

Projekta "Meža resursu ilgtspējīgas apsaimniekošanas plānošanas lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēma", līguma Nr. 2010/0208/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/146

izstrādes metodika

Projekta apakšaktivitāte: Stumbra koksnes un mizas mitruma, blīvuma un pārrēķina koeficientu noteikšana

Pirmo reizi Latvijā tiks iegūta informācija par koksnes un mizas mitruma un blīvuma sadalījumu nocirsto koku stumbros, to izmantošanas paņēmieniem apaļo kokmateriālu kvantitatīvā un kvalitatīvā vērtēšanā, lietojot īpaši šim nolūkam projekta aktivitātes izpildes laikā izstrādātu programmatūru.

Četrām plašāk izplatītajām koku sugām (parastā priede, parastā egle, bērzs, apse) trīs līdz četri plašāk pārstāvētos meža augšanas apstākļu tipos, paredzēts noteikt šādus rādītājus:

1. koksnes un mizas mitrumu dažādās stumbra vietās tā šķēsgriezumā un garenvirzienā:
 - 1.1. atšķirīgām augšanas vietām un meža augšanas apstākļu tiptiem,
 - 1.2. gada mēnešiem,
 - 1.3. pa vecuma grupām;
2. koksnes un mizas blīvumu dažādās stumbra vietās:
 - 2.1. atšķirīgām augšanas vietām un meža augšanas apstākļu tiptiem,
 - 2.2. gada mēnešiem,
 - 2.3. pa vecuma grupām;
3. vidējos mitruma un blīvuma rādītājus koksnei un mizai, dažādos meža augšanas apstākļu tipos:
 - 3.1. svaigi cirstā stāvoklī,
 - 3.2. pie standartmitruma (12 %),
 - 3.3. sausā stāvoklī;
4. pārrēķina koeficientu vērtības svaigi cirstai koksnei kokmateriālu kvantitatīvai raksturošanai pēc masas metodes, ievērojot:
 - 4.1. gada mēnesi,
 - 4.2. koksnes un mizas blīvumu,
 - 4.3. kokmateriālu caurmēru,
 - 4.4. mizas nobrāzuma pakāpi,
 - 4.5. citus kokmateriālu masu ietekmējušos faktorus .

1. Parauglaukumu izvēle un paraugripu sagatavošana

Pētījuma ietvaros Latvijas Republikas teritorija tiks sadalīta rietumu un austrumu daļā. Rādītāju noteikšanai paraugripas no koku stumbriem paredzēts iegūt divas reizes mēnesī.

Perauglaukumi tiek iekārtoti katrai koku sugai raksturīgākajos meža augšanas apstākļu tipos (skat. 1. tabulu). Vadoties pēc Valsts meža dienesta datiem, parastajai priedei raksturīgākie augšanas apstākļu tipi ir: damaksnis, lāns, mētrājs, mētru ārenis un mētru kūdrenis. Parastajai eglei plašāk pārstāvētie meža augšanas apstākļu tipi ir: damaksnis, vēris un mētru ārenis. Bērzs ir plašāk pārstāvēts divos meža augšanas apstākļu tipos: damaksnī un

vērī, bet tā kā bērzs ir plaši izplatīta suga, parauglaukumi tiks ierīkoti arī mētru ārenī, šaurlapu ārenī, mētru kūdrenī un šaurlapu kūdrenī. Apsei parauglaukumi tiks ierīkoti damaksnī, vērī, gāršā un šaurlapu ārenī.

1. tabula

Koku sugu krājas sadalījums pa meža augšanas apstākļu tiem

Meža augšanas apstākļu tips	Koku suga							
	Priede		Egle		Bērzs		Apse	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
Sausieņi								
Sils	5611298	2,30	12559	0,01	39149	0,02	718	0,00
Mētrājs	20862957	8,55	21234	0,02	92889	0,06	942	0,00
Lāns	46243017	18,94	463269	0,51	740631	0,46	17152	0,07
Damaksnis	74296748	30,43	26577152	29,51	27772588	17,26	2188631	8,85
Vēris	968966	0,40	32480776	36,07	38688656	24,05	14056809	56,81
Gārša	41710	0,02	2085377	2,32	5468630	3,40	3644424	14,73
Slapjaini								
Grīnis	7626344	3,12	2011	0,00	15791	0,01	72	0,00
Slapjais mētrājs	13000479	5,32	4856099	5,39	9017380	5,60	368089	1,49
Slapjais damaksnis	119234	0,05	2898899	3,22	9240338	5,74	963495	3,89
Slapjais vēris	8676	0,00	364570	0,40	1815130	1,13	292150	1,18
Slapjā gārša	6579434	2,69	20709	0,02	143562	0,09	444	0,00
Purvaini								
Purvājs	14335807	5,87	1087820	1,21	8510768	5,29	14973	0,06
Niedrājs	103878	0,04	755614	0,84	9818563	6,10	32114	0,13
Dumbrājs	3324	0,00	61444	0,07	574988	0,36	5528	0,02
Liekņa	700989	0,29	2315	0,00	19353	0,01		
Āreni								
Viršu ārenis	9186919	3,76	94853	0,11	245538	0,15	1933	0,01
Mētru ārenis	18401659	7,54	7467307	8,29	11753906	7,31	763019	3,08
Šaurlapu ārenis	196904	0,08	4204492	4,67	12268664	7,63	2024993	8,18
Platlapju ārenis	3154757	1,29	4989	0,01	123136	0,08	29	0,00
Kūdrēni								
Viršu kūdrenis	6093406	2,50	86382	0,10	738464	0,46	4404	0,02
Mētru kūdrenis	15972296	6,54	3881587	4,31	11302132	7,02	113264	0,46
Šaurlapu kūdrenis	166593	0,07	2572363	2,86	12344782	7,67	247990	1,00
Platlapju kūdrenis	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Lai izvērtētu klimatisko un augšanas apstākļu ietekmi, parauglaukumi tiks izraudzīti visā Latvijas teritorijā.

Katru mēnesi katrai koku sugai parauglaukumus ierīko vienreiz krājas kopšanas cirtes vecumu sasniegušās mežaudzēs un divas reizes ciršanas vecumu sasniegušās mežaudzēs. Pirmo reizi no 1. datuma līdz 15. datumam, bet otro reizi no 16. datuma līdz 30. (31.) datumam. Veģetācijas periodā vienā parauglaukumā paraugripas sagatavo divas reizes dienā

(rīta un vakara pusē). Izvēloties mežaudzi, kurā tiek ierīkoti parauglaukumi, jāņem vērā arī audzes sastāvs un pārējie audzi raksturojošie dati (skatīt 2. tabulu).

2. tabula

Mežaudžu inventarizācijas dati

NPK	Paraug-laukums	Koku suga	MAAT	Sugu sastāvs	Bonitate	Augstums, m	Caurmērs, cm	Vecums, gadi	Biezība
1									
2									
3									
4									

Šīs tabulas lauciņus aizpilda, vadoties pēc meža inventurizācijas datiem izvēlētajai mežaudzei, kurā notiks meža izstrāde. Parauglaukums jāierīko audzē, kuras sastāvā ir vismaz 60 % izvēlētā koku suga.

Parauglaukumu iekārto vienā hārvestera izstrādes slejā, kura vislabāk reprezentē visu audzi, un pētāmās koku sugas koku skaits tajā nebūtu mazāks kā 50. Paraugkoku izvēli iespējams uzsākt tikai pēc visu koku apsekošanas visā parauglaukumā. Katru parauglaukumā atbilstošās koku sugas koku numurē. Tāpat katram kokam ar dastmēru uzmēra caurmēru krūšu augstumā (pie 1,3 metriem). Pēc tam datus apkopo pa caurmēra grupām tabulā (skatīt 3. tabulu).

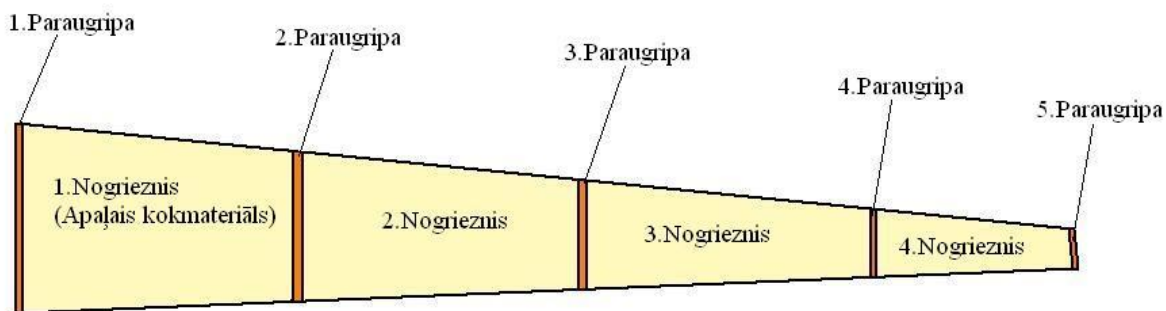
3. tabula

Parauglaukuma koku sadalījums pa caurmēra grupām centimetros

[illegible]

Ierīkotajā parauglaukumā ar noteiktu soli pēc vienmērīga izvietojuma principa izvēlas 10 paraugkokus, no kuriem tiks iegūtas paraugripas (veģetācijas periodā 14 paraugkokus), tos sadalot proporcionāli koku skaita sadalījumam caurmēra grupās. Šos paraugkokus ar krāsu iezīmē.

Cirsmas izstrādes laikā no katra paraugkoka tiek sagatavotas ripas. Paraugripas tiek ņemtas, sākot no stumbra resgaļa pie 0 metriem, tālāk pēc katra apaļā kokmateriāla nogriežņa (skatīt 1. attēlu). Katra nogriežņa garums metros tiek iegūts no hārvestera mērījumiem ar precizitāti ar divām zīmēm aiz komata un dati tiek ierakstīti tabulā (skatīt 4. tabulu).



1. att. Paraugripu izvēle

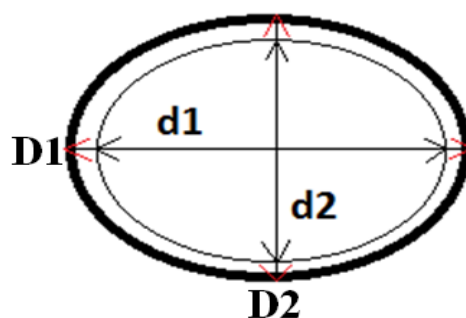
4. tabula

Paraugkoku nogriežņu garumi starp paraugripām

Ripas numurs	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.	Koks nr.
	Nogriežņu garums, m (ar divām zīmēm aiz komata)									
1. un 2. ripu										
2. un 3. ripu										
3. un 4. ripu										
4. un 5. ripu										
5. un 6. ripu										
6. un 7. ripu										
7. un 8. ripu										
8. un 9. ripu										
9. un 10. ripu										

Paraugripas tiek zāģētas biezumā no 3 līdz 8 centimetriem. Pēc paraugripas nozāģēšanas tās tiek marķētas ar diviem cipariem. Pirmais cipars norāda uz paraugkoka numuru, bet otrais cipars uz paraugripu secību stumbra tievgaļa virzienā. Sanumurētās paraugripas tiek ievietotas atsevišķā plastmasas maisā. Maisu aizsien un nogādā tālākai paraugripu apstrādei.

Tālākā paraugripu apstrādē tām ar digitālo bīdmēru tiek uzmērīts ripas biezums milimetros četrās vietās no kā tiek aprēķināts vidējais ripas biezums. Ripas caurmēru milimetros uzmēra ar mērlenti divos savstarpēji perpendikulāros virzienos gan ar mizu, gan bez mizas (skatīt 2. attēlu). Paraugripas svaigi cirstā stāvoklī tiek svērtas uz elektroniskajiem svariem ar precizitāti līdz vienam gramam. Iegūtos datus apkopo 5. tabulā. Turpmākā darbība ir segmentu (paraugu) sagatavošana.



2. att. Ripas caurmēra uzmērīšanas shēma

5. tabula

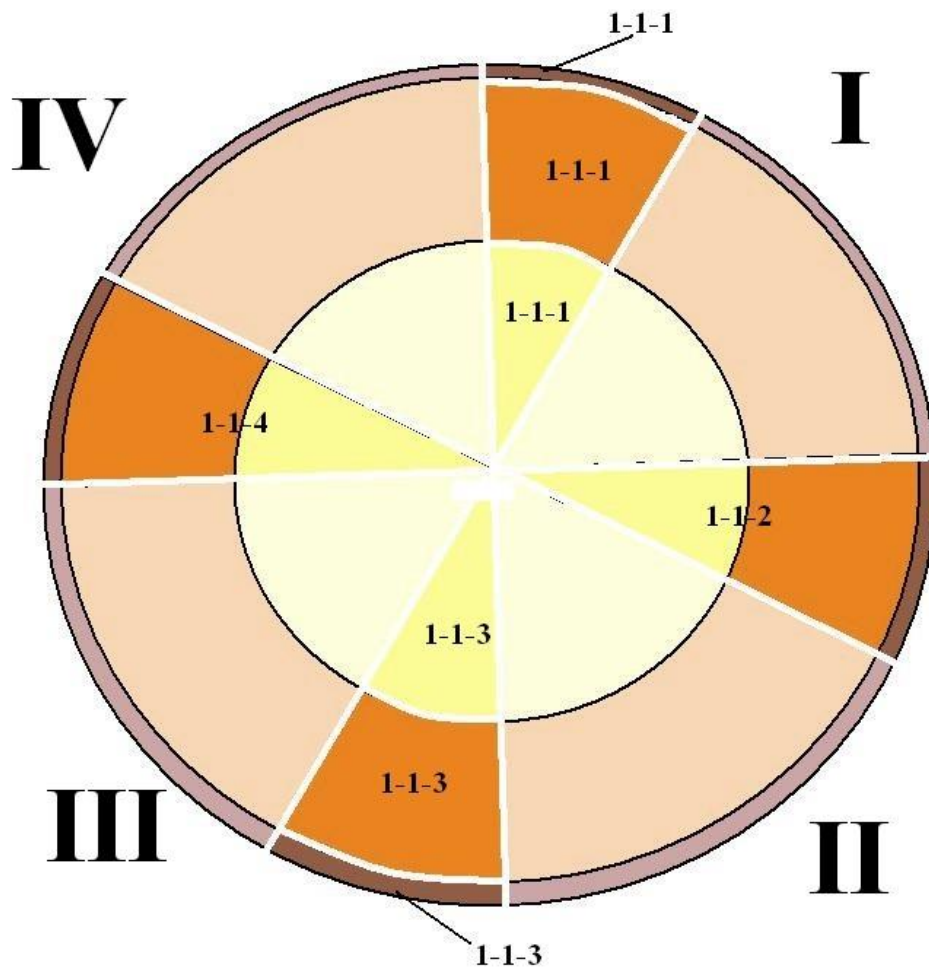
Paraugripu galvenie izmēri

Ripas vieta stumbrā	Ripas caurmērs, mm		Ripas biezums, mm	Masa sv. c. stāvoklī, g
	ar mizu	bez mizas		

2. Segmentu sagatavošana

Pēc tam, kad ir iegūti visi nepieciešamie dati no ripas, to sadala 4 daļās. Tālākai apstrādei no katras daļas izvēlas vienu segmentu kas tiek izzāģēts aptuveni 30 grādu leņķī pulksteņrādītāja virzienā (skatīt 3. attēlu). Segmentus attiecīgi ar marķieri sanumurē ar trīs cipariem, piemēram, 1 - 2 - 3, kur:

- 1 – paraugkoka numurs;
- 2 – paraugripas secība augšanas virzienā;
- 3 – segmenta numurs.



3. att. Segmentu izvēle no paraugripas

Kā parādīts 3. attēlā, divus segmentus (šajā gadījumā otro un ceturto) atstāj tādus kā ir, bet diviem, pirmajam un trešajam, noņem mizu, kura attiecīgi tiek numurēta un tiek izmantota mitruma un blīvuma noteikšanā. Segmentiem, kas iegūti no kodolkoku sugām (parastā priele un parastā egle), pirmajam un trešajam segmentiem atdala kodolkoksni no aplievas.

Uzreiz pēc segmentu izzāģēšanas segmentiem un mizas paraugiem nosaka masu svaigi cirstā stāvoklī. Segmentu un mizas paraugu masu nosaka, sverot ar elektroniskajiem svariem, kuru precizitāte ir $\pm 0.01\text{g}$. No koksnes svaigi cirstā stāvoklī iegūtos datus ieraksta 6. tabulā tam paredzētajā ailē, bet mizas masu svaigi cirstā stāvoklī ieraksta 7. tabulā tam paredzētajā ailē. Pēc tam, kad ir noteikta masa svaigi cirstā stāvoklī, nosaka segmenta tilpumu ar iegremdēšanas metodi. Pēc izspiestā ūdens daudzuma mērcilindrā nolasītie dati tiek pierakstīti 8. tabulā (skatīt 8. tabulu). Mizai tilpumu nosaka, uzmērot mizas garumu, platumu un biezumu ar digitālo bīdmēru ar precizitāti $\pm 0.01\text{ cm}$. Dati, kas tiek iegūti, nosakot mizai tilpumu svaigi cirstā stāvoklī, tiek pierakstīti 7. tabulā mizas tilpumam paredzētajās ailēs (skatīt 7. tabulu).

Pēc tam, kad segmenti un miza ir nomērīti, tos žāvē, lai noteiktu absolūti sausas koksnes un absolūti sausas mizas masu. Koksnes paraugi tiek salikti vienā kārtā laboratorijas žāvēšanas skapī un tiek žāvēti $100 - 105^\circ\text{C}$ temperatūrā tik ilgi, līdz žāvētais paraugs ir sasniedzis absolūti sausu stāvokli. To konstatē, sverot paraugu atkārtoti ar elektroniskajiem svariem, kuru precizitāte ir $\pm 0.01\text{g}$ līdz parauga masa nemainās. Līdzīgi kā koksnes paraugus žāvē arī mizas paraugus. Kad koksnes un mizas paraugi ir izzāvēti, tos atkārtoti nosver un nosaka tilpumu. Iegūtos datus ieraksta 6., 7. un 8. tabulā.

6. tabula

Segmentu masa gramos

Vieta stumbrā	Mirtuma stāvoklis	1. sektors			2. sekt.	3. sektors			4. sekt.
		Kodols	Aplieva	A+Miza	K+A+M	Kodols	Aplieva	A+Miza	K+A+M
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	
	Sv. c. st.								
	W = 0%			X				X	

7. tabula

Mizas masa un tilpums

Vieta stumbrā	Mitruma stāvoklis	Masa, g		Mitruma stāvoklis	Tilpums, cm ³	
		1. sektors	3. sektors		1. sektors	3. sektors
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		
	Sv. c. st.			Sv. c. st.		
	W = 0%			W = 0%		

Segmentu tilpums, cm³

Vieta stumburā	Mitruma stāvoklis	1. sektors		2. sekt.	3. sektors		4. sekt
		Kodols	Aplieva	K+A+M	Kodols	Aplieva	K+A+M
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						
	Sv. c. st.						
	W = 0%						

3. Mitruma un blīvuma aprēķināšana

Koksnes un mizas mitruma raksturošanai izmanto absolūto mitruma rādītāju. Tas ir ūdens masas daudzums koksne, kas izteikts procentos no sausas koksnes masas (skat. izteiksmi nr. 1.):

$$W_a = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100, \quad (1.)$$

kur W_a - koksnes vai mizas absolūtais mitrums, %;
 m_1 - koksnes vai mizas masa mitrā stāvoklī;
 m_2 - koksnes vai mizas masa sausā stāvoklī.

Koksnes un mizas blīvumu svaigi cirstā un izžāvētā stāvoklī, izrēķina pēc šādas izteiksmes:

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}, \quad (2.)$$

kur ρ_w - segmenta koksnes blīvums, g/cm³, pie attiecīga koksnes mitruma;
 m_w - segmenta masa, g, pie attiecīga koksnes mitruma;
 V_w - segmenta tilpums, cm³, pie atbilstoša mitruma.

Dati, kas tiek iegūti, aprēķinot koksnes un mizas mitrumu un blīvumu, tiek ierakstīti 9. tabulā.

9. tabula

Koksnes mitrums un blīvums

[illegible]

4. Pārrēķina koeficientu aprēķināšana

Izmantojot masas metodi apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanā, nepieciešams izmantot četrus atšķirīgus koeficientus. Vienā gadījumā tie būtu pārrēķini no masas uz tilpuma vienībām atsevišķi malkai un lietkoksnei. Un otrā gadījumā, zinot kokmateriālu tilpumu var aprēķināt masu. Vispirms pārrēķina koeficientu vērtības svaigi cirstā stāvoklī rēķina no paraugripas rādītājiem. Pēc tam katram paraugripas segmentam pārrēķina koeficienta vērtība tiek rēķināta atsevišķi. Pārrēķina koeficientus malkai un lietkoksnei rēķina atsevišķi, jo malkai tilpums tiek noteikts ar mizu, bet lietkoksnei tilpums tiek noteikts bez mizas.

Pārrēķina koeficientu vērtības **malkai** no masas uz tilpuma vienībām aprēķina pēc šādas formulas:

$$K_{malka1} = \frac{V_{am}}{m}, \quad (3.)$$

kur $K_{malka\ 1}$ – pārrēķina koeficients malkai svaigi cirstā stāvoklī, $m^3\ t^{-1}$;
 V_{am} – parauga tilpums ar mizu svaigi cirstā stāvoklī, cm^3 ;
 m – parauga koksnes un mizas masa, g.

Pārrēķina koeficientu vērtības **malkai** no tilpuma uz masas vienībām aprēķina pēc šādas formulas:

$$K_{malka\ 2} = \frac{m}{V_{am}}, \quad (4.)$$

kur $K_{malka\ 2}$ – pārrēķina koeficients malkai svaigi cirstā stāvoklī, $t\ m^{-3}$;
 V_{am} – parauga tilpums ar mizu svaigi cirstā stāvoklī, cm^3 ;
 m – parauga koksnes un mizas masa, g.

Pārrēķina koeficientu vērtības **lietkoksnēs sortimentiem** no masas uz tilpuma vienībām aprēķina pēc šādas formulas:

$$K_{lietkoksne1} = \frac{V_{bm}}{m}, \quad (5.)$$

kur $K_{lietkoksne\ 1}$ – pārrēķina koeficients lietkoksnes sortimentiem svaigi cirstā stāvoklī, $m^3 t^{-1}$;

V_{bm} – parauga tilpums bez mizas svaigi cirstā stāvoklī, cm^3 ;
 m – parauga koksnes un mizas masa, g.

Pārrēķina koeficientu vērtības **lietkoksnēs sortimentiem** no tilpuma uz masas vienībām aprēķina pēc šādas formulas:

$$K_{lietkosne\ 2} = \frac{m}{V_{bm}}, \quad (6.)$$

kur $K_{lietkoksne\ 2}$ –pārreķina koeficients lietkoksnes sortimentiem svaigi cirstā stāvoklī, $t\ m^{-3}$;
 V_{bm} – parauga tilpums bez mizas svaigi cirstā stāvoklī, cm^3 ;
 m – parauga koksnes un mizas masa, g.

Šādi tiek iegūti pārrēķina koeficienti svaigi cirstiem kokmateriāliem, kam pilnībā saglabājusies miza. Dati, kas tiek iegūti aprēķinot pārrēķina koeficientus, tiek pierakstīti 10. tabulā.

10. tabula

Pārrēkinu koeficienti pēc ripas un pēc segmentiem

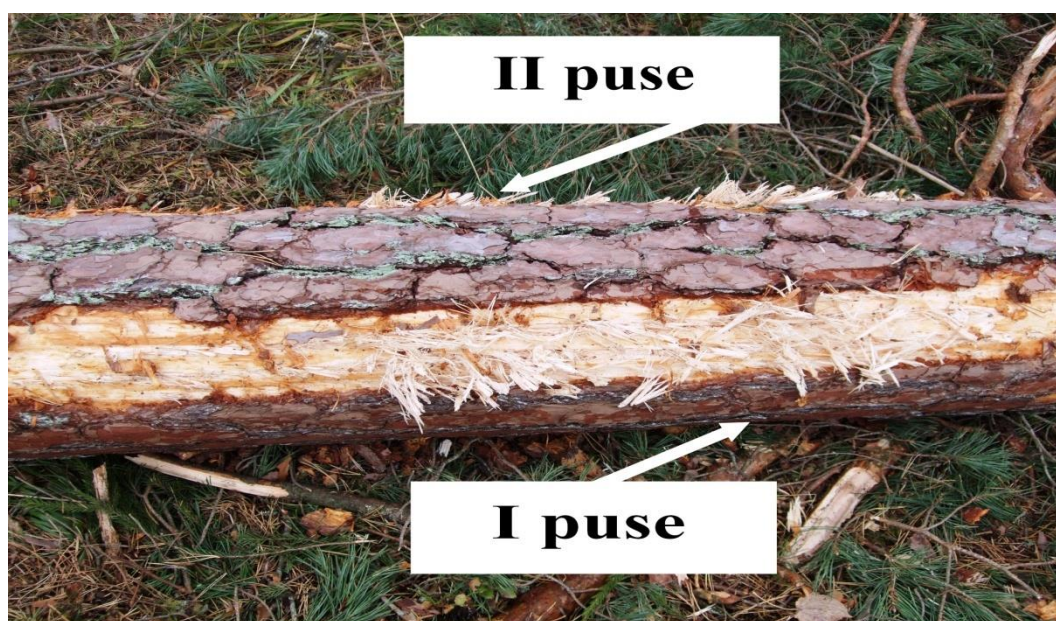
[illegible]

Pārrēķina koeficienti pēc abām metodēm tiek iegūti salīdzināšanas un kontroles nolūkos, lai novērstu nejaušības kļūdu rašanos.

5. Apaļo kokmateriālu mizas nobrāzuma pakāpes novērtēšana

Veģetācijas periodā, strādājot ar harvesteru un veicot atzarošanu, ievērojamā virsmas daļā noplēš (nobrāž) arī mizu. Tas atstāj ietekmi gan uz kokmateriālu pārrēķina koeficientiem, gan koksnes žūšanu uzglabāšanas laikā.

Lai novērtētu nobāzuma pakāpi, apaļo kokmateriālu nofotografē no abām pusēm (skatīt 4. attēlu).



4. att. Apaļā kokmateriāla fotografēšanas puses

Pēc tam digitālo attēlu apstrādā ar programmu „Volume Determination”, lai noteiktu mizas nobrāzuma pakāpi.

Programmu „Volume Determination” ir izstrādājis LLU Informācijas Tehnoloģiju fakultātes students Edgars Rudzroga sava diplomprojekta ietvaros datorprogramma paredzēta grupveida kokmateriālu tilpuma noteikšanai, kokmateriālu skaita un tilpīguma koeficienta noteikšanai, izmantojot krautņu fotoattēlus.

Programmas prototipa izstrādei izmantots programmēšanas rīks *Visual Studio 2008* un tās kods ir rakstīts C# programmēšanas valodā. Attēlu apstrādei un segmentācijai tiek izmantots sliekšņu apstrādes algoritms. Izmantojot sliekšņu apstrādi attēlā, tiek nodalīts kokmateriāls no pārējā attēla (skatīt 5. attēlu).



5. att. Kokmateriāls nodalīts no pārējā attēla

Mizas nobrāzumu noteikšanai izmantojot sliekšņu apstrādi, lai mizas nobrāzumi tiktu noteikti veiksmīgi, ir jāizvēlas pareiza sliekšņa vērtība. Pēc virsmu laukuma attiecības datorprogramma aprēķinās mizas nobrāztā laukuma īpatsvaru procentos no visa sortimenta virsmas laukuma.

Paredzēts izmantot 3 mizas nobrāzuma pakāpes:

- līdz 1/3 (līdz 33 %) no kokmateriāla virsmas laukuma;
- no 1/3 līdz 2/3 (34 % - 65 %) no kokmateriāla virsmas laukuma;
- vairāk par 2/3 (virs 66 %) no virsmas laukuma.

Mizas nobrāzumi ietekmē kokmateriālu masu. Zinot mizas blīvumu, var aprēķināt masu, ko sastāda miza kokmateriālam. Tādā veidā, zinot mizas nobrāzuma procentu, var precīzāk aprēķināt kokmateriālu daudzumu pēc masas.

Pēc mitruma un blīvuma sadalījuma rādītājiem varēs spriest par augošu koku vitalitāti, kokmateriālu žāvēšanas procesu, enerģētikā izmantojamo zāģskaidu un šķeldu mitrumu, apaļo kokmateriālu kvalitatīvajiem un kvantitatīvajiem rādītājiem un to izmantošanas iespējām meža resursu apsaimniekošanas plānošanā un koksnes izejvielu tālākajā izmantošanā.

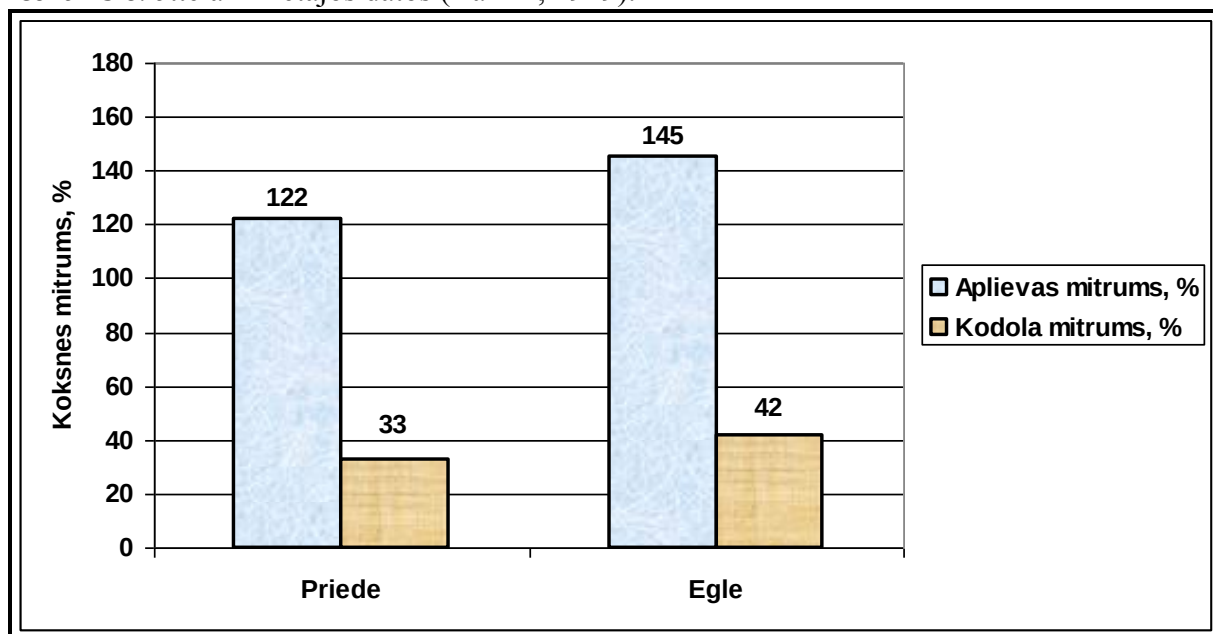
LITERATŪRAS APSKATS

6. Koksnes mitrums

Ar terminu koksnes mitrums tiek raksturots ūdens daudzums koksnē, kas izteikts procentos no koksnes masas. Lai savstarpēji salīdzinātu dažādu koku sugu koksnes mitrumu, galvenokārt izmanto absolūto koksnes mitrumu, kas raksturo koksnē esošās ūdens masas attiecību pret absolūti sausas koksnes masu. Koksnes mitruma sadalījums augoša koka stumbrā ir nevienmērīgs kā šķērsgriezumā, tā arī stumbra garenvirzienā.

6.1. Mitruma sadalījums šķērsgriezumā

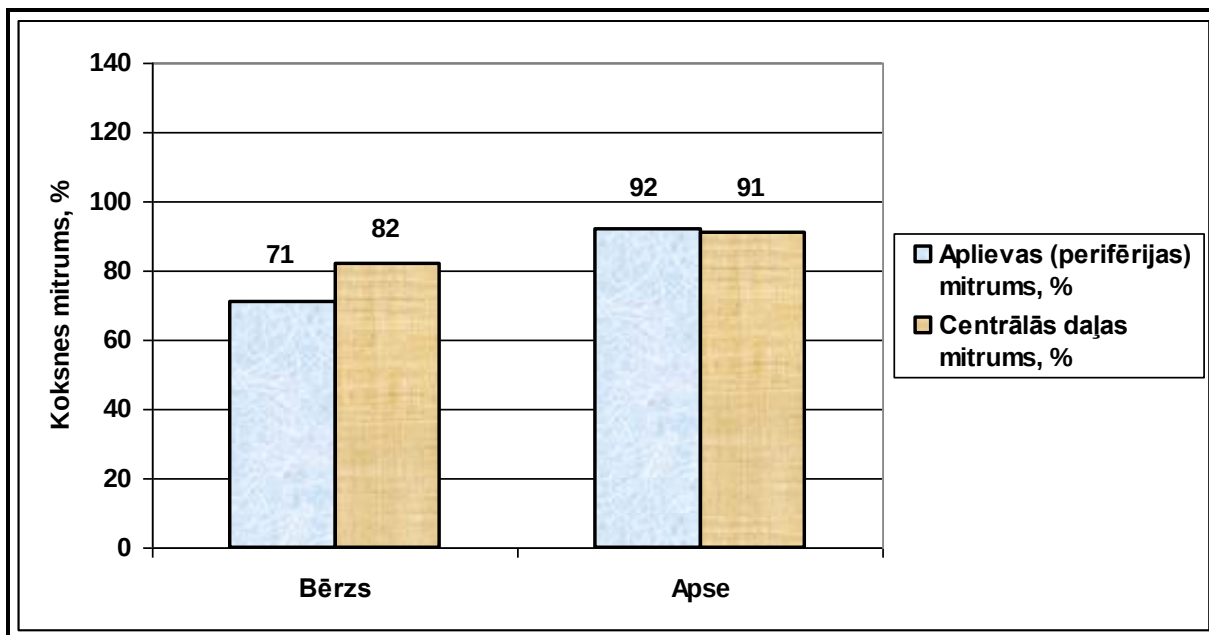
Skuju kokiem aplievas koksnes mitrums ievērojami atšķiras no kodola un bezkrāsas kodola koksnes mitruma; proti, aplievas koksne ir 2 - 4 reizes mitrāka par kodola koksnī. Tas redzams 6. attēlā minētajos datos (Ванин, 1949).



6. att. Koksnes mitrums aplievā un kodola koksnē skujkokiem

Pēc pētījuma datiem lapu koku aplievas sugām (bērzs, apse) centrālās daļas mitrums maz atšķiras no aplievas koksnes (perifērijas) mitruma (Vaņins, 1950). Skatīt 7. attēlu.

Kopējā tendence lapu koku sugām ir šāda, ka mitrums šķērsgriezumā sadalās vienmērīgi. Starpība starp ārējo un centrālo daļu nepārsniedz 15 %.



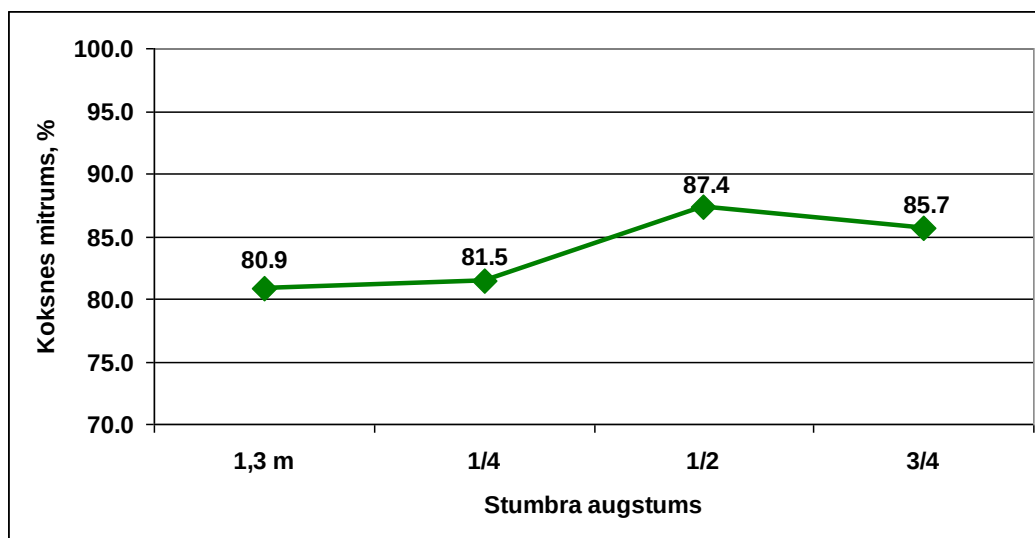
7. att. Koksnes mitrums lapu koku aplievas sugām

Lapu koku sugām aplievas un centrālās daļas koksne ūdens satura ziņā viena no otras krasi neatšķiras, un ir pat gadījumi (piem., bērzs), kad koksnes centrālās daļas mitrums ir lielāks nekā perifērijas koksnei (Kalniņš, 1947).

6.2. Mitruma izmaiņas stumbra garenvirzienā

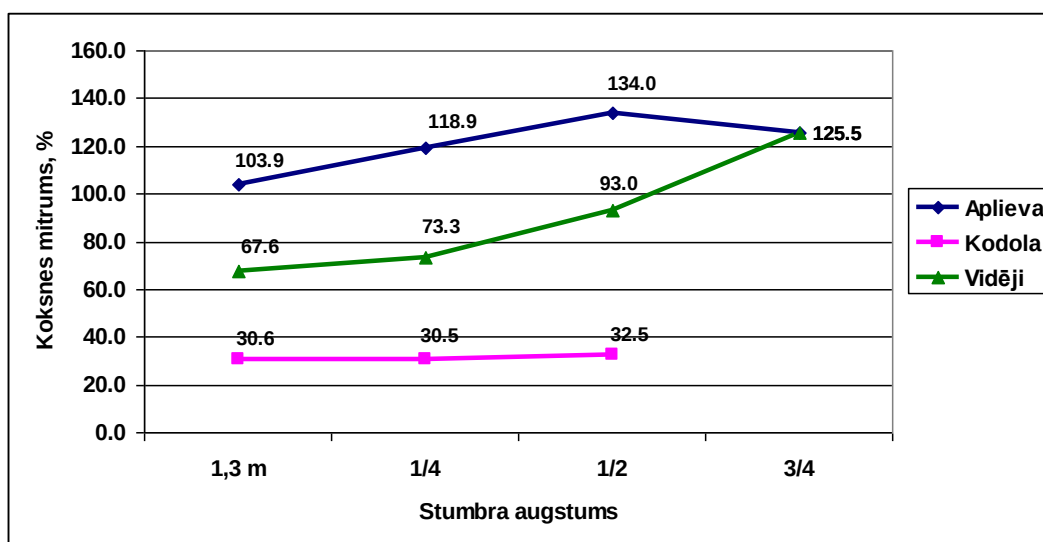
Aplievas lapu kokiem (apsei, bērzam) mitrums visā šķērsgrīzumā pieaug no resgala galotnes virzienā (Уголев, 2001).

Koksnes mitruma izmaiņas bērza stumbra garenvirzienā (ciršanas vecumu sasniegušā audzē) 2005. gada rudenī Jelgavas novada Meža pētīšanas stacijā attēlotas 8. attēlā. Līdz $\frac{1}{4}$ no stumbra augstuma koksnes mitruma izmaiņas ir minimālas. No $\frac{1}{4}$ līdz $\frac{1}{2}$ koksnes mitrums palielinās par nepilniem 6,7 %. Tālāk virzienā uz galotni koksnes mitrums pie $\frac{3}{4}$ nedaudz samazinās vai paliek nemainīgs. Jelgavā veiktajā pētījumā mitruma svārstības bērza koksnei stumbra garumā ir ap 8 % (Millers, 2007).



8. att. Koksnes mitruma izmaiņas bērza stumbra garenvirzienā

Koksnes mitruma izmaiņas priedes stumbra garenvirzienā (ciršanas vecumu sasniegušā audzē) 2005. gada rudenī Jelgavas novada Meža pētīšanas stacijā attēlotas 9. attēlā (Millers, 2007).



9. att. Koksnes mitruma izmaiņas priedes stumbra garenvirzienā

Koksnes mitrums vienas koku sugas kokiem ir atkarīgs no koka vecuma. Jaunu koku koksnes mitrums ir mazliet lielāks nekā veciem kokiem. Bez tam jauniem kokiem mitruma svārstības gadā (starpība starp mitruma maksimumu un minimumu) ir daudz lielākas nekā veciem kokiem (Vaņins, 1950).

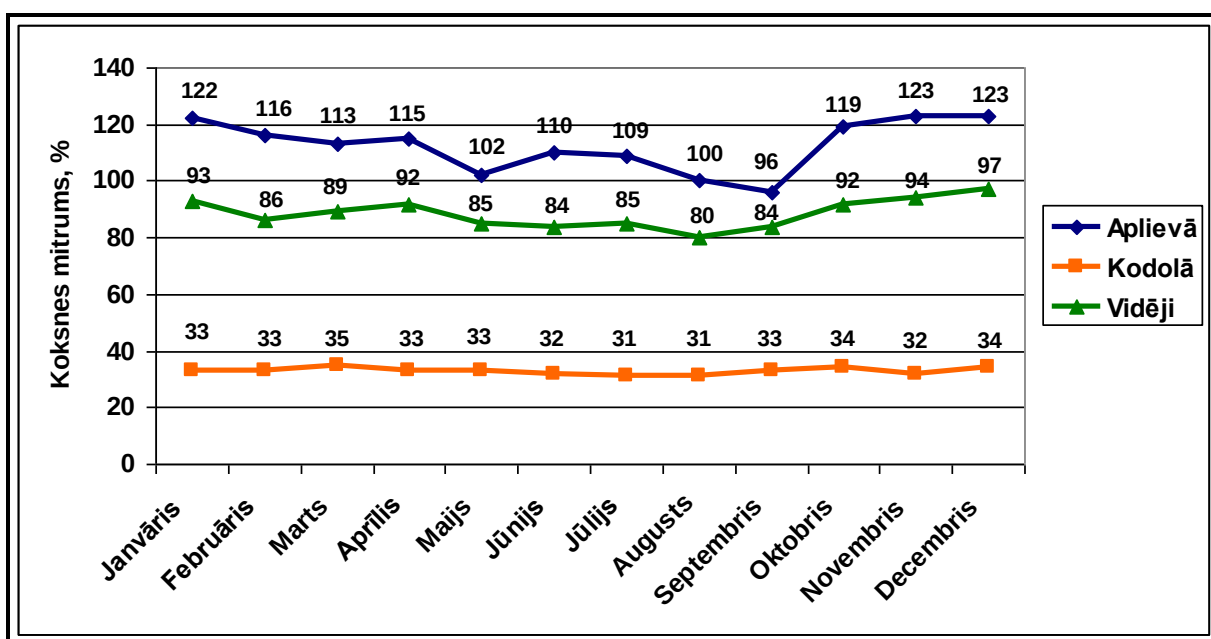
Priedei kodola koksnes īpatsvars ir atkarīgs arī no koka vecuma. Pieaugot koka vecumam, pieaug kodola koksnes īpatsvars. Pieaugot priedes diametram no 15 cm līdz 30 cm, kodola koksnes īpatsvars pieaug no 46 % līdz 67 %. Koka vecumam pieaugot no 60 līdz 129 gadiem, kodola koksnes daudzums pieaug no 21 % līdz 41 %. Līdz ar to samazinās vidējais stumbra koksnes mitrums. Ja pieņem, ka aplievas koksnes mitrums ir 131 % un kodola koksnes 31 %, tad priedes koksnes vidējais mitrums koka vecumam palielinoties no 60 līdz 129 gadiem samazinās no 110 % līdz 90 % (Tuherm, 2005).

Mitruma augošos kokos ir atkarīgs no ciršanas laika un koku sugas. Augošos kokos konstatētas koksnes mitruma svārstības ne tikai gada garumā, bet arī atsevišķos dienas periodos - rītā, pusdienās un vakarā (Kalniņš, 1947).

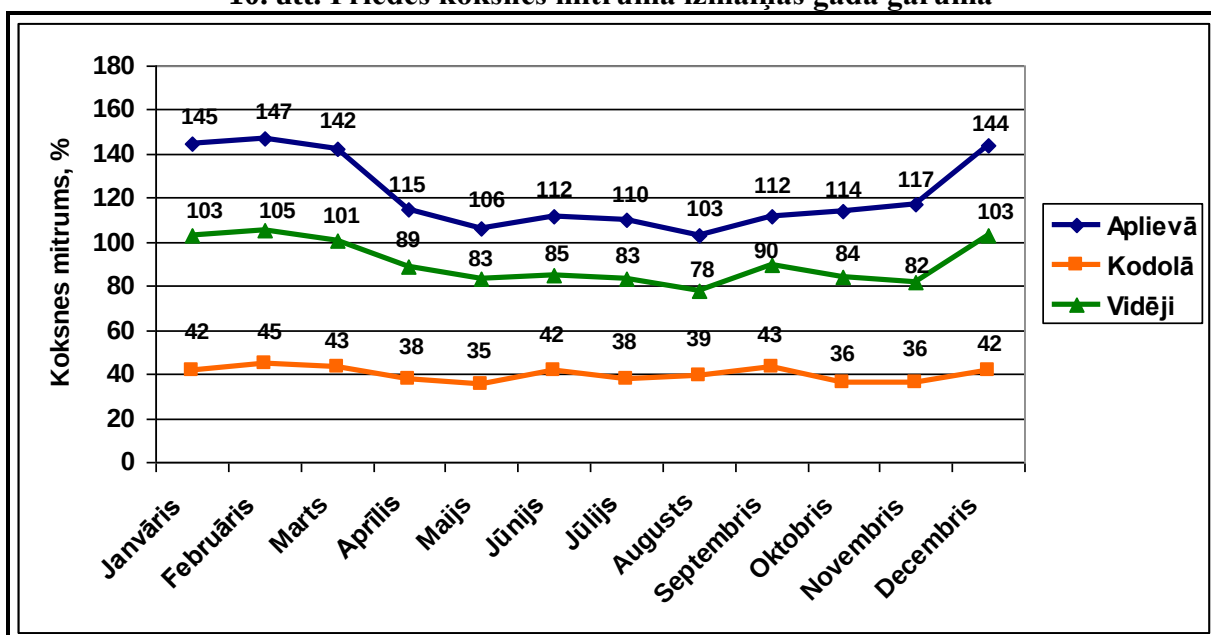
Piemēram, egles ārējās aplievas daļas koksnes mitrums rītā ir bijis 186 %, pusdienā — 132 %; un vakarā — 150 %. Tātad mitrāka koksne ir rīta stundās, bet sausāka ap pusdienlaiku (Ванин, 1949).

6.3. Mitruma izmaiņas gada laikā

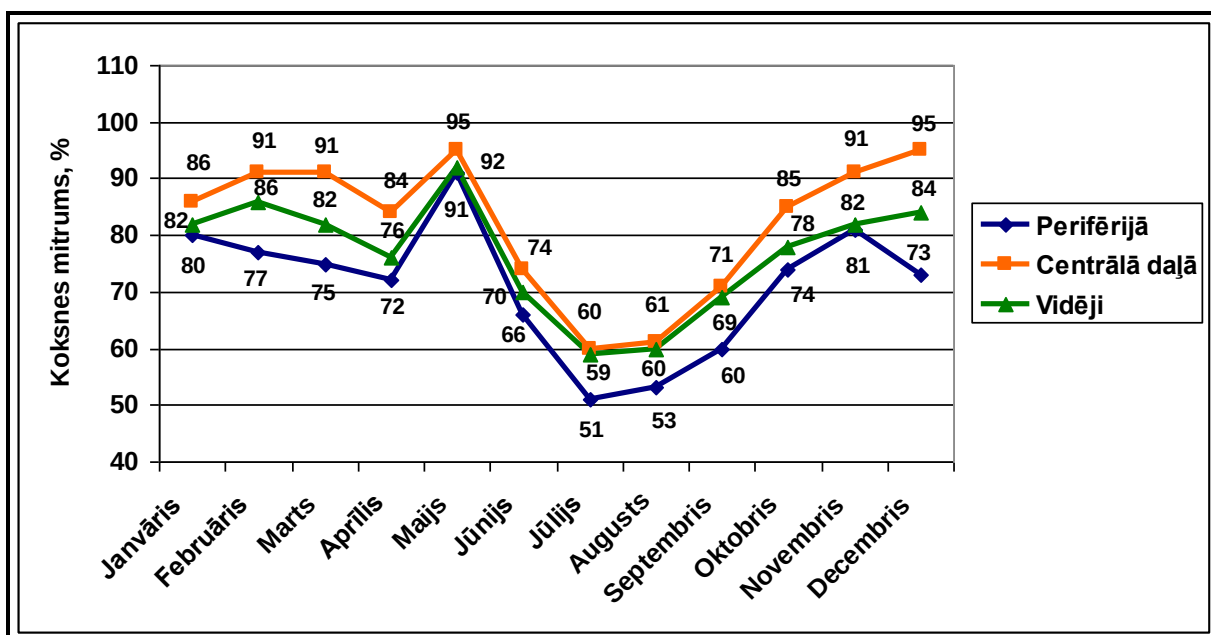
Pēc pētījumiem, kas veikti Ļeņingradas apgabalā, priedes un egles (70 - 90 gadīgas audzes), bērza un priedes (40 - 60 gadīgas audzes) koksnes mitrumu atkarībā no gada laika raksturo 10. – 13. attēlā parādītie skaitļi (Ваңин, 1950).



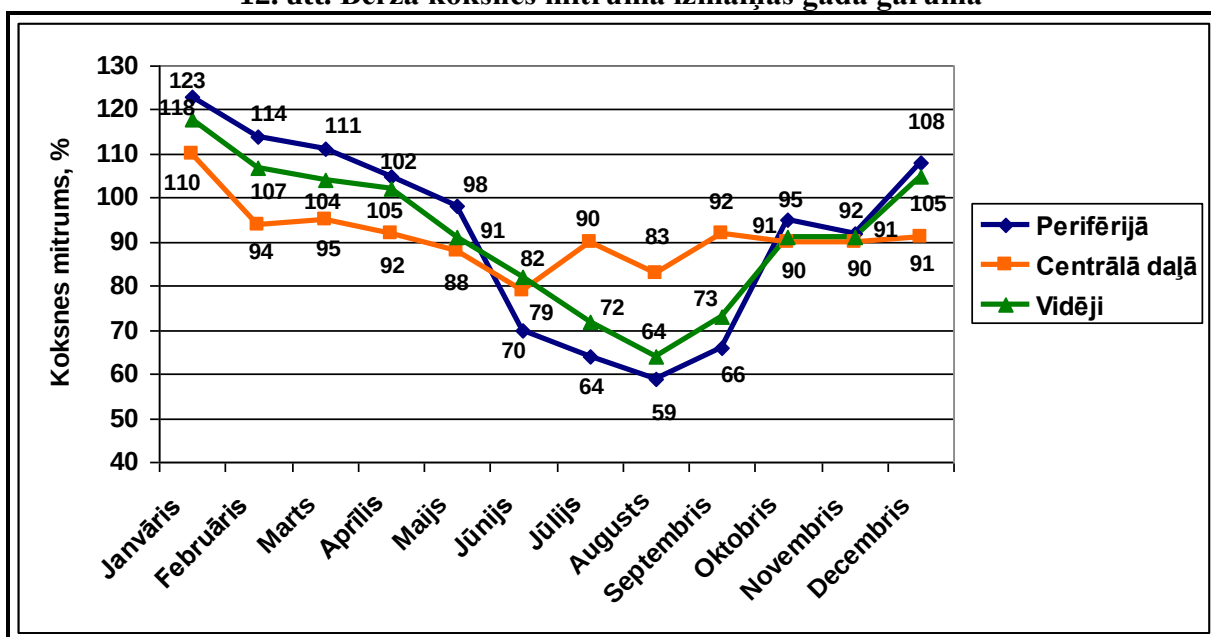
10. att. Priedes koksnes mitruma izmaiņas gada garumā



11. att. Egles koksnes mitruma izmaiņas gada garumā



12. att. Bērza koksnes mitruma izmaiņas gada garumā



13. att. Apses koksnes mitruma izmaiņas gada garumā

Pamatojoties uz minētajiem skaitļiem, var secināt, ka vairumam koku sugu vislielākais mitrums koksni ir rudens un ziemas periodā, bet mazākais jūlija un augusta mēnešos. Starpība starp koksnes maksimālo un minimālo mitrumu gada laikā piedēm var sasniegt 17 %, eglēm — 27 %, bērziem — 32 %, apsēm — 54 %.

Skujkokiem kodolkoksnes mitrums maz mainās gada garumā. Piedei tas svārstās robežās no 31 % līdz 35 %, bet eglei no 35 % līdz 45 %. Lielākais aplievas koksnes mitrums piedei ir novembrī un decembrī – 123 %, bet mazākais septembrī – 96 %. Priedes un eglei koksnes vidējais mitrums lielākoties atkarīgs no aplievas mitruma.

Bērzam stumbra centrālā daļa satur vairāk mitrumu nekā perifērija. Lielākais centrālās daļas mitrums bērzam ir maijā un decembrī – 95 %. Bērzam tāpat kā kļavai pavasarī ir sulu laiks, tāpēc koksnes mitrums ir tik augsts. Latvijā bērzam sulu laiks iestājas jau marta otrajā pusē vai aprīlī.

Somijā veiktajos pētījumos mitruma svārstības bērza koksnei viena gada laikā ir ap 40 %, augustā mitrums svārstās robežās ap 55 – 60 %, bet februārī ne vairāk kā 90 – 95 % (Hakkila, 1962).

Jaunākos Somijā veiktajos pētījumos augstākais mitrums svaigi cirstai bērza koksnei konstatēts pavasarī nocirstiem kokiem (96 – 111 %). Mitrums svaigi cirstai bērza koksnei būtiski neatšķiras starp rudens nocirstiem (80 - 88 %) un ziemā nocirstiem kokiem (78 - 89 %). Vasarā nocirstiem kokiem mitrums ir 62 – 70 % (Möttönen, 2005).

7. Koksnes blīvums

Blīvums ir koksnes masas attiecība pret tilpumu, un to mēra g cm^{-3} vai kg m^{-3} . Aplūkojot rādītāju „koksnes blīvums”, jāizšķir divi jēdzieni:

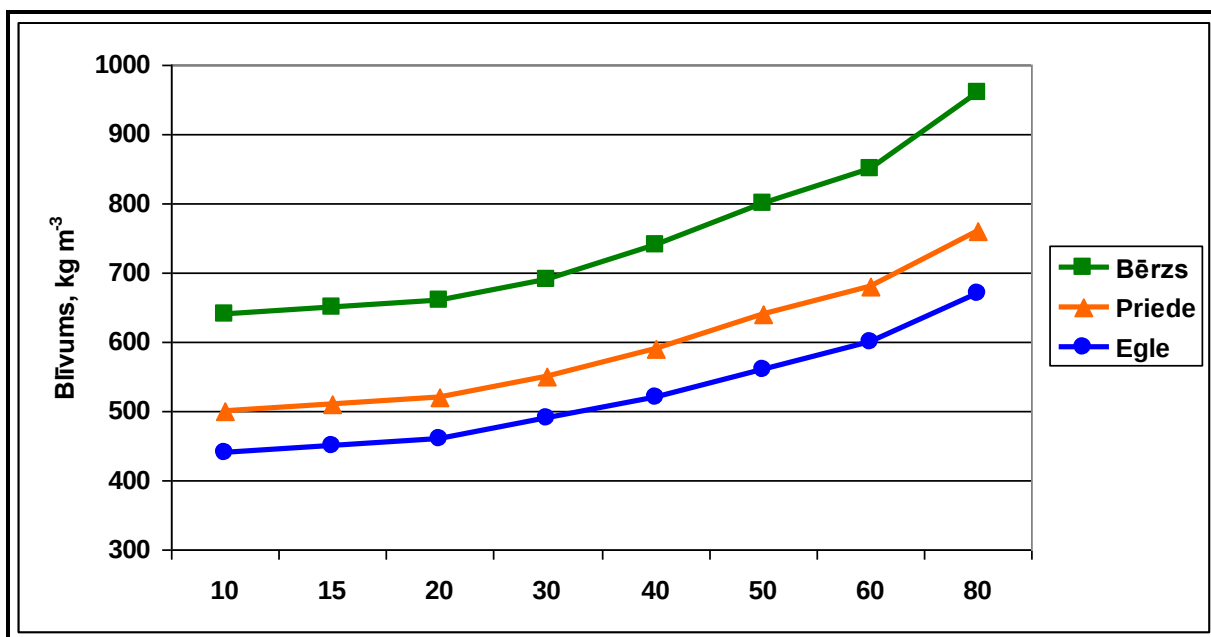
- koksnes vielas blīvums (koksnes šūnapvalka blīvums);
- konkrētas koku sugas koksnes blīvums pie noteikta mitruma, agrāk lietotais apzīmējums - koksnes tilpumsvars (Ozoliņš, 2005).

Lai saprastu, kas ir koksnes viela, jāatceras koksnes uzbūves pamatelements — koksnes šūna. Koksnes viela veido šūnapvalku. Konkrēta koksne ir šūnu apkopojums, kas ietver sevī šūnapvalkus kopā ar šūnu dobumiem. Pirmajā gadījumā tā ir blīva koksnes viela, kurā nav nevienas poras. Otrā gadījumā tā ir koksne ar visām porām, kam mēdz būt visai dažādi izmēri un šūnapvalku biezums, atkarībā no augšanas apstākļiem, vietas kokā, vecuma un citiem apstākļiem (Ozoliņš, 2005).

Koksnes vielas blīvums visām koku sugām vienāds, un tas ir $1,54 \text{ g cm}^{-3}$. Tas raksturo lielāko iespējamo koksnes blīvumu. Tam ir nozīme, aprēķinot koksnes porozitāti (Vaņins, 1950).

Koksnes blīvums ir atkarīgs no vairākiem faktoriem. Pats nozīmīgākais no tiem ir koksnes mitrums. Koksne vienmēr satur zināmu daudzumu ūdens. Ūdens daudzumam koksnē mainoties, mainās arī koksnes blīvums (Ozoliņš, 2005).

Koksnes blīvuma izmaiņas atkarībā no mitruma skatīt 14. attēlā (Kops, 1997).



14. att. Viena m³ koksnes blīvums atkarībā no mitruma

Svaigi cirstā stāvoklī koksne ir smagāka, bet žāvējot tā kļūst vieglāka. Lai varētu salīdzināt blīvumu dažādām koku sugām, to nosaka koksnes paraugiem ar noteiktu mitrumu — 12 %, ko sauc par standartmitrumu (Уголев, 2001, Чудинов, 1984). Skatīt 11. tabulu.

11. tabula

Koku sugu blīvumi, kg m⁻³

Koku suga	ρ_0		ρ_{12}		$\rho_{\text{svaigi cirstai}}$	
	Koksnei	Mizai	Koksnei	Mizai	Koksnei	Mizai
Bērzs	600	735	640	745	870	950
Priede	470	650	500	680	863	850
Apse	440	-	490	-	762	-
Egle	400	715	440	735	794	950

11. tabulā apkopoti galvenokārt Krievijā iegūti dati. Apskatot tabulu, var novērot, ka palielinoties koksnes mitrumam, blīvuma starpība starp koku sugām samazinās, jo mazāk blīvas koku sugas uzņem vairāk ūdens.

Koksni atkarībā no blīvuma pie standartmitruma (ar 12 % mitruma) var iedalīt trīs grupās:

- I. mazs blīvums ($\rho_{12} < 540 \text{ kg m}^{-3}$) – **priede, egle**, baltegle, ciedru priede, **apse**, liepa, baltalksnis, melnalksnis;
- II. vidējs blīvums ($550 - 740 \text{ kg m}^{-3}$) – lapegle, īve, **bērzs**, dižskābārdis, vīksma, goba, osis, ozols, kļava;
- III. liels blīvums (vairāk par 750 kg m^{-3}) – skābārdis, dzelzskoks, kizils, saksauls u.c. (Уголев, 2001).

Koksnes blīvumu ietekmē arī gadskārtu platums. Praksē iesakņojies uzskats, ka skuju koku blīvums palielinās, gadskārtu platumam samazinoties, bet lapu kokiem otrādi — samazinās. Jaunākie pētījumi rāda, ka lapu koku sugām šāda sakarība tiešām ir. Jo lielāks ir gadskārtu vidējais platums, jo lielāks ir koksnes blīvums vienai un tai pašai koku sugai. Šī

sakarība sevišķi izteikta koku sugām ar aplocē grupētām trahejām, bet mazāk zīmīga sugām ar izklaidētām trahejām (Ванин, 1949).

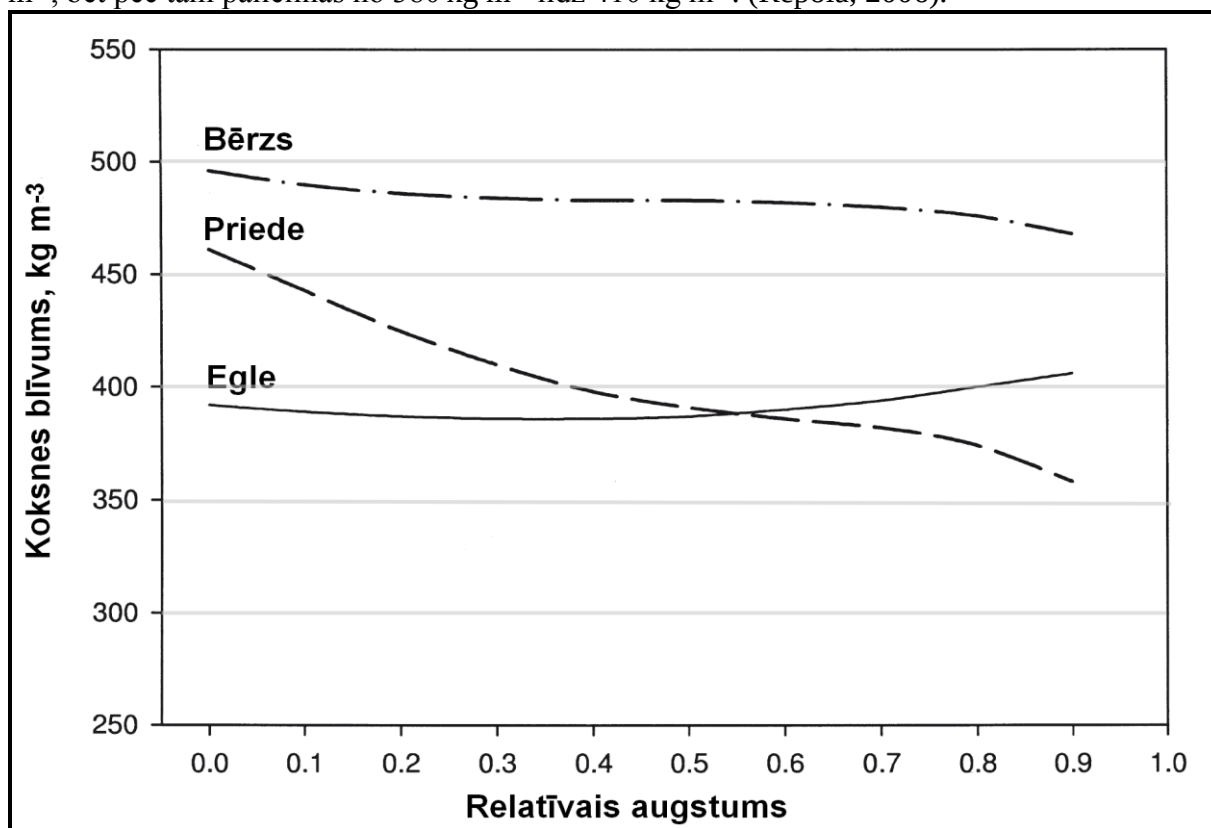
Somijas dienvidos vidējais absolūti sausas koksnes blīvums egles koksnei ir $380 \pm 25 \text{ kg m}^{-3}$ (Hakkila, 1966).

Somijā veiktajos pētījumus konstatētais vidējais absolūti sausas koksnes blīvums pieaugušās un dabiski atjaunojušās kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) mežaudzēs ir no 500 kg m^{-3} (Hakkila, 1966) līdz 512 kg m^{-3} (Heräjärvi, 2004). Tāda paša vecuma plantācijās absolūti sausas koksnes blīvums ir ievērojami zemāks - $454,4 \text{ kg m}^{-3}$. Savukārt pūkainā bērza audzēs (*Betula pubescens* Ehrh.) absolūti sausas koksnes blīvums ir 480 kg m^{-3} (Möttönen, Luostarinen, 2005, Hakkila, 1979).

Kārpainajam bērzam sešgadīgās audzēs vidējais absolūti sausas koksnes blīvums ir 420 kg m^{-3} (Anttonen et al, 2002), bet vienpadsmitgadīgās - 429 kg m^{-3} (Sternner, Hedenberg, 2003).

Vidējais absolūti sausas koksnes blīvums būtiski neatšķiras starp strauji un lēni augošiem viena vecuma un vienas sugas bērziem (Ollinmaa, 1960).

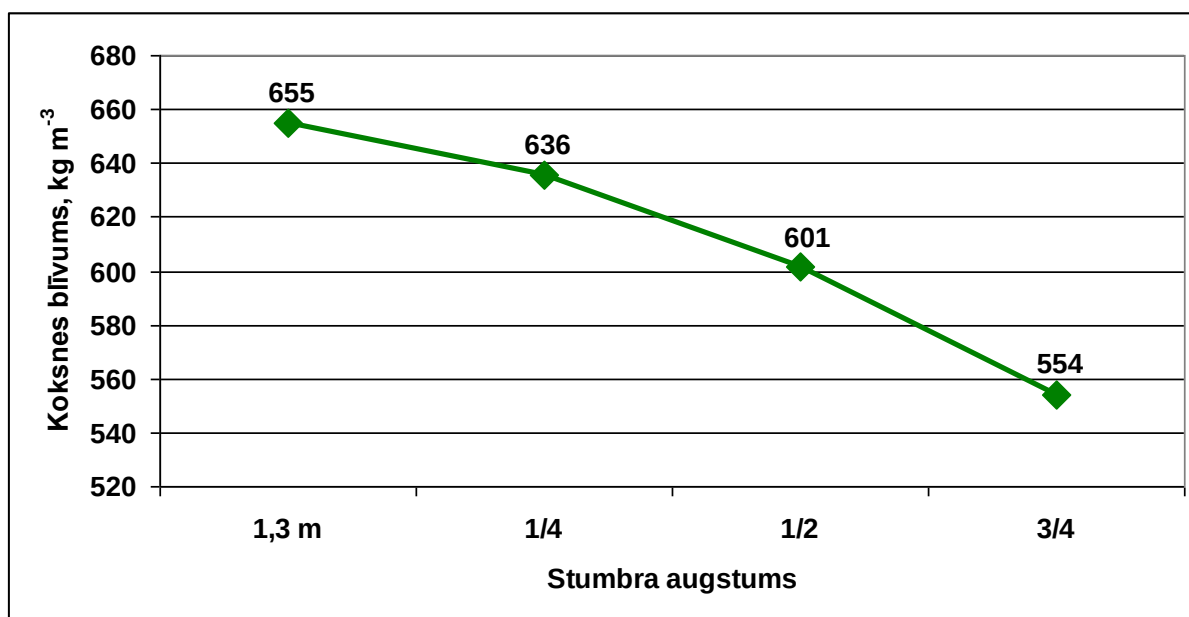
Pēc pētījumiem, kas veikti Somijā, četrdesmit līdz sešdesmit gadus vecās priedes, egles un bērza audzēs (skatīt 15. attēlu) absolūti sausas koksnes blīvuma izmaiņas stumbra garumā ir novērojamas. Absolūti sausas bērza koksnes blīvumam ir tendence samazināties virzienā no resgaļa uz galotni no 500 kg m^{-3} līdz 465 kg m^{-3} . Priedes koksnes blīvumam ir tendence samazināties virzienā no resgaļa uz galotni no 460 kg m^{-3} līdz 360 kg m^{-3} . Savukārt Egles koksnes blīvumam sākumā ir tendence samazināties līdz 1/3 no 390 kg m^{-3} līdz 380 kg m^{-3} , bet pēc tam palielinās no 380 kg m^{-3} līdz 410 kg m^{-3} . (Repola, 2006).



15. att. Absolūti sausas priedes, egles un bērza koksnes blīvuma izmaiņas stumbra garumā

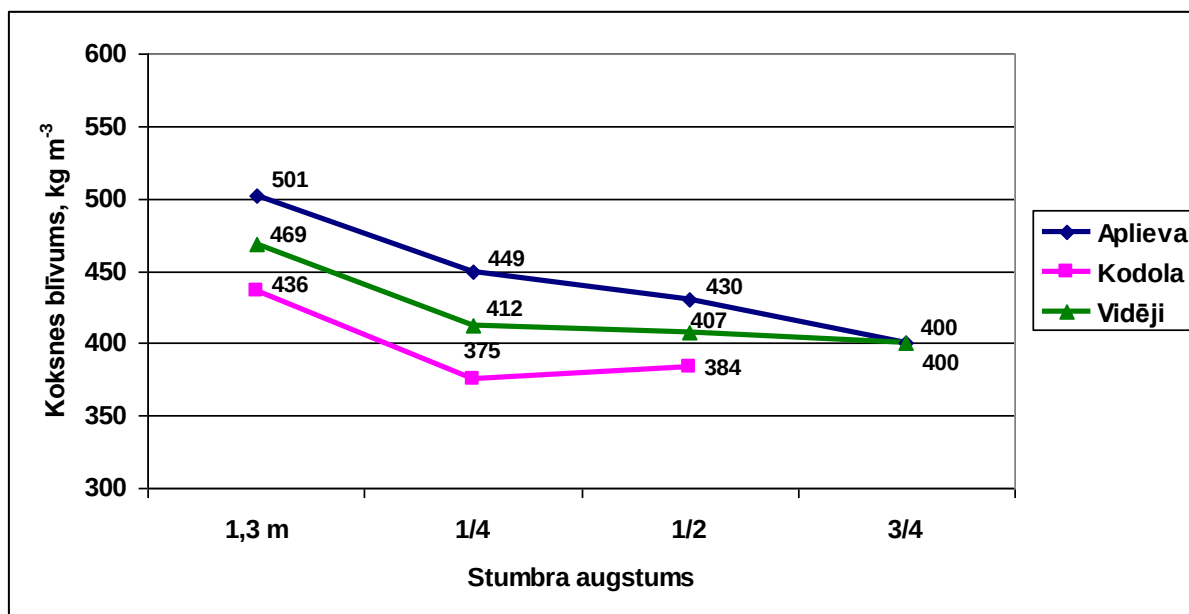
Koksnes blīvuma izmaiņas bērza stumbra garenvirzienā (ciršanas vecumu sasniegušā audzē) 2005. gada rudenī Jelgavas novada Meža pētīšanas stacijā attēlotas 16. attēlā.

Absolūti sausas bērza koksnes blīvumam ir tendence samazināties virzienā no resgaļa uz galotni no 655 kg m^{-3} līdz 554 kg m^{-3} (Millers, 2007).



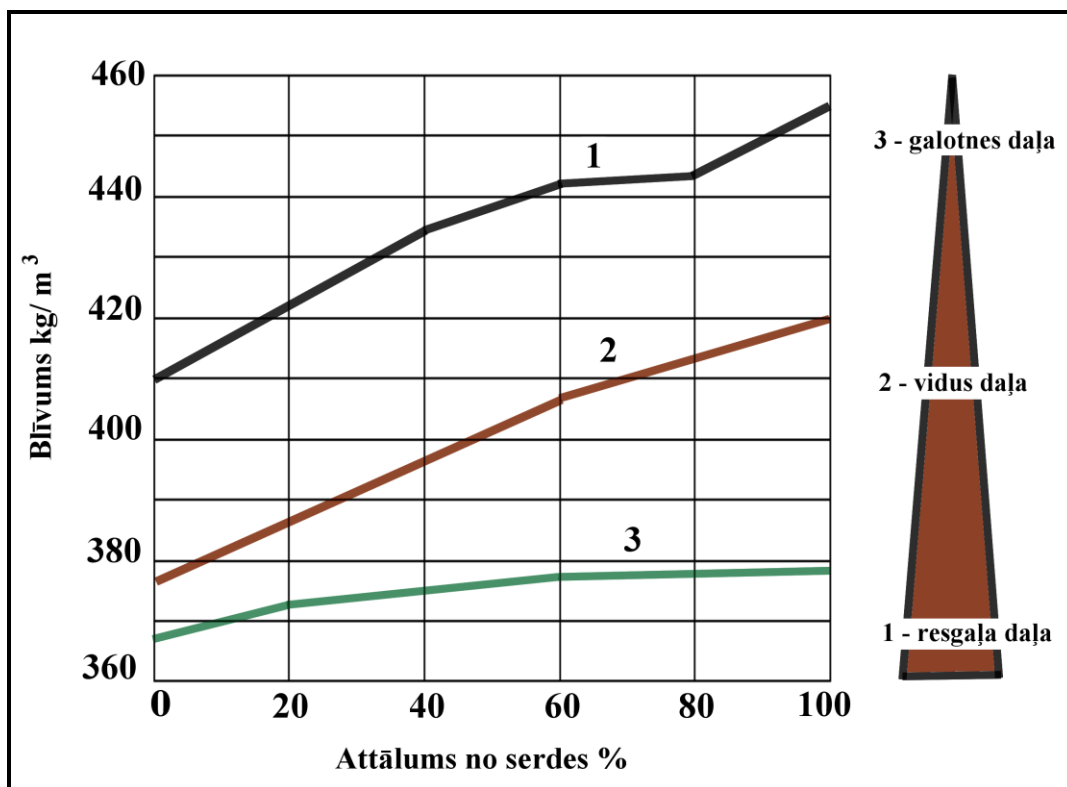
16. att. Koksnes blīvuma izmaiņas bērza stumbra garenvirzienā

Absolūti sausas koksnes blīvuma izmaiņas priedes stumbra garenvirzienā (ciršanas vecumu sasniegušā audzē) 2005. gada rudenī Jelgavas novada Meža pētīšanas stacijā attēlotas 17. attēlā. (Millers, 2007).



17. att. Koksnes blīvuma izmaiņas priedes stumbra garenvirzienā

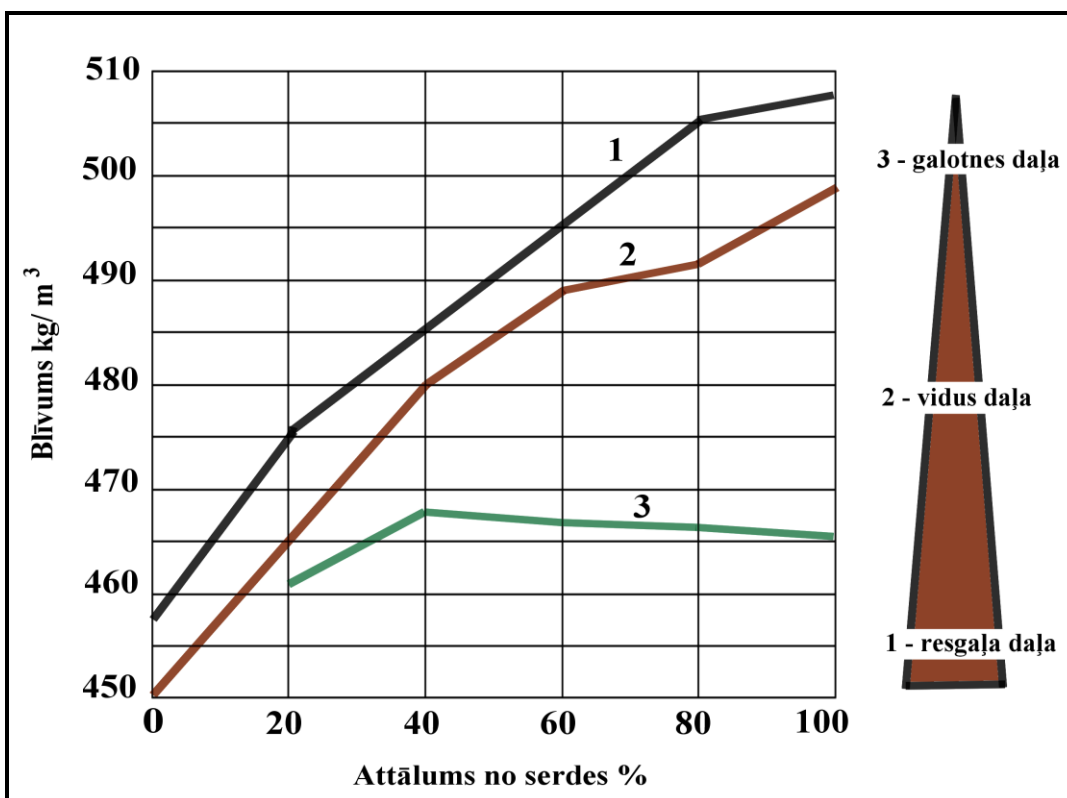
Atkarībā no novietojuma stumbrā izmaiņas priedes un bērza koksnes blīvumā absolūti sausā stāvoklī ir šādas (skatīt 18. un 19. attēlā) (Уголев, 2001).



18. att. Priedes koksnes blīvuma izmaiņas atkarībā no vietas stumbrā

No 18. attēla redzams, ka priedes koksnes blīvums samazinās no stumbra resgaļa galotnes virzienā. Vidēji koksnes blīvums virzienā uz galotni samazinās par 15 %.

Stumbra resgalī un vidusdaļā priedes koksnes blīvums virzienā no serdes uz mizu palielinās par 10 %, bet galotnes daļā – par 3 %.



19. att. Bērza koksnes blīvuma izmaiņas atkarībā no vietas stumbrā

No 19. attēla redzams, ka bērza koksnes blīvums samazinās no stumbra resgaļa galotnes virzienā. Atšķirība starp resgaļa un vidusdaļas blīvuma rādītājiem ir salīdzinoši neliela. Koksnes blīvums virzienā uz galotni samazinās vidēji par 5 %.

Stumbra resgalī un vidusdaļā bērza koksnes blīvums virzienā no serdes uz mizu palielinās par 10 %, bet galotnes daļā izmaiņas ir salīdzinoši niecīgas.

8. Masas metode kokmateriālu tilpuma novērtēšanā

Ražošanā nākas risināt divus atšķirīgus uzdevumus:

1. pēc iekrauto kokmateriālu tilpuma kubikmetros novērtēt kravas masu tonnās, lai autotransporta un kravas kopēja masa nepārsniegtu 52 tonnas;
2. pēc kravas masas tonnās novērtēt iekrauto kokmateriālu tilpumu kubikmetros.

Lai pārrēķinātu no masas vienībām uz tilpumu vai otrādi, ir jāizmanto pārrēķina koeficienti. Kravu nosvērt ir samērā vienkārši. Var izmantot pie automašīnas greifera piemontētu hidraulisku svara novērtēšanas ierīci, kas svēršanas rezultātu uzrāda celtna kabīnes monitorā (Līpiņš, Liepa, 2007).

Grūtāk ir izraudzīties pārrēķina koeficientu apaļiem nemizotiem lietkoksnē kokmateriāliem. Šo koeficientu ietekmē koku suga (tās blīvums), koksnes mitrums, caurmērs, mizas tilpums, virsmērs vai garuma novirze, cirsmu atlieku, sniega un ledus daudzums (Līpiņš, Liepa, 2007).

12. tabula

Koeficienti kubikmetru pārrēķināšanai tonnās, $t\ m^{-3}$

Koku suga	Svaigi cirstas koksnes blīvums dažādos mēnešos												Vidējais
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Priede	0,81	0,85	0,84	0,83	0,81	0,79	0,78	0,78	0,80	0,83	0,85	0,85	0,81
Egle	0,73	0,79	0,77	0,74	0,71	0,70	0,69	0,69	0,70	0,72	0,75	0,78	0,73
Bērzs	0,94	0,94	0,94	0,95	0,97	0,90	0,88	0,89	0,91	0,93	0,94	0,94	0,94
Apse	0,81	0,81	0,83	0,84	0,85	0,81	0,75	0,70	0,74	0,83	0,85	0,82	0,81

12. tabulā parādītas pārrēķina koeficientu ($t\ m^{-3}$) vērtības, kas būtībā raksturo svaigi cirstas koksnes blīvumu. Pārrēķinam izmantojama šāda formula:

$$m = V \times k, \quad (7.)$$

kur: m - kravas masa, t;

V - tilpums, m^3 ;

k - pārrēķina koeficients, $t\ m^{-3}$ (Līpiņš, Liepa, 2007).

Ja kravā iekrauti lietkoksnē apaļie kokmateriāli, tad papildus jāņem vērā arī mizas tilpums, kas nav ietverts kravas tilpumā, bet kravas masu palielina. Tāpat neuzskaitīts ir virsmērs un tilpuma noteikšanas novirze. Līdz ar to tabulā iekļautie koeficienti nav izmantojami bez papildus pārrēķina (Līpiņš, Liepa, 2007).

Arī 13. tabula ar koeficientiem tonnu pārrēķināšanai kubikmetros ($\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$) ir pielietojama tikai malkas pārrēķinam (Līpiņš, Liepa, 2007).

13. tabula

Koeficienti tonnu pārrēķināšanai kubikmetros, $\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$

Koku suga	Svaigi cirstai koksnei dažādos mēnešos												Vidējais
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Priede	1,17	1,18	1,19	1,20	1,24	1,27	1,28	1,28	1,25	1,20	1,17	1,17	1,23
Egle	1,26	1,27	1,3	1,35	1,43	1,43	1,45	1,45	1,42	1,38	1,33	1,28	1,37
Bērzs	1,06	1,07	1,06	1,05	1,11	1,11	1,13	1,12	1,10	1,07	1,06	1,06	1,06
Apse	1,24	1,21	1,20	1,19	1,24	1,24	1,33	1,43	1,35	1,21	1,18	1,22	1,23

Pārrēķinam izmantojama formula:

$$V = m \times k,$$

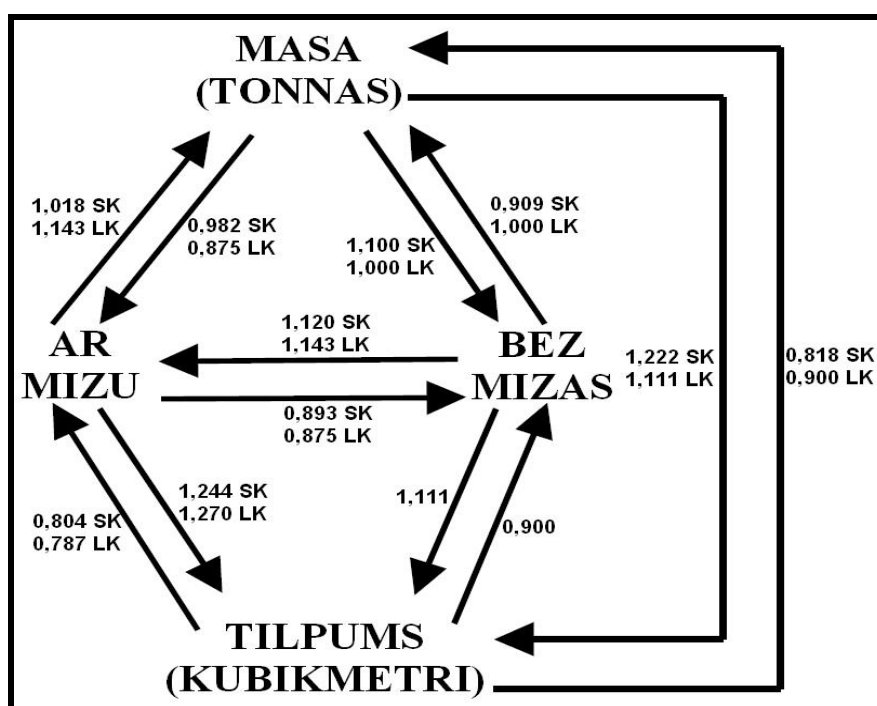
(8.)

kur: V - tilpums, m^3 ;

m - masa, t;

k - pārrēķina koeficients, $\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$ (Līpiņš, Liepa, 2007).

Lielbritānijā pārrēķina koeficienti tiek izmantoti dažādās atskaitēs un statistikai, lai veiktu pārrēķinus no kubikmetriem uz tonnām un otrādi. Šajos aprēķinos atsevišķi koeficienti ir skujkoku koksnei (SK) un lapkoku koksnei (LK) skatīt 20. attēlu (Gillam, Henderson, 2000).



20. att. Lielbritānijā lietotie pārrēķina koeficienti

9. Koksnes mitruma un blīvuma pētījumi Latvijā

Koksnes fizikāli - mehānisko īpašību pētījumi Latvijā sevišķi aktīvi norisinājās 20. gadsimta sākumā. Latvijas brīvvalsts laikā liela vērtība tika pievērsta katrai niansei, kas ļautu uzlabot ražotās produkcijas kvalitāti un celtu tās vērtību. Pētījumus vadīja docents A. Kalniņš sadarbībā ar inženieriem - mežkopjiem P. Fūrmani un R. Liepiņu. Docents Kalniņš galvenokārt pievērsies bērza koksnes fizikālo un mehānisko īpašību pētījumiem. Iesāktos pētījumus par bērza koksnes īpašībām visa mūža garumā ir turpinājis A. Rozēns.

1996. gada zinātniskā darba pārskatā „Koksnes kā materiāla kompleksā un perspektīvā izvērtēšana” ir atrodami dati par priedes koksnes blīvuma rādītājiem, kas ir iegūti no paraugkokiem, kas auguši Misas un Tomes mežniecībās. Koksnes mitrums un blīvums tika noteikts saskaņā ar valsts standarta 16483.7-71 prasībām. Paraugu ņemšana norisinājās tikai jūnija mēnesī, līdz ar to nav iespējams noteikt kā mitruma un blīvuma rādītāji mainītos gada griezumā.

Latvijā augušas koksnes fizikālo un mehānisko īpašību pētīšana ir atsākta 1998. gadā, un tā ir atspoguļota zinātniskā darba pārskatā par 1999. gadu „Koksnes kā materiāla kompleksā un perspektīvā izmantošana”. Pētījumu gaitā ir aplūkotas priedes un egles koksnes paraugi, kas ir iegūti no Misas, Daugavpils, Strenču un Smiltenes virsmežniecībās sagatavotajiem balķiem. Pētījumā ir iekļautas sekojošas galvenās nodaļas:

1. paraugkoku kvantitatīvo rādītāju lieluma izpēte;
2. skuju koku zāgmateriālu mehānisko īpašību pētījumi;
3. koksnes konstrukciju materiālu aizsardzība no priekšlaicīgas bojāšanās.

Šī pētījuma gaitā koksnes mitrums augošā kokā nav pētīts. Realizējot koksnes mehānisko īpašību noteikšanu, ir pētīts koksnes paraugu blīvums. Diemžēl iegūtie rezultāti par koksnes blīvumu nedod pilnu ainu par skuju koksni Latvijā, jo koksnes paraugi nav iegūti no visiem Latvijas reģioniem, kā arī nav iespējams noteikt, no kuras vietas augošā kokā blīvuma paraugs ir iegūts.

Koksnes mitruma un blīvuma pētījumi ir turpināti 2000. gada projekta „Bērza koksnes un bērza saplākšņu fizikāli mehāniskās īpašības atkarībā no koka augšanas apstākļiem un saplākšņu ražošanas tehnoloģijas”. Pētījumi ir veikti par kārpainā (āra) bērza (*Betula pendula*) un pūkainā (purva) bērza (*Betula pubescens*) koksnes fizikālām īpatnībām. Projekta mērķis bija dot primāro ieskatu par Latvijā augošo bērzu koksnes struktūru un tehniskajām īpašībām. Šī projekta ietvaros tika nozāģēti un izpētīti 3 bērza paraugkoki (2 bērzi slapjā damaksnī un viens bērzs sausajā damaksnī). Šī pētījuma ietvaros bērza koksnes paraugiem tika noteikts gan mitrums svaigi cirstai koksnei, gan blīvums. Paraugu ņemšanas laikā ievērotā darba metodika ļauj noteikt parauga atrašanās vietu augošā kokā. Kaut darba metodika ir būtiski uzlabota, salīdzinot ar iepriekšējos gados veiktajiem pētījumiem, tomēr, ņemot paraugus projekta gaitā, netika analizēta koka augšanas vietas un parauga ņemšanas laika ietekme uz fizikālām un mehāniskajām īpašībām.

Bērza koksnes pētījumi ir turpināti 2005. gada projektā „Bērza koksnes un bērza saplākšņu ekspluatācijas īpašības atkarībā no koka augšanas apstākļiem un saplākšņu ražošanas tehnoloģijas”. Pētījumu gaitā ir ņemti kārpainā bērza koksnes paraugi no Gulbenes, Valkas un Liepājas reģioniem, kas ir auguši platlapju ārenī, damaksnī un vērī. Projekta ietvaros ir noskaidrota bērza koksnes blīvuma un mehānisko īpašību izmaiņas atkarībā no kokmateriālu uzglabāšanas ilguma.

2008. gada Meža attīstības fonda finansētajā pētījumā „Tievkoksnes, kas iegūta no lauksaimniecības transformētajās meža zemēs, īpašību raksturojums un konkurētspēja” ievākti egles un apses tievkoksnes paraugkoki no Ieriķu, Maltas, Auces, Valmieras un Kalsnavas mežniecībām, arī no pieejamām MPS, un galvenokārt no stādījumiem bijušajās lauksaimniecības zemēs (1/z). Salīdzinājumam ņemti arī citi paraugi. Kopā 45 paraugkokiem

noteiktas fizikālās īpašības (blīvums, gadskārtu platums, vēlinās koksnes saturs u.c.) un galveno komponentu (celuloze, lignīns, ekstraktīvās un minerālvielas) saturs. Pētījumu gaitā ir secināts, ka bijušajās lauksaimniecības zemēs egles un apses (hibrīdapses) augušas 8 - 40 gadu, to blīvums ir intervālā 378 – 573 kg/m³, gadskārtu platums līdz pat 6,8 mm (apsei).

No iepriekš teiktā var secināt, ka stumbra koksnes mitruma un blīvuma rādītāji ir fragmentāri, neaptver visu Latvijas teritoriju, pētāmo koku skaits ir neliels un iegūtie rezultāti nav vispārināmi. Tāpat nav vērtēta ciršanas laika, koku caurmēra un vecuma ietekme uz koksnes fizikāliem rādītājiem.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Anttonen S., Piispanen R., Ovaska J., Mutikainen P., Saranpää P., Vapaavuori E. (2002) Effects of defoliation on growth, biomass allocation, and wood properties of *Betula pendula* clones grown at different nutrient levels. Canadian Journal of Forest, 32: 498-508.
2. Gillam S., Henderson A. (2000) Statistics on British timber harvested and used by primary wood processing industries in Great Britain 1987-1999. Economics and Statistics Unit of the Forestry Commission. 27 p.
3. Hakkila P. (1962) Forest seasoning of wood intended for fuel chips. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 54(4): 1-82.
4. Hakkila P. (1966) Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 61(5): 1-98.
5. Hakkila P. (1979) Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 96(3): 59.
6. Heräjärvi H. (2004) Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems. Wood and Fiber Science, 36(2): 216-227.
7. Kalniņš A. (1947) Mežsaimniecības un kokrūpniecības produktu pārbaude. Rīga: Latvijas valsts izdevniecība. 318 lpp.
8. Kops L. (1997) Būvkoks. Rīga: Mācību apgāds. 188 lpp.
9. Līpiņš L., Liepa I. (2007) Apaļo kokmateriālu uzmērīšana. Jelgava: LLU Meža fakultāte. 104 lpp.
10. Millers M. (2007) Priedes un bērza stumbru gredzenošanas ietekme uz mitruma izmaiņām un plaisāšanu : bakalaura darbs. LLU Meža izmantošanas katedra. 62 lpp.
11. Möttönen V., Luostarinen K. (2005) Discolouration of sawn birch (*Betula pendula*) timber from plantation forests during drying: The role of condensed tannins in discolouration of birch wood. Baltic Forestry, 11(1): 13-20.
12. Ollinmaa P. (1960) On certain properties of wood growing on drained swamps. Acta Forestalia Fennica: 72(2). 24.
13. Ozoliņš A. (2005) Praktiskā koksne. Rīga: Apgāds „Jumava”. 96 lpp.
14. Repola J. (2006) Models for vertical wood density of Scots pine, Norway spruce and birch stems, and their application to determine average wood density. Silva Fennica, 40(4): 673–685.
15. Sterner L. G., Hedenberg Ö. (2003) Genetic parameters of wood, fibre stem quality and growth traits in a clone test with *Betula pendula*. Scandinavian Journal of Forest, 18: 103-110.
16. Tuherm H. (2005) Zāģmateriālu žāvēšanas kvalitāte Latvijas kokapstrādes uzņēmumos, tās atbilstība standartu prasībām un uzlabošanas iespējas. Jelgava: LLU. 75 lpp.
17. Vaņins S. (1950) Koksnes zinātne. Rīga: Latvijas valsts izdevniecība. 464 lpp.

18. Ванин С. (1949) Древесиноведение. Москва: Гослесбумиздат. 476 с.
19. Уголев Б. Н.. (2001) Древесиноведение с основами лесного товароведения. Москва: Московский государственный университет леса. 310с.
20. Чудинов Б. С. (1984) Вода в древесине. Москва: издательство „НАУКА”. 267 с.