

# MODELIS KOKSNES BIOMASAS APRĒKINĀŠANAI BĒRZA JAUNAUDZĒS

## Lauku darbu metodika

Koksnes biomasas noteikšanai izvēlēti bērza stādījumi uz normāla mitruma augsnēm. Pavisam kopā bērza jaunaudzēs nozāģēti un analizēti 400 koki 10 Latvijas pagastos (1. att., 1. tabula).



1. att. Paraugkoku zāģēšanas vietas.

1. tabula

### *Paraugkoku raksturojums*

Vieta	Paraugkoku skaits	Paraugkoku vidējie rādītāji				
		Krūšaugstuma caurmērs, cm	Stumbra garums, m	Zaļo zaru masa, kg	Sauso zaru masa, kg	Stumbra biomasa, kg
Aizpute	21	10.4	10.5	15.1	0.8	40.7
Gaigalava	44	12.2	15.4	13.3	1.9	80.1
Kārķi	30	13.1	17.4	13.4	2.0	97.1
Mālpils	35	9.5	10.1	10.8	1.6	37.0
Padure	35	11.9	13.4	12.2	2.4	67.1
Rēmbate	40	12.3	14.5	13.3	2.2	81.3
Sabile	30	12.4	13.1	17.0	2.1	68.8
Iecava	31	9.5	12.5	9.5	1.7	44.0
Ukri	90	12.1	12.7	16.4	2.0	62.9
Zante	44	8.0	8.7	7.9	0.8	22.5

**Paraugkoki nozāģēti atbilstoši sekojošai metodikai.** Katram nozāģējamam kokam ar augstummēru nomērīts koka augstumu un uz stumbra atzīmēts ziemeļu virziens. Par celma augstumu tiek uzskatīts augstums, kas atbilst 1% no koka augstuma. Piem.: ja koka augstums ir 12 m, tad celma augstums ir 12 cm no zemes virsmas. Pirms nozāģēšanas celma augstumu atzīmē uz stumbra ar krāsu. No šīs vietas nomēra 1.3m augstumu un atzīmē to uz stumbra virsmas. Aizzāģējumu koka gāšanai taista virs atzīmētā celma augstuma. Lai nepieļautu stumbra sašķelšanos gāšanas brīdī, celma apakšējā daļā zem zāģējuma augstuma jāveido aizzāģējums 5...10 cm zem drošības joslas. Pēc koka nogāšanas celms tiek nozāģēts līdz ar atzīmēto celma augstuma līniju.

Pēc nogāšanas stumbru rūpīgi atzaro un ar mērlenti precīzi nomēra tā garumu. Ar krāsu visā koka garumā atzīmē ziemeļu virzienu. Koku atzaro un no vainaga vidus izvēlās vienu vidējo zaru, kuru marķē, uz tā atzīmējot paraugkoka numuru un pievienojot atzīmi KC. No sauso zaru daļas arī izvēlās vienu paraugzaru un marķē identiski. Visus zarus savāc un nosver atsevišķi (1) sausos zarus; (2) zaļos zarus. Izvēlētos paraugzarus iepakoj celofāna maisos un nogādā laboratorijā mitruma analīzēm.

Uz nogāztā koka virsmas ar krāsu izveido atzīmes ik pa 1m (kokiem, kuru garums ir līdz 20 m) vai ik pa 2m, (ja koka garums ir 20 m un vairāk). Koku sadala sekcijās un katru sekciju atsevišķi nosver. Ja pamata sekciju svārs ir par lielu, lai to uzceltu uz svāriem, tās var sadalīt vēl uz pusēm. Sverot pirmo sekciju (numerāciju sāk no resgaļa), pievieno arī koksnes aizžāģējuma ripu, kura tika nogriezta no celma daļas un „gāšanas nagu”.

Katras sekcijas vidusdaļā ar pieauguma svārstu (12 mm diametrs) iegūst koksnes serdeni (mitruma paraugs), kuru ievieto plastmasas mēģenē un nomarķē, uzrakstot paraugkoka numuru un sekcijas numuru. Tad katras sekcijas galā ar svārstu iegūst otru koksnes paraugu blīvuma mērījumiem. Šo paraugu iepakoj iepriekš sagatavotās papīra konteineros, kuri arī tiek marķēti (paraugkoka numurs un sekcijas numurs).

Ja nepieciešams, koksnes paraugus drīkst sadalīt gabalos atbilstoši mēģenes garumam, bet blīvuma paraugi jāsadala precīzi 14cm no serdes (mēģenes garums) un pārējais.

Celmu un sakņu masas noteikšanai izrakti... celmi un saknes līdz 2 mm diametram. Izrakto celmu nogādā institūta teritorijā, kur ar augstspiediena sūkņa palīdzību celmi tiek noskaloti, nosvērti un tiem tiek noteikts tilpums.

Celmiem ar pilnībā izrakto sakņu sistēmu no saknēm tiek atdalīta sakņu frakcija 2mm-20mm. Katra no šīm saknēm tiek svērtā atsevišķi. Tilpums un svārs tiek noteikts atsevišķi celma daļai (iepriekš atzāģējot saknes), saknēm līdz 20 mm un saknēm 20mm-2mm. No katras no šīm grupām tiek iegūti un iepakoti paraugi blīvuma un koksnes mitruma noteikšanai laboratorijā. Paraugu iepakojšana un marķēšana notiek atbilstoši norādījumiem, kuros aprakstīta koksnes paraugu ievākšana mežaudzē. No celma daļas un resnajām saknēm koksnes paraugus iegūst ar pieauguma svārpstu, bet no tievākajām saknēm tiek ņemta šķērsriezuma ripa apm. 2 cm biezumā.

### **Laboratorijas darbu metodika**

Koksnes paraugu izņem no iepakojuma un iegremdē ūdenī vismaz uz ½ stundu. Pēc parauga piesūcināšanas ar ūdeni to nosusina, atdala mizu un sadala 2cm segmentos sākot no mizas. Katru segmentu numurē ar marķieri, uzrakstot kodu– (1)paraugkoka numuru, (2)sekcijas numuru, (3)segmenta numuru. Ja segments ir par mazu, lai uz tā uzrakstītu kodu, tam pievieno papīra lapiņu. Pēdējo segmentu no urbuma skaidas atdala, ja tā garums ir vismaz 1cm.

Visiem segmentiem un mizai ar blīvuma noteikšanas cilindru nosaka parauga svaru un blīvumu 2 atkārtojumos. Svarīgi, lai koksnes paraugi tiktu analizēti piesūcinātā stāvoklī – nedrīkst pieļaut, lai tie pēc piesūcināšanas ilgstoši tiek turēti sausumā – blīvuma noteikšanai jānotiek nekavējoties pēc paraugu sadalīšanas un segmentu marķēšanas.

Koksnes blīvums tiek aprēķināts pēc formulas:

$$\rho = \frac{m_0}{V} \quad (1)$$

kur:

$\rho$  - koksnes blīvums;

$m_0$  - koksnes masa gaissausā stāvoklī;

V - koksnes tilpums pilnībā piesūcinātam paraugam.

Pēc blīvuma noteikšanas paraugi tiek ievietoti žāvējamā skapī un žāvēti temperatūrā 105°C 24 stundas. Pēc tam paraugus izņem no skapja un nekavējoties nosver. (Paraugi pēc žāvēšanas ļoti ātri absorbē mitrumu no gaisa). Paraugu masu reģistrē tabulā un paraugus vēlreiz ievieto žāvējamā skapī. Pēc 4 stundām paraugus sver vēlreiz. Procedūru atkārto līdz parauga masa ir nemainīga.

Mitruma koksnes paraugi ir iepakoti celofāna maisiņos, lai transportēšanas laikā tie saglabātu mitrumu. Laboratorijā paraugus izņem no iepakojuma, attīra no gružiem un nosver. Pēc nosvēršanas paraugi tiek ievietoti žāvējamā skapī un žāvēti temperatūrā 105°C 24 stundas. Pēc tam paraugus izņem no skapja un nekavējoties nosver. Paraugu masu reģistrē tabulā (2. tabula) un paraugus vēlreiz ievieto žāvējamā skapī. Pēc 4 stundām paraugus sver vēlreiz. Procedūru atkārto līdz parauga masa ir nemainīga.

2. tabula

Laboratorijas mērījumu rezultātu tabula

Vieta	Stumbra koksnes blīvums, kg m <sup>-3</sup>	Vidējā biomasa gaissausā stāvoklī, kg		
		Zaļie zari	Sausie zari	Stumbrs
Aizpute	0.439	7.62	0.51	18.93
Gaigalava	0.459	6.97	1.25	33.69
Kārķi	0.447	7.09	1.38	42.33
Mālpils	0.439	5.66	1.04	17.14
Padure	0.436	6.64	1.56	31.07
Rembate	0.446	6.80	1.41	38.30
Sabile	0.448	9.58	1.47	30.39
Iecava	0.457	5.01	1.12	18.39
Ukri	0.444	8.76	1.42	27.28
Zante	0.458	4.30	0.51	9.31

Koka stumbra vidējais mitrums un tilpums aprēķināti kā vidējais svērtais blīvums no 1m intervālos zāģētajām ripām kā svarus izmantojot ripu šķērslaukumus.

### Datu apstrāde un rezultāti

Lai atvieglotu stumbra vidējā šķērslaukuma un mitruma aprēķināšanu, modelis, kuri pieļauj minētos rādītāju aprēķināšanai izmantot koksnes paraugus, kuri iegūti 1.3 m augstumā. Izveidotā lineārais regresijas modeļa vispārīgais vienādojums:

$$y = a + bx \quad (2)$$

kur:  $y$  – rezultatīvā pazīme (bērza stumbra vidējais mitrums vai blīvums);  
 $x$  – faktoriālā pazīme (koksnes mitrums vai blīvums 1.3m augstumā);  
 $a$ ,  $b$  – modeļa parametri.

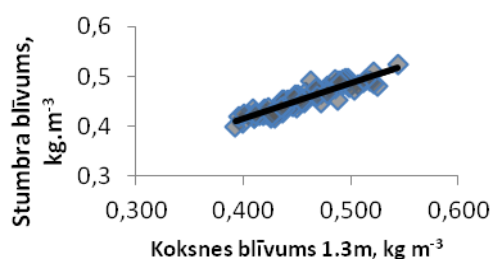
Modeļa parametri apkopoti 3. tabulā. Mūsu dati apliecina, ka pastāv cieša lineāra sakarība starp koksnes parametriem krūšaugstumā un kopējo stumbra blīvumu un mitrumu (2. un 3. att.). Datu apstrādes laikā tika mēģināts veidot modeli, kurā papildus koksnes parametriem krūšaugstumā tika izmantoti arī mērījumi, kuri veikti stumbra augšdaļā – 70% no stumbra augstuma. Šāds modelis neuzrādīja būtiski

labākus rezultātus. Praktiskai pielietošanai daudz izdevīgāka ir vienkārša metode, kur stumbra vidējā blīvuma un mitruma noteikšanai pietiek paņemt koksnes paraugu (urbuma skaidu) 1.3 m augstumā, kas ļauj stumbra koksnes parametrus noteikt bez koka nozāģēšanas.

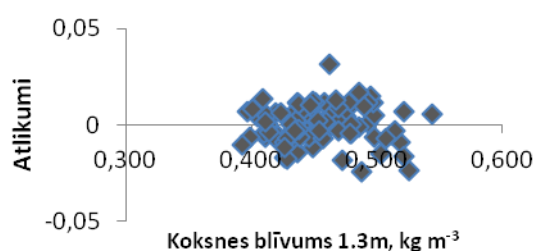
3. tabula

*Modeļa parametri bērzu stumbru vidējā blīvuma un mitruma aprēķināšanai kā faktoriālo pazīmi izmantojot koksnes blīvumu un mitrumu 1.3m augstumā*

Modelis	Koeficienti ( $\pm SE$ )		RMSE	E%	R <sup>2</sup>
	a	b			
Stumbra vidējais blīvums (kg m <sup>-3</sup> )	0.1230 $\pm$ 0.014	0.7113 $\pm$ 0.030	0.007	1.270	0.86
Stumbra vidējais mitrums (%)	0.120 $\pm$ 0.017	0.748 $\pm$ 0.033	0.006	1.032	0.86

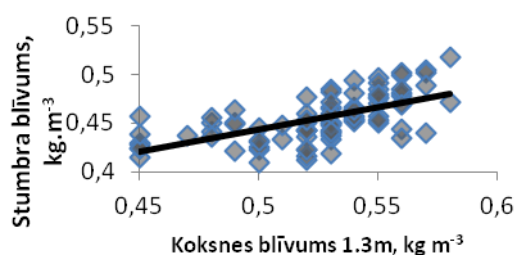


a

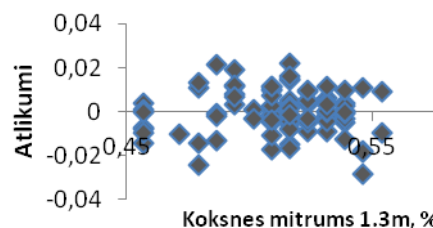


b

2. att. Koksnes blīvuma modeļa (a) un regresijas atlikumu (b) grafiskie attēli.



a



b

3. att. Koksnes mitruma modeļa (a) un regresijas atlikumu (b) grafiskie attēli.

Bērzu stumbru un atsevišķu frakciju biomasa modelēta pielietojot pakāpes funkciju:

$$y = ax^b; \quad (3)$$

kur:  $y$  – rezultatīvā pazīme (bērza stumbra vai atsevišķu frakciju biomasa absolūti sausā stāvoklī, kg);

$x$  – faktoriālā pazīme (koka diametrs 1.3m augstumā, cm);

$a$ ,  $b$  – modeļa parametri.

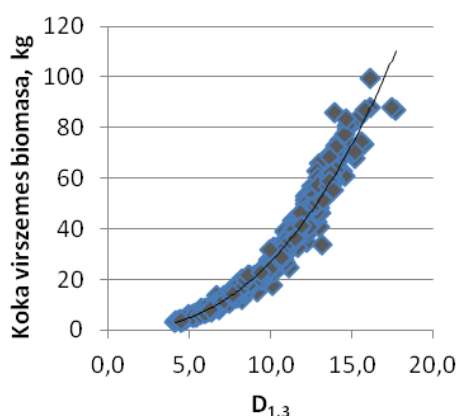
Koku stumbra krūšaugstuma caurmērs ir pazīme, kura ļoti labi izmantojama koka kopējās virszemes daļa biomasas un atsevišķu frakciju apjoma modelēšanai par ko liecina augstie vienādojumu regresijas vienādojumi (4. tabula). Grafiskie attēli liecina, ka modelētā pakāpes funkcijas līkne samērā precīzi seko empīrisku datu izkliedei. Vislielākā datu izkliede ir sauso zaru biomasas aprēķiniem. Šajā gadījumā atmirušo zaru biomasas apjomu lielā mērā nosaka ne tikai koku parametri, bet arī koku skaits

audzē un reproduktīvā materiāla ģenētiskās īpašības. Praktiskai pielietošanai koku biomasas aprēķiniem bērzu jaunuzdēs visplašāk pielietojama funkcija kopējās koku biomasas aprēķināšanai.

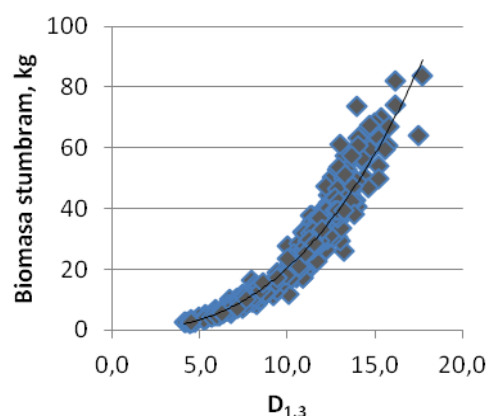
4. tabula

*Modeļa parametri bērzu absolūti sausas biomasas aprēķināšanai kā faktoriālo pazīmi izmantojot koka diametru 1.3m augstumā*

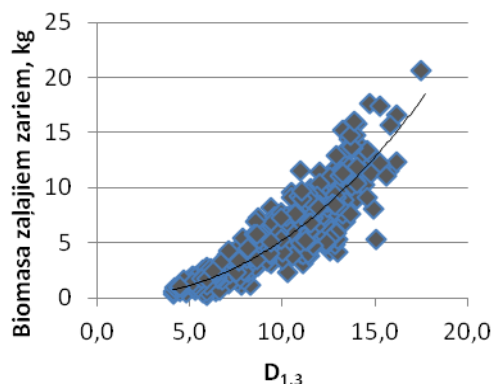
Modelis	Koeficienti ( $\pm SE$ )		$R^2$
	a	b	
Koka kopējā virszemes biomasā	0.096 $\pm$ 0.009	2.455 $\pm$ 0.037	0.95
Stumbra biomasā	0.051 $\pm$ 0.007	2.614 $\pm$ 0.051	0.92
Zaļo zaru biomasā	0.048 $\pm$ 0.009	2.064 $\pm$ 0.076	0.77
Sauso zaru biomasā	0.010 $\pm$ 0.004	1.971 $\pm$ 0.153	0.42



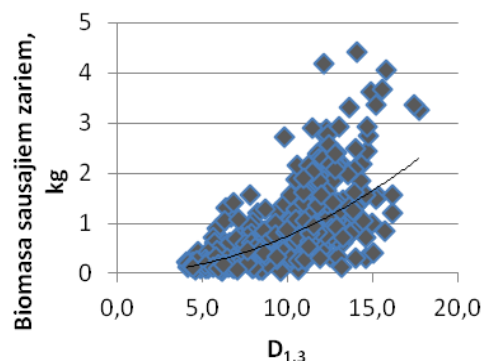
a



b



c

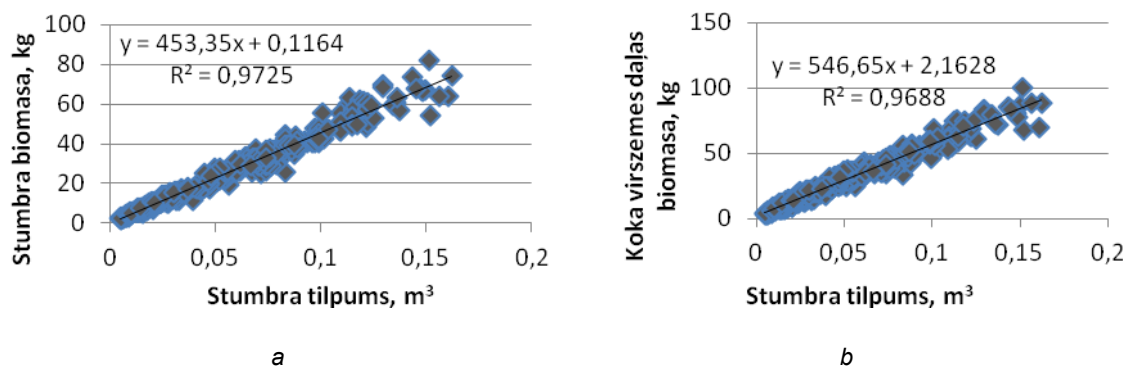


d

5. att. Koku virszemes daļas biomasā gaisausā stāvoklī atkarībā no stumbra krūšaugstuma diametra; a- kopējā, b- stumbra, c- zaļo zaru, d- sauso zaru.

Mūsu rezultāti apliecina, ka starp bērzu stumbru tilpumu un koksnes biomasu gaisausā stāvoklī pastāv cieša lineāra sakarība (6. att.). Atšķirībā no stumbra tilpuma, kurš, izmantojot koku morfometriskos mērījumus, ir aprēķināms pēc jau iepriekš izstrādātām formulām (piem. R. Ozoliņa, I.Liepas formulas), koku biomasas apjoma noteikšanai nepieciešams veikt virkni mērījumu gan lauka apstākļos, gan laboratorijā. Balstoties uz projektā iegūtajiem datiem, ir izstrādāti pārejas koeficienti, kas ļauj pārrēķināt rezultātā no stumbra tilpuma iegūt stumbra koksnes un koka kopējo virszemes daļas biomasu. Pārrēķina koeficienti apkopoti tabulā (5. tabula).

Koeficientu pielietojanas ierobežojums – koku augstums ir robežās no 4.5 līdz 20 m ( $4.5 < H < 20$ ).



6. att. Bērzu stumbra tilpuma un biomasas attiecība; a- stumbru biomasa, b – virszemes daļas biomasa.

Pārrēķina koeficienti koksnes biomasas gaissausā stāvoklī izrēķināšanai tonnās no bērzu stumbru tilpuma kubikmetros

4. tabula

	Pārrēķina koeficients
Stumbra biomasa	0.458
Koka kopējā virszemes biomasa	0.626