāti. Mūsu pētījuma mērķis – noskaidrot, kāda ir ģenētisko faktoru ietekme uz saimnieciski nozīmīgākās Latvijas koku sugas – parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) – koksnes mitruma rādītājiem jaunaudzēs vecumā.

### Materiāls un metodika

Pētījumā izmantotie dati ievākti 2009./2010. gada ziemas sezonā divos pētījumu objektos: 1) parastās priedes (*Pinus sylvestris*) plantāciju vidējo paraugu pārbaužu stādījumā Zvirgzdē, kas ierīkots 1986. gadā ar trīsgadīgiem stādiem (Nr. 19) un 2) parastās priedes (*Pinus sylvestris*) kontrolēto krustojumu pārbaužu stādījumā Kalsnavā, kas ierīkots 1975. gadā ar trīsgadīgiem stādiem (Nr. 22). Abu stādījumu sākotnējais biežums 5000 koki ha<sup>-1</sup>, stādījumos nav veiktas kopšanas cirtes. Pirmajā objektā analizēti

130 paraugkoki no 9 variantiem (viens mežaudzes – ZVI – un astoņi sēklu plantāciju pēcnācēji) un otrajā objektā – 51 paraugkoks no 7 variantiem (kontrolētie krustojumi) (1. tabula).

Koki nozāgēti, izmērīts to krūšaugstuma caurmērs un augstums, tad izzāgēti diski koksnes mitruma noteikšanai – stumbra koksnei 1 m augstumā no sakņu kakla un turpmāk ik pēc 1/5 no

atlikušā koka garuma, sekcijas numurējot virzienā no stumbra pamatnes uz augšu, bet zariem – no nejauši izvēlēta zara sauso zaru zonā un no resna zaļā zara katrā vainaga ceturtdaļā. Otrajā objektā (Nr. 22) paraugkokiem ņemts tikai vidējais dzīvo zaru paraugs no vainaga vidusdaļas, tādēļ analizē salīdzinātas vidējās zaru mitruma vērtības. Zaru paraugi ņemti vismaz 5 cm attālumā no koka stumbra un to garums

1. tabula, Table 1

Analizēto pētījumu objektu un variantu raksturojums  
*Characteristics of the study sites and variants*

Objekta Nr. * Trial No *	Paraugkoku grupa Group of sample trees	Sāsinājums Abbreviation	Paraugkoku skaits Number of sample trees	
19	Sēklu plantācija Seed orchard	Andumi (57°9', 22°42')	AND	11
		Ēdole (57°1', 21°41')	ĒDO	13
		Istra (56°14', 27°58')	IST	18
		Kvēpene (57°17', 25°13')	KVĒ	14
		Olaine (56°47', 23°52')	OLA	12
		Raiskums (57°16', 25°6')	RAI	17
		Ranka (57°9', 26°15')	RAN	21
	Tadaine (56°10', 26°7')	TAD	12	
	Mežaudze Stand	Zvirgzde (56°39', 24°28')	ZVI	12
22	Kontrolētais krustojums Controlled crossing	U8 × U4	43	12
		U10 × U4	64	7
		K3 × U4	73	7
		K3 × U10	79	6
		K3 × K18	81	10
		K18 × U4	83	6
		K18 × K3	90	3

\* Numurs Ilglaicīgo pētniecisko objektu reģistrā / Number in Register of long term forest trials

Audze – mežaudze / Stand – forest stand;

Sēklu plantācijām norādīts nosaukums un atrašanās vietas ģeogrāfiskās koordinātas (Z.p., A.g.) / Seed orchards described by name and geographical location (N. lat., E. long.);

U-Ugale, K-Kalsnava; plašāka informācija par kontrolētajiem krustojumiem: / more information about controlled crosses can be found in: Baumanis, Jansons, 2004.

ir ne mazāks par 10 cm. Katrai stumbra un zaru sekcijai noteikts koksnes absolūtais un relatīvais mitrums, atbilstoši LVS CEN/TS 14774-2 standartam. Stumbra mitruma analīze veikta atsevišķi pirmajai, otrajai un trešajai stumbra sekcijai, jo informācija par ceturtais un piektās sekcijas mitrumu bija iegūstama tikai no dažiem otrā pētījumu objekta kokiem.

Pētījumā salīdzinātas koku dimensijas un mitruma rādītāji gan starp pašiem objektiem, gan arī variantiem objektu ietvaros. Nav veikta tieša iegūtā materiāla izpēte ar molekulārās ģenētikas metodēm. Ģenētisko faktoru ietekme vērtēta netieši, analizējot pazīmes vērtību atšķirības ģenētiski saistītu (radniecīgu) koku grupām.

Salīdzinājums veikts arī pa variantu kombinācijām. Pirmajā pētījumu objektā (Nr. 19) salīdzinātas sēkļu plantācijas ar mežaudzi – Kvēpenes un Raiskuma sēkļu plantācijas pēcnācēji, kuru produktivitāte ir augstākā, ar pārējiem. Otrajā pētījumu objektā (Nr. 22) salīdzinātas kontrolēto krustojumu kombinācijas, kurās ietverti Kalsnavas kloni ar tām, kurās to nav.

Datu atbilstība normālajam sadalījumam stumbra un zaru sekciju ietvaros pārbaudīta ar Kolmogorova-Smirnova testu. Tā kā vairākās sekcijās koksnes mitruma vērtības atšķirās no normālā sadalījuma (Kolmogorova-Smirnova testa  $p$ -vērtība  $< 0,05$ ), to salīdzināšanai lietots Manna-Vitneja  $U$  tests un Kruskala-Valisa tests, kas ir alternatīvas metodes  $t$ -testam un vienfaktora dispersijas analīzei un var tikt pielietotas neatkarīgi no datu sadalījuma veida. Koka dimensiju ietekme uz mitruma rādītājiem novērtēta ar lineārās

regresijas analīzi.

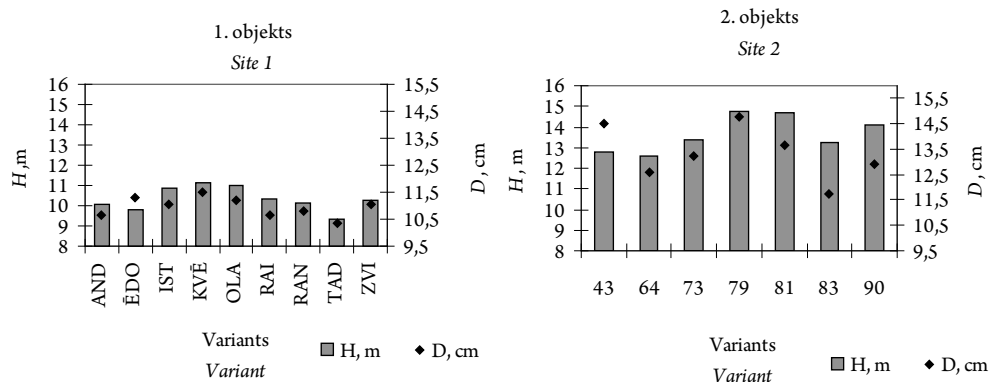
Pirmajā pētījumu objektā (Nr. 19) analizēto koku augstums svārstās no 6,6 m līdz 13,3 m, vidējā vērtība  $10,4 \pm 0,11$  m. Otrajā pētījumu objektā (Nr. 22) analizēto koku augstums svārstās no 10,6 m līdz 17,4 m, vidējā vērtība  $13,6 \pm 0,19$  m. Pirmajā pētījumu objektā analizēto koku krūšaugstuma caurmērs svārstās no 5,4 cm līdz 16,2 cm, vidējā vērtība  $10,9 \pm 0,18$  cm. Otrajā pētījumu objektā analizēto koku krūšaugstuma caurmērs svārstās no 8,3 cm līdz 21,7 cm, vidējā vērtība  $13,5 \pm 0,31$  cm. (1. attēls)

### Rezultāti un diskusija

#### *Mitruma rādītāju atšķirības starp pētījumu objektiem un koku dimensijām*

Pētījumu objektā Nr. 19 (visas sekcijas) stumbra koksnes absolūtais mitrums svārstās no 90 % līdz 222 %, bet relatīvais mitrums – no 47 % līdz 69 %. Objektā Nr. 22 (visas sekcijas) absolūtā mitruma daudzuma amplitūda ir no 79 % līdz 178 %, bet relatīvā mitruma – no 44 % līdz 64 %. Vidējās absolūtā mitruma vērtības zariem pirmajā objektā svārstās no 59 % līdz 176 %, bet relatīvā mitruma vērtības – no 37 % līdz 64 %. Otrajā pētījumu objektā absolūtā mitruma vērtību amplitūda zariem ir no 111 % līdz 160 %, bet relatīvā mitruma – no 53 % līdz 62 %.

Pirmās, otrās un trešās stumbra sekcijas absolūtais un relatīvais mitrums starp pētījumu objektiem ir būtiski atšķirīgs (visos gadījumos Manna-Vitneja  $U$  testa  $p = 0,000$ ), otrajā objektā kontrolēto krustojumu mitrumi ir būtiski mazāki (2. attēls), taču tas var būt saistīts arī



1. attēls. Koku dimensiju atšķirības starp variantiem pētījumu objektos.

Figure 1. Tree dimension differences between variants in both study sites.

Paskaidrojums / Legend: ■ – H, m; ◆ – D, cm.

ar stādījumu vecuma atšķirībām, jo pēc 30 gadiem priedei sāk veidoties kodols, kura koksne ir ievērojami sausāka nekā aplievā.

Zaļo zaru vidējais absolūtais mitrums starp pētījumu objektiem atšķiras būtiski (Manna-Vitneja U testa  $p = 0,048$ ); otrajā objektā kontrolēto krustojumu absolūtais mitrums ir būtiski mazāks. Zaru vidējais relatīvais mitrums starp pētījumu objektiem būtiski neatšķiras (Manna-Vitneja U testa  $p > 0,05$ ).

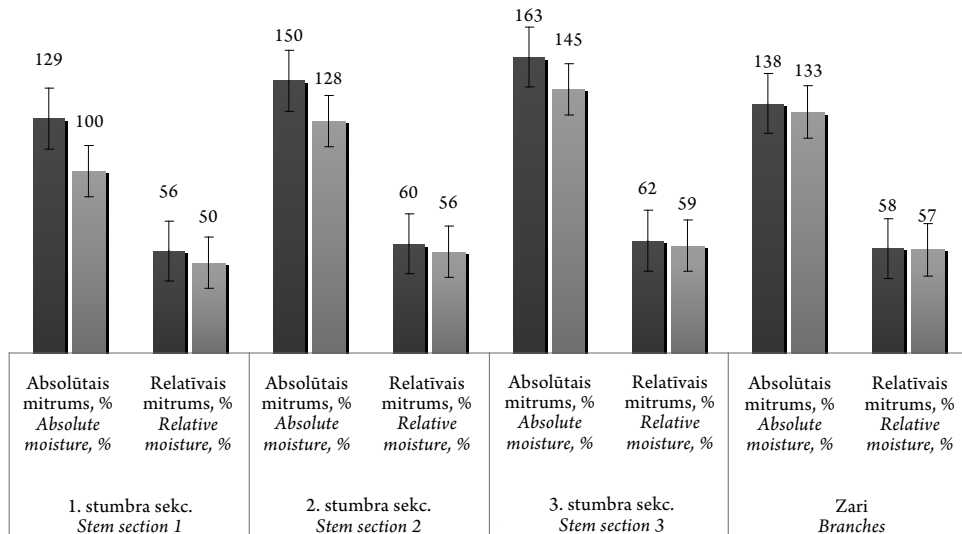
Jāatzīmē, ka pētījumu objektos novērotās absolūtā mitruma vērtības, salīdzinot ar literatūras datiem, ir augstas, sevišķi pirmajā pētījumu objektā. Piemēram, Arvids Kalniņš (1947) norādījis, ka februārī tikko cirstas priedes koksnes absolūtais mitrums ir 129 %, bet prof. Vaņina

(1950) minētie skaitļi ir vēl mazāki – 122–123 % (novembrī, decembrī un janvārī). Citur minēts, ka augošas priedes aplievas mitrums var sasniegt aptuveni 120 % (Kokins, 1977).

Pirmā objekta 2., 3. stumbra sekcijā un zaru paraugos konstatēta būtiska koka dimensiju (gan krūšaugstuma caurmēra, gan augstuma) ietekme uz absolūto un relatīvo mitrumu. Lai gan korelācija ir nozīmīga, tomēr tā ir vāja un modelis visos gadījumos izskaidro ļoti nelielu daļu no mitruma rādītāju svārstībām. (2. tabula)

Otrajā pētījumu objektā secināts, ka stumbra sekciju mitruma rādītājus ietekmējis koka augstums. Pirmajā un trešajā stumbra sekcijā konstatēta vāja augstuma sakarība ar absolūto un relatīvo mitrumu, bet otrajā stumbra sekcijā – vidēji





2. attēls. Absolūtā un relatīvā mitruma atšķirības pa pētījumu objektiem un stumbra sekcijām.

Figure 2. Absolute and relative moisture differences between the sites and among stem sections.

Paskaidrojums / Legend: ■ – 1. objekts / Site 1; □ – 2. objekts / Site 2.

cieša sakarība. Otrajā objektā koka caurmēra ietekme ne uz stumbra, ne zaru mitruma rādītājiem netika konstatēta.

*Mitruma rādītāju atšķirības starp variantiem un to kombinācijām pētījumu objekta ietvaros*

Pirmajā pētījumu objektā netika konstatētas būtiskas absolūtā un relatīvā mitruma atšķirības starp variantiem ne stumbra sekcijās, ne arī vidēji zaļajiem zariem. Visos gadījumos Kruskala-Valisa testa *p*-vērtība bija > 0,05.

Otrajā objektā rezultāti bija atšķirīgi. Pirmajā stumbra sekcijā konstatētas būtiskas absolūtā un relatīvā mitruma atšķirības starp kontrolēto krustojumu variantiem (Kruskala-Valisa testa *p*-vērtības 0,000).

Lielākās absolūtā un relatīvā mitruma vērtības pirmajā stumbra sekcijā novērotas kontrolēto krustojumu variantos 43 (Ugāle) un 83 (Kalsnava × Ugāle). Būtiskas atšķirības fiksētas arī otrajā stumbra sekcijā (*p*-vērtība absolūtajam mitrumam 0,001, relatīvajam mitrumam 0,000) un trešajā stumbra sekcijā (*p*-vērtība absolūtajam mitrumam 0,016, relatīvajam mitrumam 0,008). Otrajā un trešajā stumbra sekcijā lielākās absolūtā un relatīvā mitruma vērtības konstatētas kontrolēto krustojumu variantiem Nr. 43 (Ugāle), 64 (Ugāle) un 83 (Kalsnava × Ugāle). (3. attēls)

Lai noteiktu tieši ģenētisko faktoru ietekmi uz koksnes mitrumu, no visiem otrajā pētījumu objektā analizētajiem

2. tabula, Table 2

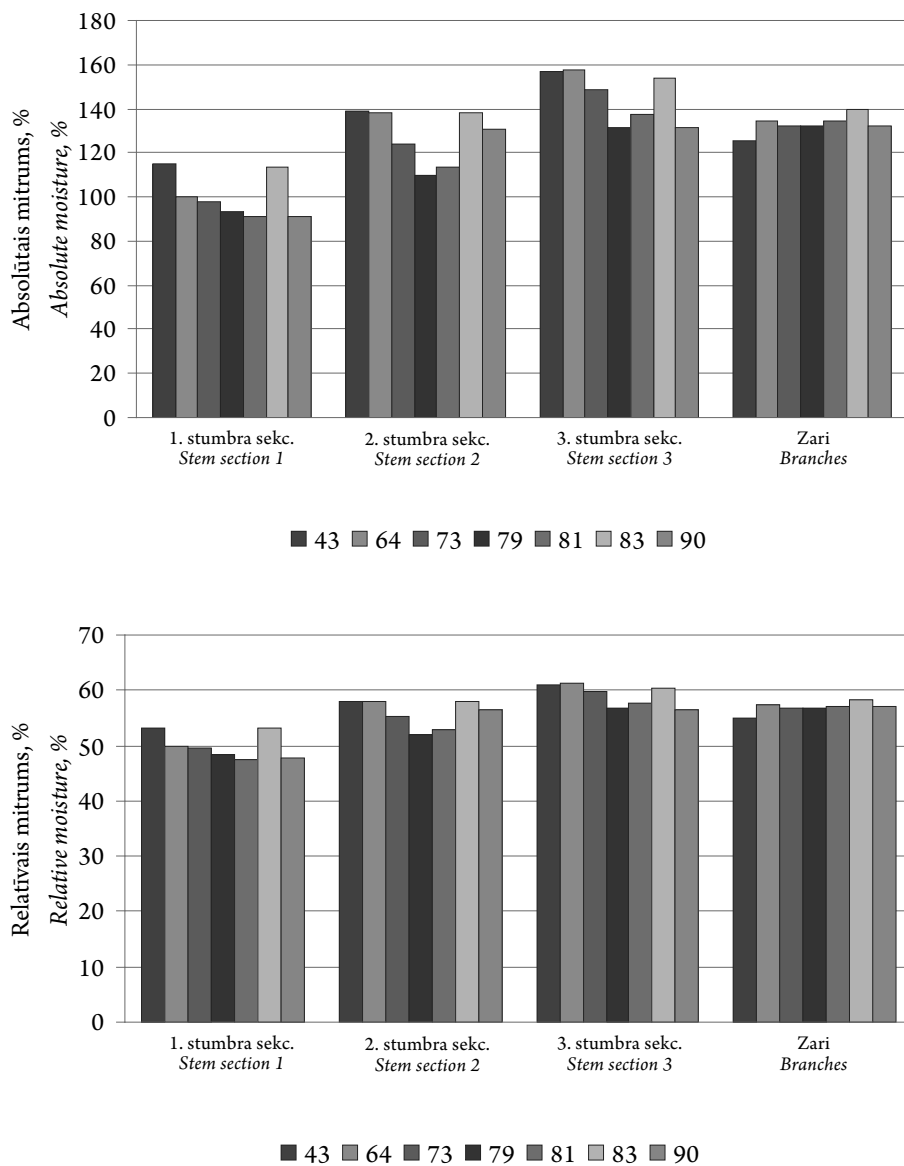
Koka dimensiju ietekme uz mitruma rādītājiem atsevišķās sekcijās –  
 lineārās regresijas analīzes rezultāti  
*The impact of tree dimensions on the moisture content for stem- and branchwood:  
 results of linear regression analysis*

Objekts Site	Seksija Section	Mitruma rādītājs Moisture index	H			D		
			R	R <sup>2</sup>	p	R	R <sup>2</sup>	p
1. pētījumu objekts Site 1	1.st. seksija Stem sect. 1	Absolūtais / Absolute	0,122	0,015	0,165	0,103	0,011	0,245
		Relatīvais / Relative	0,119	0,014	0,178	0,113	0,013	0,200
	2.st. seksija Stem sect. 2	Absolūtais / Absolute	0,189	0,036	0,031	0,302	0,091	0,000
		Relatīvais / Relative	0,180	0,032	0,041	0,278	0,077	0,001
	3.st. seksija Stem sect. 3	Absolūtais / Absolute	0,190	0,036	0,030	0,263	0,069	0,003
		Relatīvais / Relative	0,187	0,038	0,033	0,245	0,060	0,005
Zari Branches	Absolūtais / Absolute	0,281	0,079	0,001	0,286	0,082	0,001	
	Relatīvais / Relative	0,269	0,072	0,002	0,253	0,064	0,004	
2. pētījumu objekts Site 2	1.st. seksija Stem sect. 1	Absolūtais / Absolute	0,415	0,172	0,002	0,016	0,0003	0,909
		Relatīvais / Relative	0,424	0,180	0,002	0,022	0,0005	0,877
	2.st. seksija Stem sect. 2	Absolūtais / Absolute	0,537	0,288	0,000	0,213	0,045	0,134
		Relatīvais / Relative	0,532	0,283	0,000	0,211	0,044	0,138
	3.st. seksija Stem sect. 3	Absolūtais / Absolute	0,277	0,077	0,049	0,088	0,008	0,538
		Relatīvais / Relative	0,277	0,077	0,049	0,102	0,010	0,477
Zari Branches	Absolūtais / Absolute	0,114	0,013	0,427	0,070	0,005	0,625	
	Relatīvais / Relative	0,113	0,013	0,431	0,062	0,004	0,667	

Apzīmējumi / legend: H – augstums / height, D – caurmērs / breast height diameter.

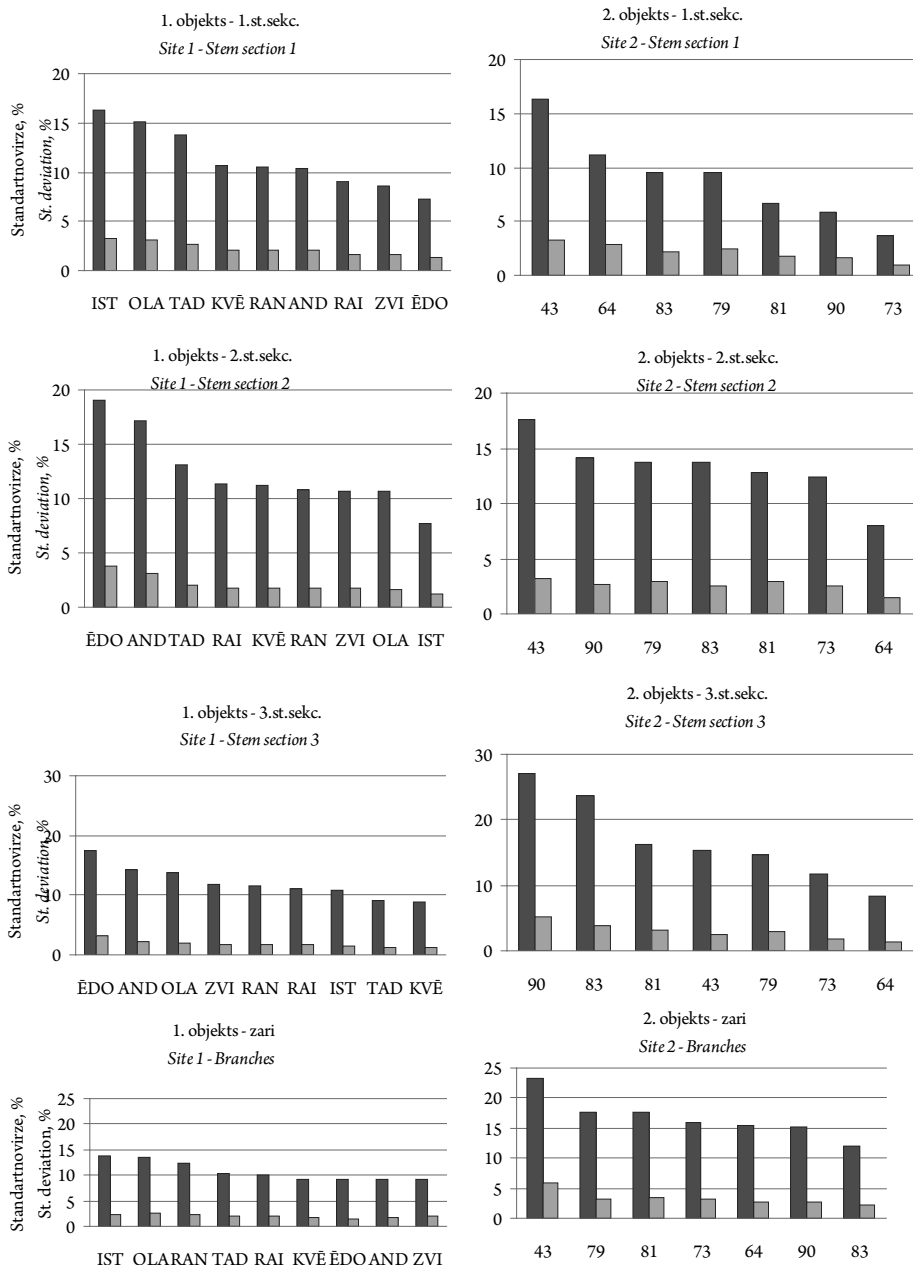
atlasīti koki ar līdzīgām dimensijām un pārbaudīts, vai variantam ir būtiska ietekme uz koksnes mitruma vērtībām. Šādā veidā pārbaudītas arī atšķirības starp kontrolēto krustojumu variantiem Nr. 43, 64, 73, 79, 81 un 83. Noskaidrots, ka pie līdzīgām koku dimensijām koksnes absolūtais un relatīvais mitrums nevienā no analizētajām stumbra sekcijām, kā arī zaļo zaru paraugā būtiski neatšķiras (visos gadījumos Kruskala-Valisa testa  $p$ -vērtība > 0,05).

Izpētes gaitā novērtēta arī mitruma vērtību izkliede variantu ietvaros atsevišķi katrā pētījumu objektā. Noskaidrots, ka visās stumbra sekcijās, izņemot pirmo, mitruma vērtības viena varianta ietvaros vairāk svārstīgas ir otrajā pētījumu objektā, respektīvi, iegūtie dati neapstiprina pieņēmumu, ka ģenētiski ciešāk saistīto kontrolēto krustojumu mitruma izkliede viena varianta ietvaros ir mazāka nekā sēklu plantāciju pēcnācējiem (4. attēls).



3. attēls. Absolūtā un relatīvā mitruma atšķirības pa variantiem otrajā pētījumā objektā (Nr. 22).

Figure 3. Absolute and relative moisture differences among variants in study site 2 (No. 22).



4. attēls. Absolūtā un relatīvā mitruma standartnoviržu vērtības pa variantiem pirmajā un otrajā pētījumā objektā.

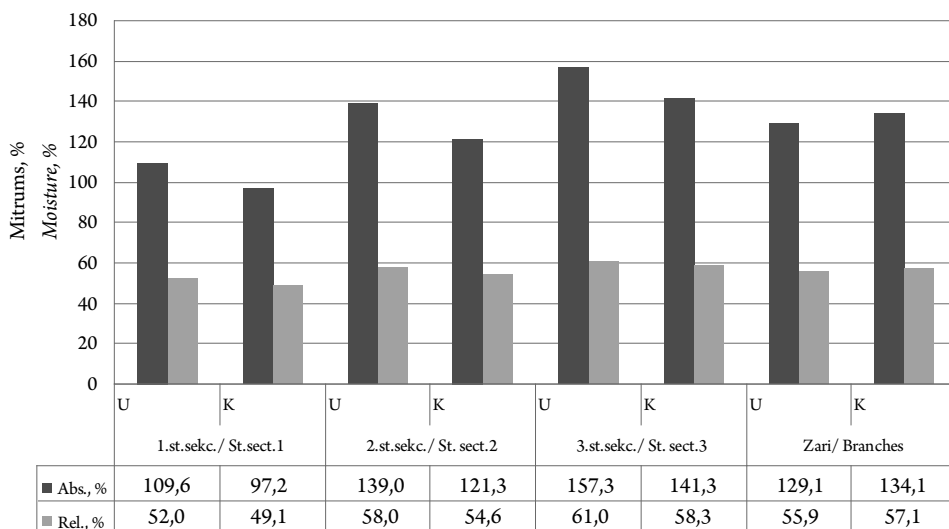
Figure 4. Values of standard deviation for absolute and relative moisture in all variants in both study sites. Paskaidrojums / Legend: ■ – Absolūtajam mitrumam / Absolute moisture; □ – Relatīvajam mitrumam / Relative moisture

Pirmajā pētījumu objektā lielākā mitruma rādītāju izkliede konstatēta Istras, Olaines, Ēdoles un Andumu sēklu plantāciju pēcnācējiem. Skaitliski lielākās absolūtā un relatīvā mitruma standartnoviržu vērtības šajā objektā ir kokiem, kas izcēlušies no Ēdoles sēklu plantācijas. Otrajā pētījumu objektā noskaidrots, ka lielākā mitruma rādītāju izkliede ir kontrolētajos krustojumos Nr. 43, 90 un 83, no tiem skaitliski lielākās absolūtā un relatīvā mitruma vērtības konstatētas kontrolētajam krustojumam Nr. 90.

Salīdzinot mitruma rādītājus pa iepriekš definētajām variantu kombinācijām (plantācijas – mežaudze, Kvēpenes plantācija – pārējās plantācijas; Raiskuma plantācija – pārējās plantācijas; Kvēpenes+Raiskuma plantācijas – pārējās

plantācijas), pirmajā objektā nevienā no stumbra sekcijām un zaru paraugiem būtiskas atšķirības netika konstatētas, visos gadījumos Manna-Vitneja testa  $p$ -vērtība  $> 0,05$ .

Otrajā pētījumu objektā visās stumbra sekcijās konstatētas būtiskas mitruma rādītāju atšķirības starp Ugāles klonu pēcnācējiem un tiem krustojumiem, kuros ietverti Kalsnavas kloni (pirmajai stumbra sekcijai gan absolūtajam, gan relatīvajam mitrumam  $p$ -vērtība ir 0,001; otrajai stumbra sekcijai gan absolūtajam, gan relatīvajam mitrumam  $p = 0,000$  un  $p = 0,000$ , trešajai stumbra sekcijai  $p = 0,002$  absolūtajam mitrumam un  $p = 0,001$  relatīvajam mitrumam). Visos gadījumos Ugāles klonu pēcnācēju mitruma rādītāji bija lielāki. (5. attēls)



5. attēls. Mitruma rādītāju atšķirības pa krustojumu kombinācijām otrajā pētījumu objektā (U – Ugāles klonu krustojumi; K – krustojumi ar Kalsnavas kloniem).

Figure 5. Moisture differences between crossing combinations in study site 2 (U – Ugale clone crossings; K – crossings with Kalsnava clones).

### Secinājumi

1. Parastās priedes stādījumos jaunaudzēs (vecums 27 un 38 gadi) ziemas miera periodā stumbra koksnes absolūtais mitrums svārstās no 90 % līdz 222 %, bet relatīvais mitrums – no 47 % līdz 69 %; zaru absolūtais mitrums – no 59 % līdz 176 %, bet relatīvais mitrums – no 37 % līdz 64 %.
2. Konstatēta statistiski būtiska, taču neliela koka dimensiju (caurmērs, augstums) ietekme uz stumbra apakšējās daļas absolūto un relatīvo mitrumu.
3. Izvēloties katrā variantā kokus ar līdzīgām dimensijām, būtiska un tieša genotipa (kontrolētā krustojuma ģimenes) ietekme uz stumbra vai zaļo zaru koksnes mitrumu nav konstatēta, tomēr noteiktas statistiski būtiskas stumbra koksnes mitruma rādītāju atšķirības starp Ugāles klonu pēcnācējiem un tiem krustojumiem, kuros ietverti Kalsnavas priežu kloni.

### Literatūra

- Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējā Konvencija par klimata pārmaiņām. (1995). [WWW dokuments] – URL: <http://www.likumi.lv/doc.php?id=209850> [izdrukāts 2011. gada 12. septembrī].
- Atjaunojamo energoresursu izmantošanas pamatnostādnes 2006.–2013. gadam. (2006). LR Vides ministrija. [WWW dokuments] – URL: [http://www.vidm.gov.lv/files/text/VIDMPamn\\_201006\\_AERPamn.pdf](http://www.vidm.gov.lv/files/text/VIDMPamn_201006_AERPamn.pdf) [izdrukāts 2011. gada 12. septembrī].
- Baumanis, I., Jansons, Ā.** (2004). Priežu klonu hibrīdo pēcnācēju novērtējums. *Mežzinātne*, 14(47), 28.–37. lpp.
- Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. (1979). [WWW dokuments] – URL: <http://www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1979.CLRTAP.e.pdf> [izdrukāts 2011. gada 12. septembrī].
- Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council. (2009). [WWW dokuments] – URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF> [izdrukāts 2011. gada 15. septembrī].
- Filbakk, T., Jirjis, R., Nurmi, J., Høibø, O.** (2011). The effect of bark content on quality parameters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) pellets. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3342–3349.
- Fyhr, C., Rasmuson, A.** (1997). Some aspects of the modelling of wood chips drying in superheated steam. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 40, 2825–2842.
- Haygreen, J. G.** (1981). Potential for comparison drying of green wood chip fuel. *Forest Products Journal*, 31(8), 43–54.
- Haygreen, J. G.** (1982). Mechanics of compression drying solid wood cubes and chip mats. *Forest Products Journal*, 32(10), 30–38.

- Informatīvais ziņojums "Latvijas Republikas rīcība atjaunojamās enerģijas jomā Eiropas Parlamenta un Padomes 2009. gada 23. aprīļa direktīvas 2009/28/EK par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu un ar ko groza un sekojoši atceļ Direktīvas 2001/77/EK un 2003/30/EK ieviešanai līdz 2020. gadam". (2010). LR Ekonomikas ministrija. [WWW dokuments] – URL: [http://www.em.gov.lv/images/modules/items/EMZino\\_111010\\_AER%281%29.pdf](http://www.em.gov.lv/images/modules/items/EMZino_111010_AER%281%29.pdf) [izdrukāts 2011. gada 12. septembrī].
- Joshi, O., Mehmood, J. S.** (2011). Factors affecting nonindustrial private forest landowners' willingness to supply woody biomass for bioenergy. *Biomass and Bioenergy*, 35, 186–192.
- Kalniņš, A.** (1947). Mežsaimniecības un kokrūpniecības produktu pārbaude. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga, 319 lpp.
- Kokins, L.** (1977). Koksnes mitrums un tā samazināšana žāvēšanas procesā. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība*, 4, 35.–40. lpp.
- Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (1998). [WWW dokuments] – URL: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> [izdrukāts 2011. gada 15. septembrī].
- Liu, Z., Haygreen, J. G.** (1985). Drying rates of wood chips during compression drying. *Wood and Fiber Science*, 17, 214–227.
- Līpiņš, L., Sarmulis, Z., Millers, M.** (2011). Cik blīva un mitra ir Latvijas koksne? *Baltijas koks* Nr. 4, 8.-9. lpp.
- Nurmi, J., Lehtomäki, J.** (2010). Debarking and drying of downy birch (*Betula pubescens*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) fuelwood in conjunction with multi-tree harvesting. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3376–3382.
- Tahvanainen, T., Forss, E.** (2008). Individual tree models for the crown biomass distribution of Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. *Forest Ecology and Management*, 255, 455–467.
- Vaņins, S.** (1950). Koksnes zinātne. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga, 464 lpp.
- Warsaw Resolution 1. Forests, Wood and Energy (2007). Forest Europe [WWW dokuments] – URL: [http://www.foresteurope.org/filestore/foresteurope/Conferences/Varsaw/warsaw\\_resolution\\_1.pdf](http://www.foresteurope.org/filestore/foresteurope/Conferences/Varsaw/warsaw_resolution_1.pdf) [izdrukāts 2011. gada 19. septembrī].
- Yoshida, T., Sasaki, H., Takano, T., Sawabe, O.** (2010). Dewatering of high-moisture wood chips by roller compression method. *Biomass and Bioenergy*, 34, 1053–1058.
- Zhang, D., Polyakov, M.** (2010). The geographical distribution of plantation forests and land resources potentially available for pine plantations in the U.S. South. *Biomass and Bioenergy*, 34, 1643–1654.