

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

Zinātniskā pētījuma

**Koku stumbra formas veidules un sortimentu
iznākuma prognožu noteikšanas
*starpatskaite***

Projekta vadītājs: Dr.silv. Dagnis Dubrovskis

Projekta izpildes grupa:

Ziedonis Sarmulis

Dr. sc.ing. LLU Asoc.profesors

Salvis Daģis

Mg.sc.ing. LLU doktorants

Agris Zimelis

*Mg.sc.ing. LLU MF lektors, LLU
doktorants*

Ingus Šmits

*Mg.sc.ing. LLU ITF lektors, LLU
doktorants*

Mārtiņš Krūmiņš

Bac.sc.ing. LLU MF maģistrants

Raivis Baltmanis

Bc.sc.ing. LLU ITF students

JELGAVA 2012

Saturs

1.	Koku sadalījuma pa caurmēra pakāpēm asimetrijas pētījums	3
1.1.	Apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanas nepieciešamība	3
1.1.1.	Koku stumbru krājas aprēķināšana	5
1.2.	Pētījumā izmantotie dati un metodika	7
1.3.	Rezultāti	9
1.3.1	Lineārās regresijas asimetrijas novērtējums	9
1.3.2.	Šķībnormālā sadalījuma modelis	11
1.	Datu ieguve ar harvesteru izstrādātajās cismās atbilstoši metodikai	14
	Augošu koku kvalitātes vērtēšanas sākotnējie rezultāti	14
2.	Zemes lāzera skenera pielietošana precīzu augoša koku stumbra formas datu iegūšanai	29
1.	Koka celma caurmēra un krūšaugstuma caurmēra sakarību noteikšana izmantojot zemes lāzera skenera datus	30
1.1.	Priede	31
1.2.	Egle	32
1.3.	Bērzs	33
1.4.	Melnalksnis	34
	Secinājumi	44

1. Koku sadalījuma pa caurmēra pakāpēm asimetrijas pētījums

1.1. *Apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanas nepieciešamība*

Ikvienu meža īpašnieka un apsaimniekotāja uzdevums ir maksimizēt mežizstrādes procesā iegūtās koksnes vērtību. Tāpēc cirsmu izstrādē īpaši svarīgi sagatavot apaļos kokmateriālus pēc tādas apaļo kokmateriālu dimensiju specifiskācijas (apaļkoka resnuma grupas un garumus), kas nodrošina visracionālāko apaļo kokmateriālu iznākumu. Lai to panāktu nepieciešama ciršanai paredzēto nogabalu inventarizēšana. Šobrīd Latvijā tiek lietotas šādas metodes:

- Ciršanai paredzēto koku uzmērīšana dastojot;
- nogabala acumēra inventarizācija.
- Kā nākotnē perspektīva metode tiek attīstīta kombinētā meža inventarizācijas metode, kurā tiek izmantoti LIDAR dati.

Ciršanai paredzēto koku instrumentālas uzmērīšanas metode kokus dastojot, uzskatāma par precīzāko metodi, tomēr tā ir darbietilpīga un dārga. Tās izmaksas pārsniedz acumēra taksācijas metožu izmaksas 4-12 reizes. Tāpēc nepieciešams attīstīt tādas metodes, kas nodrošina pietiekamu rezultātu precizitāti pie minimālām izmaksām.

Latvijā mežsaimniecības praksē izmantotas vairākas apaļo kokmateriālu prognozēšanas metodes:

- Prof. Anučina preču tabulas;
- Prof. I.Liepas formulas audžu kopu sortimentu iznākuma noteikšanai;
- Prof. R.Ozoliņa stumbru tilpuma formula sortimentu iznākuma noteikšanai;
- Prof. R.Ozoliņa virtuālas dastlapas un augstumlīknes algoritms sortimentu struktūras noteikšanai.
- AS Latvijas valsts meži apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanas vienādojumi

Lietojot atšķirīgas metodes konstatēti šādi trūkumi:

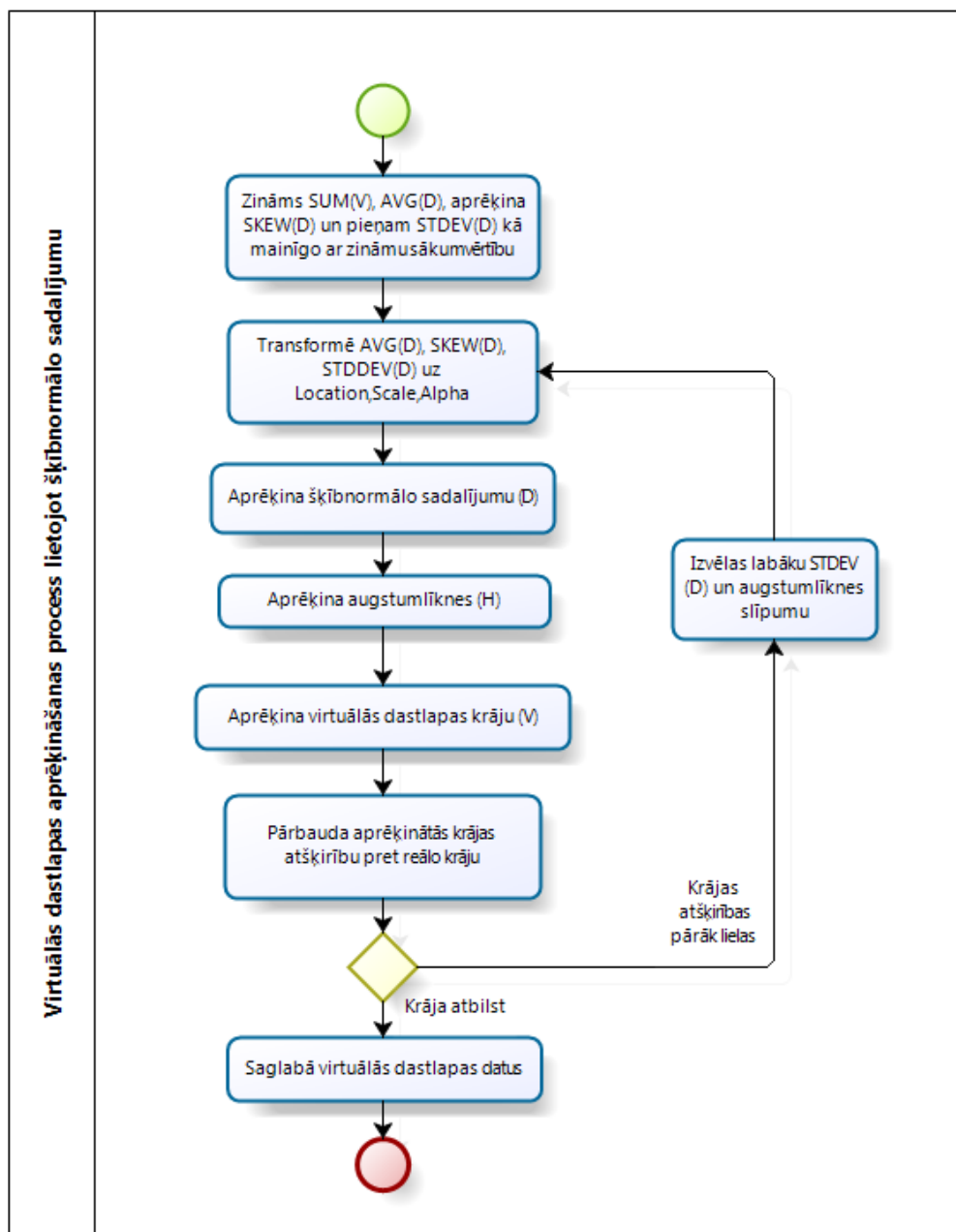
1. Nav iespējams veikt operatīvas izmaiņas apaļo kokmateriālu dimensiju specifiskācijas formulēšanā (Anučina, Liepas tabulas un vienādojumi, AS Latvijas valsts meži apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanas vienādojumi);
2. Netiek vērtēta stumbru kvalitātes ietekme uz apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēm;
3. Nepilnīgi novērtēta koku skaita sadalījuma caurmēra pakāpēs ietekme uz apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēm.

Acumēra taksācijas metožu attīstība saistāma ar kokaudžu uzbūves un kvalitātes pētījumiem. Apaļo kokmateriālu iznākuma prognozēšanai nepieciešams izmantot ticamu informāciju par koku sadalījumu caurmēra pakāpēs un koku augstumu. Līdz šim Latvijā lietotajā Prof. R.Ozoliņa virtuālas dastlapas un augstumlīknes algoritmā sortimentu struktūras noteikšanai ietverta šķībnormālā sadalījuma funkcija, kas modelē koku skaita sadalījumu caurmēra pakāpēs, tomēr līdz šim nav precizēti šādi formulas parametri, kuriem ir būtiska ietekme uz rezultātu kvalitāti:

1. Koku skaita sadalījuma pa caurmēra pakāpēm asimetrijas rādītājs;
2. Standartnovirzes modelis (katrai sugai);
3. Precizēts modelis ar lielāku paraugkopu.

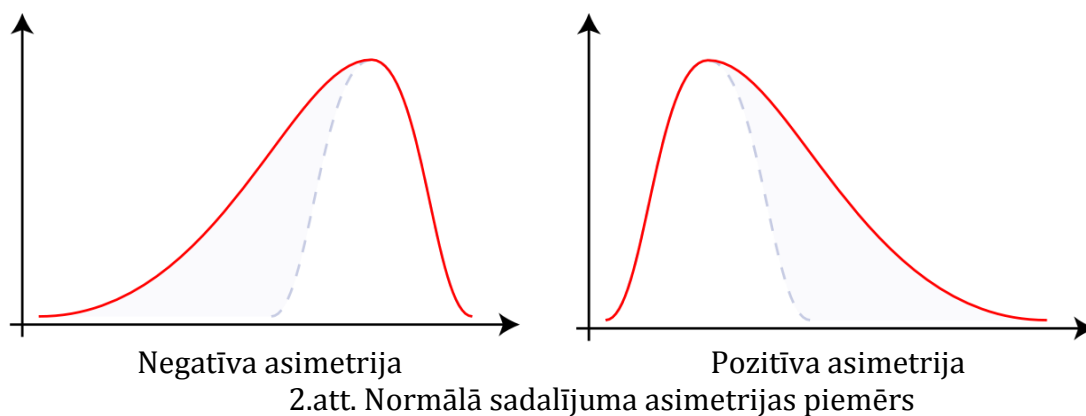
Veicot atsevišķu cirsmu koku mērījumu statistikas datu analīzi secināts, ka koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs tuvinās normālajam sadalījumam (Glazov 1976), tomēr dažādu faktoru ietekmē bieži konstatētas audzes, kurās koku skaita sadalījums caurmēra pakāpēs ir asimetrisks. Tāpēc virtuāli aprēķinot koku skaitu dažādās caurmēra pakāpēs jālieto šķībnormālā sadalījuma funkcija.

Virtuālās dastlapas aprēķināšanas process atspoguļots 1.attēlā:



1.att. Virtuālās dastlapas aprēķināšanas procesa shēma

Asimetrijas koeficients (skewness) ir statistikas rādītājs, kurš norāda uz to, cik lielā mērā dati atbilst normālajam sadalījumam. Apskatot caurmēra sadalījumu un tā iespējamās asimetrijas (2.att), ja nogabalā ir liels skaits resno koku un tievie mazākā skaitā pārstāvēti - tad tas atbilst negatīvas asimetrijas gadījumam. Pozitīva asimetrija būtu pretēji, kur dominē tievāki koki un retāk sastopami resnie koki.



Normālā sadalījuma blīvuma funkcija (1)

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (1)$$

Kumulatīvā sadalījuma funkcija (2)

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \phi(t) dt = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right) \right] \quad (2)$$

Lai šīm sadalījuma funkcijām pievienotu vietas ξ un mēroga ω vērtības, nepieciešama vidējās vērtības transformācija (3)(4)

$$x \rightarrow \frac{x - \xi}{\omega} \quad (3)$$

$$f(x) = \frac{2}{\omega} \phi\left(\frac{x - \xi}{\omega}\right) \Phi\left(\alpha \left(\frac{x - \xi}{\omega}\right)\right). \quad (4)$$

Normālais sadalījums tiek iegūts pie asimetrijas koeficienta $\alpha = 0$ un sadalījums ir pa labi sašķiebts $\alpha > 0$ un pa kreisi sašķiebts, ja $\alpha < 0$.

Sadalījuma šķībums ir ierobežots intervālā $[-1, 1]$.

Tiešo parametru **mean**, **sigma**, **skewness** transformācija uz centralizētajiem parametriem **location**, **scale**, **alpha**

$$\mu_z = \lambda \cdot \frac{2}{\pi \cdot (1 + \lambda^2)} \quad (5)$$

$$\sigma_z = \sqrt{1 - \mu_z^2} \quad (6)$$

$$\gamma = 0.5 \cdot 4 - \pi \cdot \frac{\mu_z}{\sigma_z^3} \quad (7) \text{ (location)}$$

$$\sigma = \omega \cdot \sigma_z \quad (8) \text{ (scale)}$$

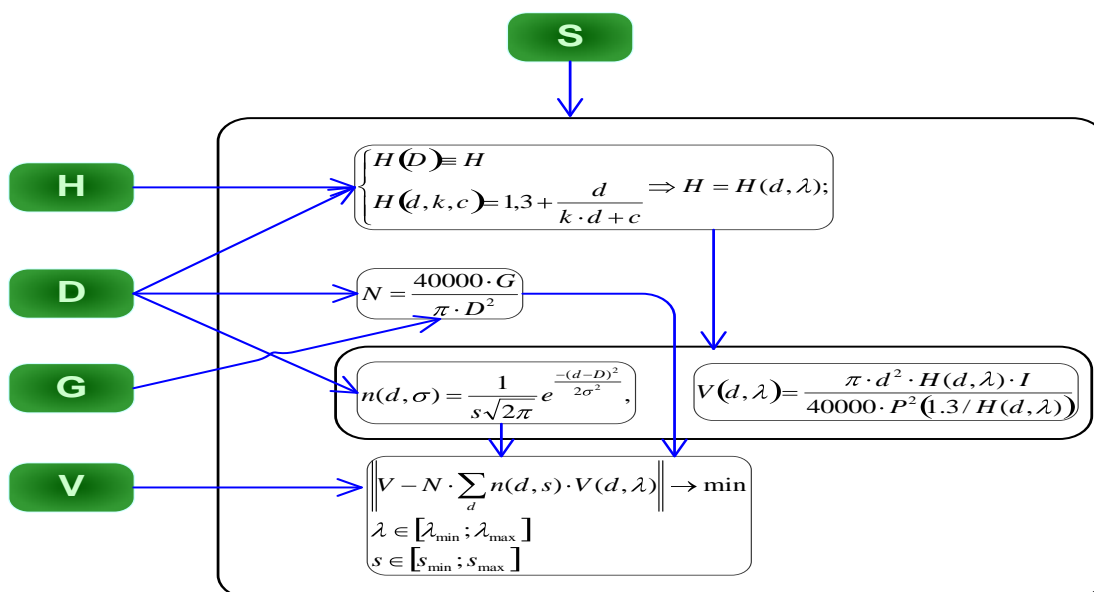
$$\mu = p + \sigma \cdot \frac{\mu_z}{\sigma_z} \quad (9) \text{ (alpha)}$$

1.1.1. Koku stumbru krājas aprēķināšana

Koksnes krājas aprēķināšanu katrai sugai var izteikt attēlā 3. Attēlā parādīts taksācijas pamatdatu izmantošanas algoritms virtuālās dastlapas un augstumlīknes konstruēšanai, koksnes krājas aprēķināšanai pa caurmēra pakāpēm.

1. koku suga, kas var būt priede (P), egļu (E), bērzs (B), melnalksnis (M), apse (A), baltalksnis (Ba), osis (Os) vai ozols (O) jo sestās kārtas polinoma konstantes ir dotas tikai šīm sugām; pārējām jāizvēlas kāda no šīm, vēlams bioloģiski tuvāka;
2. vidējais caurmērs, (Dkvadr)
3. vidējais koka augstums, Hvid (m);
4. šķērslaukums, ko izsaka kvadrātmetros uz vienu hektāru, lietotais apzīmējums – m^2/ha ;
5. krāja, (V) m^2/ha . Aprēķinos tiek izmantota prof. R.Ozoliņa stumbra tilpuma
6. koku skaits, pie izejas informācijas ir pieskaitīts arī koku skaits uz vienu hektāru, kas apzīmēts ar N.

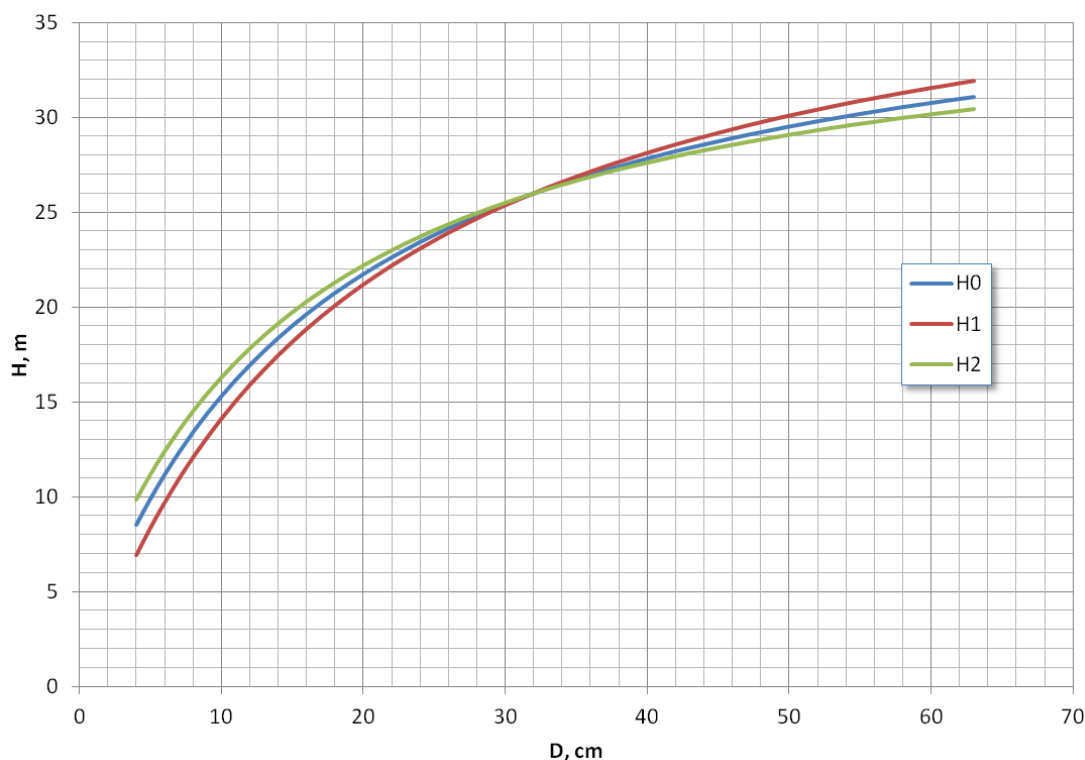
Pēc šiem pieciem rādītājiem tiek konstruēti virtuālā dastlapa un virtuālā augstumlikne.



3.att. Koku stumbru krājas aprēķināšanas algoritms

Augstumlikņu korekcija:

Virtuālajā dastlapā konstruēto koku kopējā krāja nedrīkst atšķirties no meža inventarizācijā aprēķinātās kopējās krājas. Tāpēc, lai novērstu atšķirības, tiek modelētas augstumliknes. Augstumlikņu korekcija tiek veikta pret vidējā augstuma vērtību, mainot liknes šķībumu. Iterācijas rezultātā tiek iegūta tāda augstumlikne, pēc kuras aprēķinātā meža elementa kopējā krāja sakrīt ar meža inventarizācijā aprēķināto krāju (sk. 4.att.)



4.att. Koku augstuma līknes korekcijas piemērs

1.2. Pētījumā izmantotie dati un metodika

Šajā pētījumā lietoti LVM dastlapu dati un paraugkopā analizēti 10822 nogabalu dati, kurās uzmērīti 13 233 109 koki.

1.tabula

Analizēto datu apjoms		
Suga	Nogabalu skaits	Koku skaits
Priede	6379	1884665
Egle	14551	6363032
Bērzs	9377	2785431
Melnalksnis	3153	689080
Apse	4699	1071011
Baltalksnis	770	331064
Ozols	327	54368

Pētījumā tika izvirzīta hipotēze, ka koku sadalījums pa caurmēra pakāpēm neatbilst normālajam sadalījumam pie dažādiem vidējiem caurmēriem. Lai pārbaudītu šo hipotēzi tika veikta datu statistiskā analīze ar PostgreSQL datubāzes un R-project rīku palīdzību. Sākotnējie dati (2.tabula) tika pārstrukturēti un normalizēti atbilstoši statistikas rīku vajadzībām (3.tabula). Rezultātā no 1 538 197 dastlapas ierakstiem Excel failos tika iegūti 13 233 109 ieraksti, jeb koku parametri PostgreSQL datubāzē.

2.tabula.

Origināli apkopotie dastlapu dati

	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Atslēga	KvApg	KV	Nogabali	NogabaluPlatibas	Stavs	Suga	CaurmeraPakape	Resna	Vidēja	Tievā	Malka	Ekoloģiskie koki	Sēklinieki	AugstumuMerijumi
2	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	12	0	0	1	0	0	0	17.5;
3	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	14	0	1	0	0	0	0	
4	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	16	0	0	1	0	0	0	0
5	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	18	1	0	0	0	0	0	0
6	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	19	0	1	1	0	0	0	0
7	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	20	0	1	0	0	0	0	0
8	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	21	3	0	0	0	0	0	0
9	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	22	2	1	0	0	0	0	0
10	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	23	5	0	0	0	0	0	0
11	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	24	1	0	1	0	0	0	19.0; 21.5; 24.5;
12	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	25	2	1	0	0	0	0	
13	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	26	3	1	0	0	0	0	0
14	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	27	3	0	0	0	0	0	0
15	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	28	0	0	0	0	0	0	24.0; 23.5; 26.0;
16	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	29	2	0	0	0	0	0	
17	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	30	1	0	0	0	0	1	0
18	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	32	0	0	0	0	0	1	28.0; 28.5; 27.0;
19	091035193270130	103	270	130	1.5	1	1	33	1	0	0	0	0	0	

3.tabula

Transformētā datu struktūra PostgreSQL datubāzes tabulā

id	cirsmas_kods	aat	stavs	s	a	h	d	kvalitate	h_merijumi
106 768	173 629	4	1	3	64	29.19	36 R	{29.0}	
106 769	173 629	4	1	3	64	29.19	36 R	{29.0}	
106 770	173 629	4	1	3	64	29.19	36 R	{29.0}	
106 771	173 629	4	1	3	64	29.19	36 M	{29.0}	
106 772	173 629	4	1	3	64	29.55	37 R	{27.0}	
106 773	173 629	4	1	3	64	29.55	37 R	{27.0}	
106 774	173 629	4	1	3	64	29.55	37 R	{27.0}	
106 775	173 629	4	1	3	64	29.55	37 R	{27.0}	
106 779	173 629	4	1	3	64	30.25	39 R	{29.0,31.5}	
106 780	173 629	4	1	3	64	30.25	39 R	{29.0,31.5}	
106 781	173 629	4	1	3	64	30.25	39 R	{29.0,31.5}	
106 782	173 629	4	1	3	64	30.25	39 R	{29.0,31.5}	
106 783	173 629	4	1	3	64	30.25	39 R	{29.0,31.5}	
106 784	173 629	4	1	3	64	30.25	39 R	{29.0,31.5}	
106 805	173 629	4	1	3	64	31.82	44 R	{29.5,30.0}	
106 806	173 629	4	1	3	64	31.82	44 R	{29.5,30.0}	
106 807	173 629	4	1	3	64	31.82	44 R	{29.5,30.0}	
106 808	173 629	4	1	3	64	31.82	44 R	{29.5,30.0}	
106 809	173 629	4	1	3	64	31.82	44 R	{29.5,30.0}	
106 817	173 629	4	1	3	64	18.79	16 R	{18.0}	
106 828	173 629	4	1	3	64	20.87	19 R	{20.0}	
106 829	173 629	4	1	3	64	20.87	19 R	{20.0}	

Šiem dastlapu datiem klāt tika pievienoti vidējie taksācijas dati par 10822 nogabaliem, kur nozīmīgākā papildus informācija ir: nogabala platība, augšanas apstākļu tips, suga, stāvs un vecums.

4.tabula

Taksācijas datu struktūras fragments

	A	D	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	CirsmasID	Gads	KV	nogabals	Nogabala platība	Kadastrs	AAT	BON	PLAT	Pārdodamais apjoms	S	SK	SugaNr	Stavs	A	H	D	G	V/Ha
2	159278	2008	142	180	0.2	80800100025	19	3	0.2	39.1700	1	7	1	1	107	23	29	15.0	158
3	159278	2008	142	180	0.2	80800100025	19	3	0.2	39.1700	3	6	1	1	102	12	10	0.0	
4	159278	2008	142	180	0.2	80800100025	19	3	0.2	39.1700	3	10	1	2	65	12	10	5.0	34
5	159278	2008	142	180	0.2	80800100025	19	3	0.2	39.1700	4	3	2	1	107	23	26	6.0	66
6	159278	2008	142	180	0.2	80800100025	19	3	0.2	39.1700	6	8	1	1	102	26	10	0.0	
7	159278	2008	142	180	0.2	80800100025	19	3	0.2	39.1700	8	7	1	1	102	26	10	0.0	
8	172115	2008	99	010	1.3	88820020166	4	1	1.3	256.8700	1	6	1	1	59	24	28	0.0	
9	172115	2008	99	010	1.3	88820020166	4	1	1.3	256.8700	1	4	2	1	76	24	28	10.0	113
10	172115	2008	99	010	1.3	88820020166	4	1	1.3	256.8700	3	4	4	2	74	25	26	0.0	
11	172115	2008	99	010	1.3	88820020166	4	1	1.3	256.8700	4	6	1	1	76	25	26	15.0	169
12	172116	2008	155	020	0.5	88500060066	21	2	0.5	133.0800	3	3	4	1	76	23	27	7.0	80
13	172116	2008	155	020	0.5	88500060066	21	2	0.5	133.0800	3	10	1	2	66	14	14	7.0	55
14	172116	2008	155	020	0.5	88500060066	21	2	0.5	133.0800	4	4	1	1	76	23	25	9.0	94
15	172116	2008	155	020	0.5	88500060066	21	2	0.5	133.0800	6	1	3	1	76	20	24	2.0	19
16	172116	2008	155	020	0.5	88500060066	21	2	0.5	133.0800	8	2	2	1	76	24	34	5.0	59
17	172117	2008	93	220	1.8	88500020117	10	2	1.8	449.1200	1	6	1	1	84	23	28	0.0	
18	172117	2008	93	220	1.8	88500020117	10	2	1.8	449.1200	3	2	3	1	86	23	28	5.0	57
19	172117	2008	93	220	1.8	88500020117	10	2	1.8	449.1200	3	10	1	2	76	12	14	0.0	51
20	172117	2008	93	220	1.8	88500020117	10	2	1.8	449.1200	4	7	1	1	86	24	26	18.0	195

Bez šiem taksācijas un dastlapas datiem papildus tika aprēķināts (pārrēķināts) šķērslaukums un biezība. Šie rādītāji arī tika iekļauti lineārās regresijas matemātiskajos modeļos.

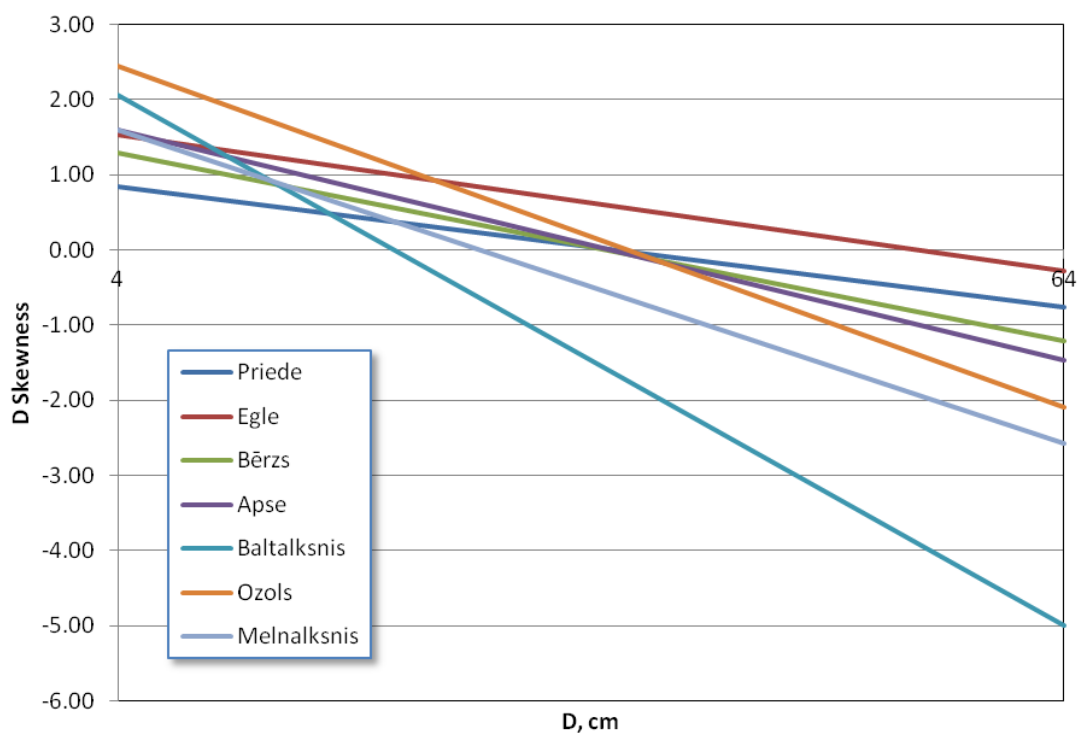
1.3. Rezultāti

1.3.1 Lineārās regresijas asimetrijas novērtējums

5.tabula

Lineārās regresijas asimetrijas novērtēšanas modeļu koeficienti mistraudzēm

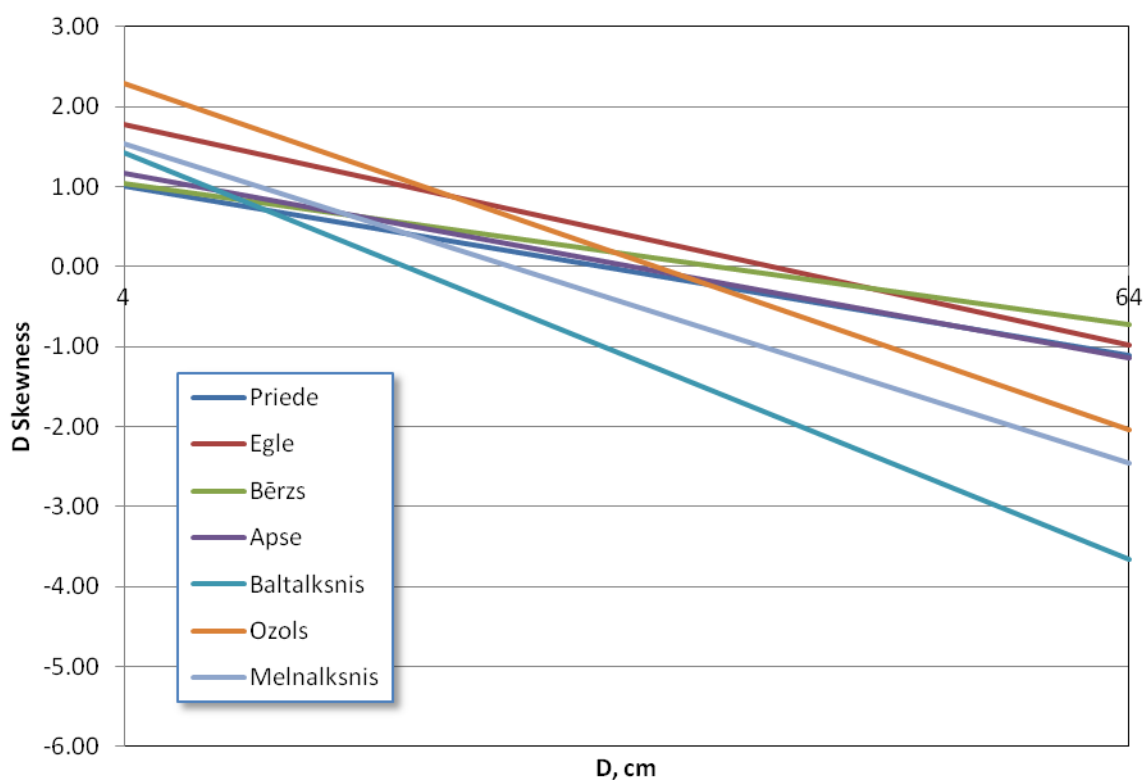
	Datu apjoms	Intercept	Slope * D	R ²	StdErr
Priede	6264	0.9482	-0.0268	0.1216	0.3719
Egle	7745	1.6571	-0.0302	0.0866	0.4597
Bērzs	9287	1.4525	-0.0415	0.1603	0.4678
Melnalksnis	3111	1.8719	-0.0694	0.3375	0.4026
Apse	4540	1.8007	-0.0511	0.3760	0.4991
Baltalksnis	760	2.5264	-0.1174	0.3018	0.6287
Ozols	317	2.7420	-0.0756	0.3321	0.6750



5.att. Mistraudžu lineāro modeļu salīdzinājums

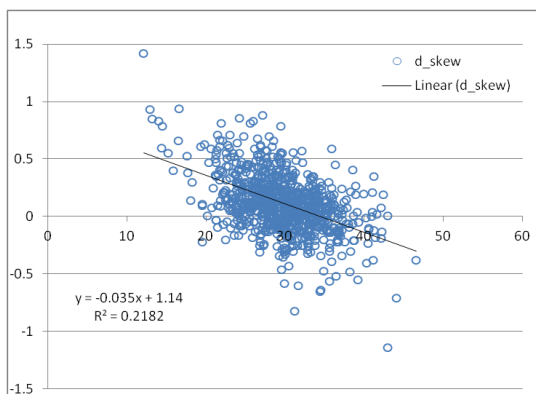
Lineārās regresijas asimetrijas novērtēšanas modeļu koeficienti tīraudzēm

	Datu apjoms	Intercept	Slope * D	R ²	StdErr
Priede	343	1.14546	-0.03522	0.2182	0.2824
Egle	507	1.96933	-0.04601	0.2959	0.3453
Bērzs	405	1.15022	-0.02936	0.3609	0.1653
Melnalksnis	92	1.79632	-0.06647	0.3875	0.3335
Apse	183	1.32262	-0.03856	0.2608	0.3354
Baltalksnis	75	1.75793	-0.08457	0.2668	0.4151
Ozols	67	2.58302	-0.07214	0.3612	0.5352

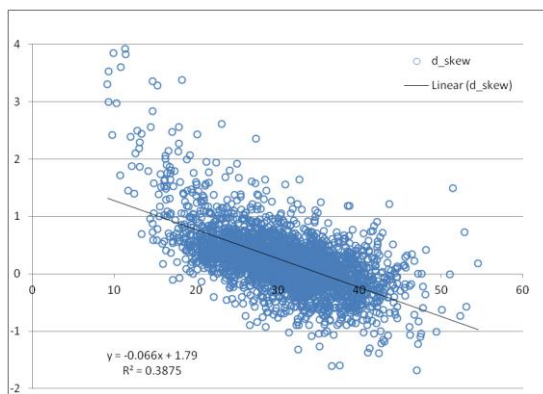


6.att. Tīraudžu lineāro modeļu salīdzinājums

Lineārās regresijas rezultāti liecina par vienādām tendencēm visām koku sugām, kur jaunaudzēs vairāk sastopama pozitīva asimetrija koku sadalījuma pa caurmēra pakāpēm, bet pieaugušām audzēm negatīva. Normālais sadalījums vidēji ir novērojams vidējo caurmēru diapazonā no 22-40cm. Ārpus šī diapazona ir būtiski ņemt vērā asimetrijas rādītājus. grafikos (5.att, 6.att)



Priede



Melnalksnis

7.att. Lineārā regresija priedes un melnalkšņa meža elementiem

7.tabula

Standartnovirzes modeļa regresijas koeficienti

Suga	Datu apjoms	Intercept	Slope * D	R^2	StdErr
Priede	2051	4.463008	0.095631	0.1163	1.338
Egle	804	4.850696	0.077723	0.07111	1.467
Bērzs	1387	3.30625	0.149739	0.2336	1.296
Melnalksnis	1153	4.99878	0.09458	0.0435	1.711
Apse	1688	4.747765	0.123924	0.1187	1.789
Baltalksnis	361	1.55455	0.21221	0.2352	1.259
Ozols	124	4.62278	0.275	0.2905	2.165

1.3.2. Šķībnormālā sadalījuma modelis

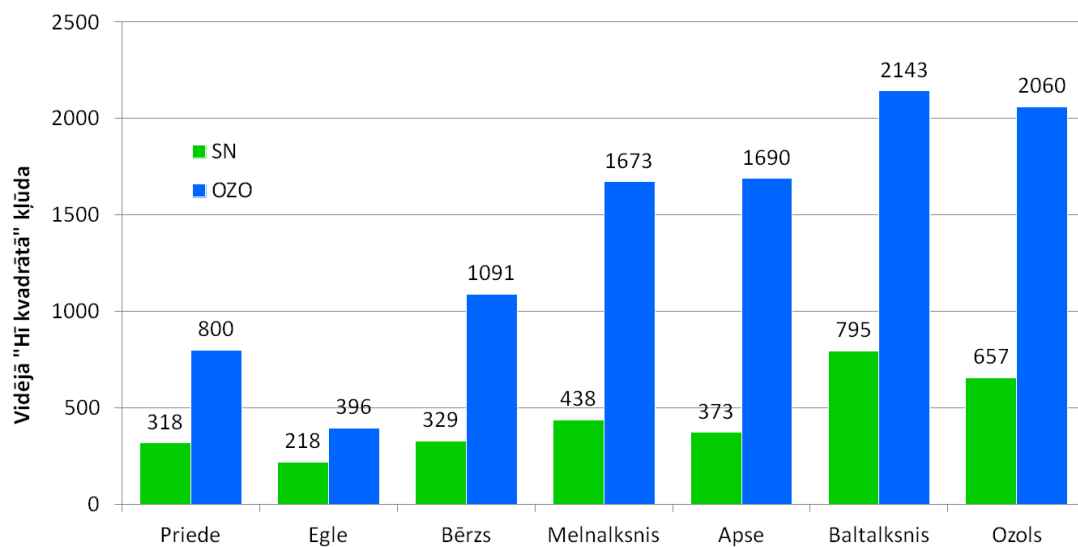
Tika izveidots jauns caurmēra sadalījuma aprēķināšanas modelis, jeb jauns virtuālās dastlapas modelis. Šis modelis (SN) sevī ietver caurmēra normālā sadalījuma asimetrijas rādītāju un pilnveidotu standartnovirzes noteikšanu. Caurmēra standartnovirzes modelis izstrādāts katrai sugai individuāli.

Lai novērtētu SN modeļa precizitāti, tas tika salīdzināts ar patreiz plaši lietoto R.Ozoliņa virtuālās dastlapas modeli (8.tabula, 8. att). Šo abu modeļu iegūtie rezultāti, jeb dastlapas tika salīdzinātas ar 50-100 reālajām dastlapām, kuras uzmērītas mežā un testam izvēlētas pēc nejaušības principa. Par piemērotāko testu dastlapu novērtēšanai tika izvēlēta "Hī kvadrātā" metode $X^2 = (O - E)^2 / E$, kur O - iegūtā vērtība, E - sagaidāmā vērtība.

8.tabula

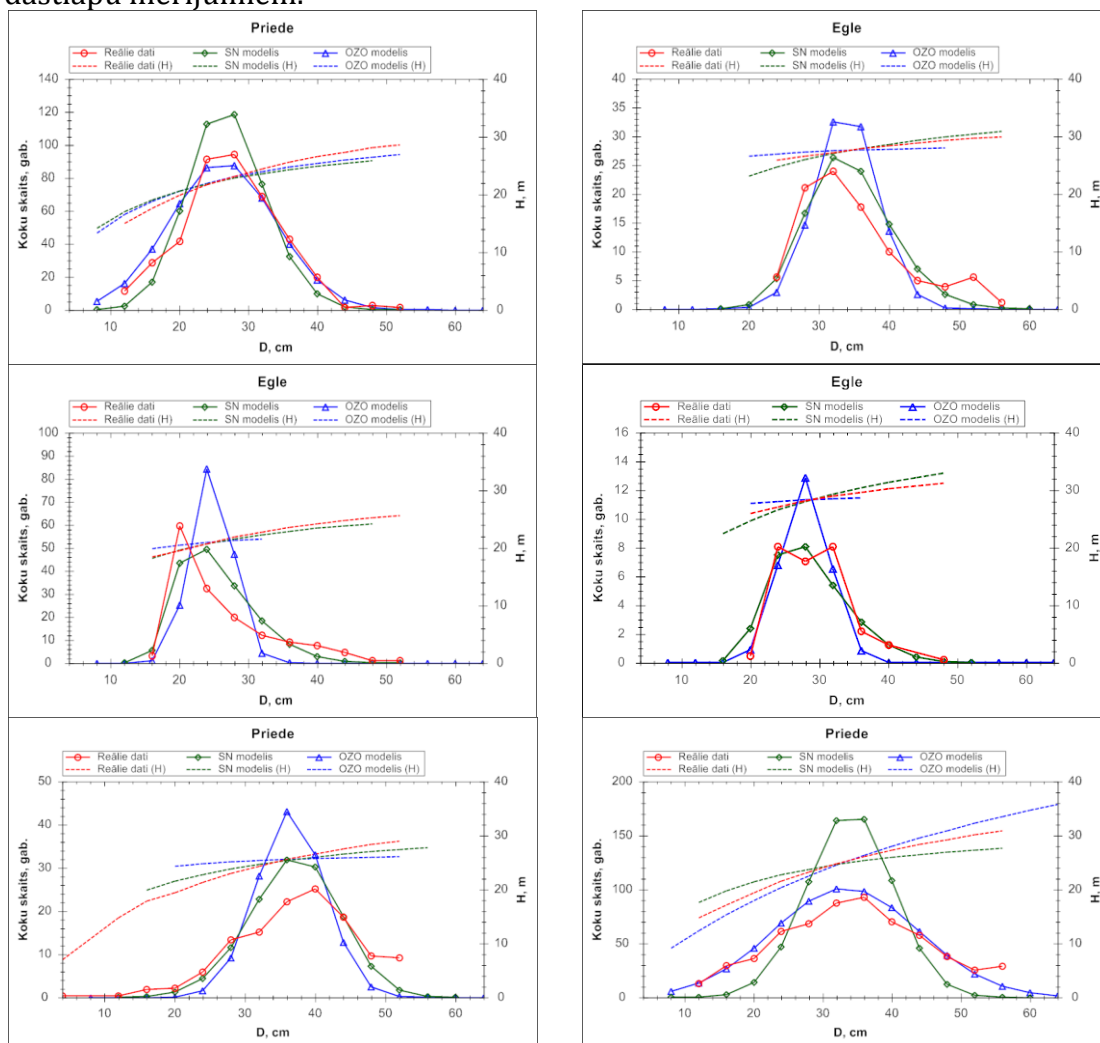
Izpildīto testu skaits un vidējā modeļu kļūda pa sugām

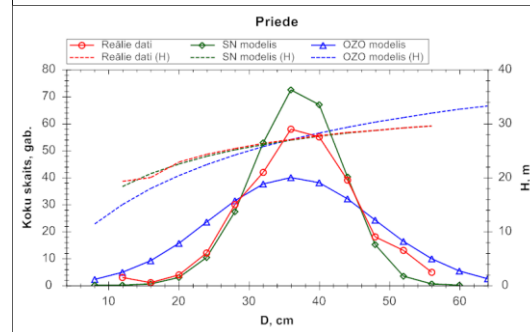
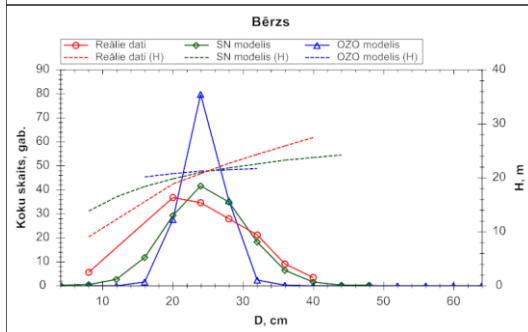
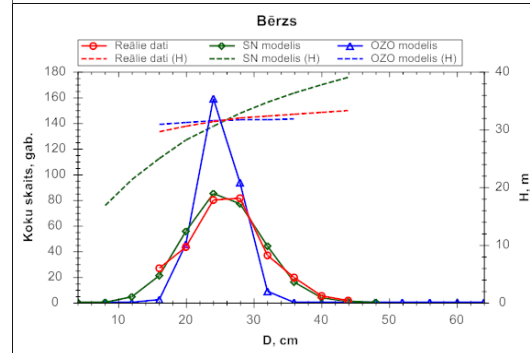
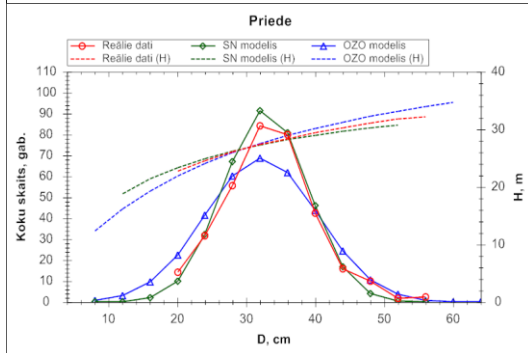
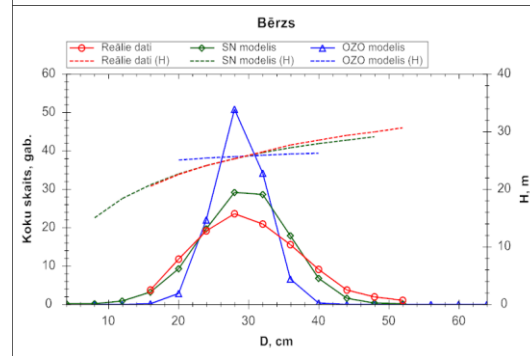
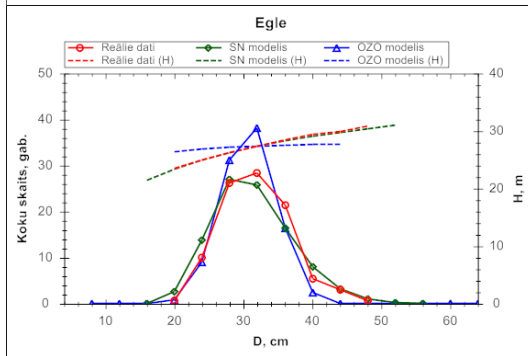
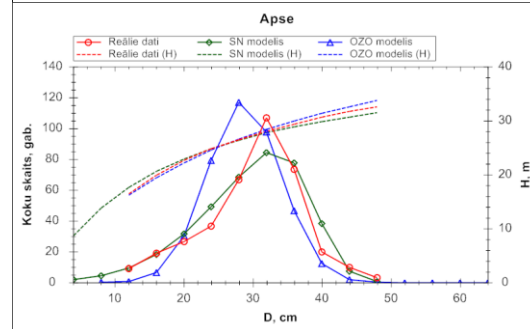
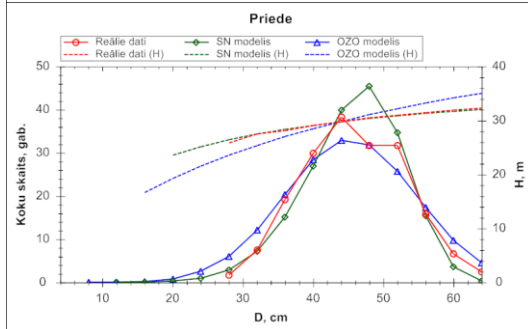
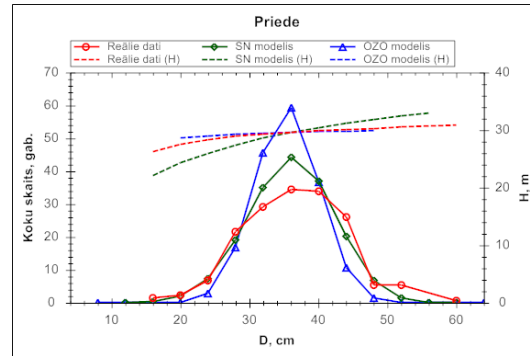
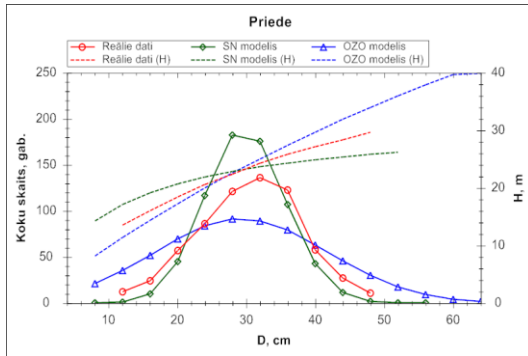
Suga	Skaits	Avg(ChiSquared(SN))	Avg(ChiSquared(OZO))
Priede	100	318	800
Egle	100	218	396
Bērzs	100	329	1091
Melnalksnis	50	438	1673
Apse	50	373	1690
Baltalksnis	50	795	2143
Ozols	50	657	2060



8.att. Kļūdas novērtēšana ar "Hī kvadrātā" testa metodi (mazāks labāk)

Dastlapu ģenerēšanas piemēri ar SN un OZO metodi, salīdzinājumā ar reālajiem dastlapu mērījumiem.





1. Datu ieguve ar harvesteru izstrādātajās cirsmās atbilstoši metodikai

Lauku darbi tiek veikti atbilstoši izstrādātai metodikai. Izpētes objektus atlasa no akciju sabiedrības „Latvijas valsts meži” piedāvātā cirsmu saraksta, kuru pēc vajadzības aktualizē. Pēc objektu apsekošanas dabā un paraugkoku ierīkošanas atbildīgajai personai (mežizstrādes meistaram) tiek nosūtīts e-pasts ar cirsmu platībām, kuras ir paredzētas zinātniskiem nolūkiem. E-pastā tiek norādīts objektu saraksts (kvartāla apgabals, kvartāls un nogabals).

Lauku darbi norisinājušies 44 objektos (cirmās), no kurām 12 objekti ir izstrādāti, harvesteram sagatavojot sortimentus savukārt pārējie tiks izstrādāti vēlāk. Izpētes objekti ir paredzēti:

1. Stumbra veidules izveidošanai – tiek veikti mērījumi celmu, nelikvīdu un galotnes daļā, kā arī iegūti dati no harvestera.
2. Augošu koku vainu vērtēšana audzē – pēc parauglaukumu metodes tiek vērtētas koku vainas cirmā.
3. Augošu koku lāzerskenēšana.

Objekti ierīkoti sekojošos MAAT: Damaksnis, Dumbrājs, Mētrājs, Mētru kūdrenis, Platlārenis, Platl.kūdrenis, Sl.vēris, Šaurlārenis, Šaurl.kūdrenis, Vēris. Izpētei paredzētie objekti ierīkoti „ziemas cirmās”, līdz ar to platību izstrāde notiks sasaluma periodā pie noteikuma, ja ziema būs ar lielāku un noturīgāku salu. Kā papildus ierobežojums cirsmu izstrādē bija pavasara periods, kad mežizstrāde konkrētajos objektos nenorisinājās. Ierīkotajos izpētes objektos kopumā ir izvietoti 720 paraugkoki stumbra veidules precizēšanai, ka arī paralēli tiek veikta vainu vērtēšana audzēs.

Veicot celmu, nelikvīdu, galotņu mērījums un paralēli nosakot sagatavotajiem sortimentiem vainas, šī darba precīzu izpildi apgrūtina cirmā izvietotie sortimenti. Mērījumus veicošajam darbiniekam pārvietojoties pa cirsmu, jāmarķē šie celmi, nelikvīdi un galotnes daļas, turklāt papildus jānovērtē un jānomarķē sagatavotie sortimenti, kas rada papildus sarežģījumus. Apgrūtinoši ir paspēt pamanīt, kur tiek novietoti paraugkoku sortimenti. Līdz ar to pilnībā visiem paraugkokiem šo vainu vērtēšanu var veikt, vienlaicīgi strādājot diviem darbiniekiem, vai paraugkoku ciršanu veikt pēc sortimentu pievešanas cirmā. Līdz šim lielākoties ir darbojušies vienlaicīgi divi darbinieki, kuri dienā var vidēji nomarķēt un uzmērīt divus objektus.

Augošu koku kvalitātes vērtēšanas sākotnējie rezultāti

Augošu koku kvalitātes vērtēšanas nolūkā ievākti dati par ārēji saskatāmām koksnes vainām tajās pašās cirmās, no kurām vēlāk iegūta harvestera borta datora failos uzkrātā informācija par sagatavotajiem sortimentiem. Šā gada pirmajā pusē apsekoti pavisam 2302 koki pa 100m² lieliem apļveida parauglaukumiem. Atbilstoši iepriekš izstrādātajai metodikai katram kokam parauglaukumā uzmērīts krūšaugsstuma caurmērs un koka augstums. Atkarībā no koka veseluma tas ieskaitīts vienā no trim kvalitatīvi atšķirīgām grupām: vesels, daļēji bojāts vai nokaltis. Par veselu atzīts koks bez ārēji saskatāmām stumbra vainām vai nepārprotamām koksnes vainu klātbūtni apliecinošām pazīmēm un ar attiecīgajai koku sugai raksturīgu zarojumu. Ja vērtējamajam kokam ir kāda ārēji saskatāma koksnes vaina, tā stumbra slīpums pārsniedz 5 grādu leņķi, zaru vainaga forma ir izteikti asimetriska, zaru skaits kādā

stumbra garuma daļā vai arī to caurmērs ir lielāks nekā šai koku sugai raksturīgais, tad šāds koks, pat ja tam ir tikai viena no minētajām pazīmēm, tiek ieskaitīts daļēji bojāto koku grupā. Apsekoto koku uzskaites žurnālā katram daļēji bojātam kokam tiek norādīts bojājuma veids, kā arī bojātās daļas zemākais un augstākais attālums koka augstuma virzienā, kas ir instrumentāli uzmērīts reizē ar koka augstuma mērīšanu. Ja vērtējamā koka zaru vainaga daļā nav saskatāms neviens dzīvs elements, tad šo koku ieskaita nokaltušo grupā. Nekādas citas koksnes vainas vai to pazīmes nokaltušajiem kokiem netiek vērtētas.

Apsekoto koku sadalījumu pa minētajām kvalitātes grupām raksturo sekojošs statistiskais vērtējums:

- veseli koki:

- procentuālais īpatsvars,%	37,2
- standartnovirze,%	48,3
- reprezentācijas kļūda,%	1,0
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, %	1,7
- daļēji bojāti koki:

- procentuālais īpatsvars,%	59,6
- standartnovirze,%	49,1
- reprezentācijas kļūda,%	1,0
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, %	1,7
- nokaltuši koki:

- procentuālais īpatsvars,%	3,3
- standartnovirze,%	17,8
- reprezentācijas kļūda,%	0,4
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, %	11,4

Spriežot pēc statistiskajiem rādītājiem, aprēķinātais veselo un daļēji bojāto koku procentuālais īpatsvars nodrošina vismaz 95% ticamību iespējai iegūtos rezultātus attiecināt uz līdzīgām meža galvenās cirtes audzēm. Ja nokaltušo koku īpatsvars tiktu skatīts kā lielums, kas nav saistīts ar veselo un daļēji bojāto koku īpatsvaru, tad 95% ticamības nodrošināšanai vajadzētu apsekot apmēram 6 reizes lielāku koku skaitu. Šajā gadījumā nokaltušie koki pēc būtības ir atlikums, ja no kopējā koku skaita atskaita veselos un daļēji bojātos kokus, kuru procentuālā īpatsvara lielums ir ar statistiski pamatotu ticamību. Tas nozīmē, ka par pietiekami ticamu šoreiz uzskatāms arī iegūtais nokaltušo koku īpatsvara procentuālais lielums.

Apsekoto koku sadalījums pa minētajām kvalitatīvi atšķirīgajām grupām visām koku sugām nav vienāds. Statistiskā vērtējuma atšķirības pa koku sugām bez tam ietekmē arī tas, ka katrā no tām nav apsekots vienāds koku skaits. Iepriekš sagatavotajā metodikā norādīto minimāli nepieciešamo 500 koku skaitu pašlaik pārsniedz tikai egle (946 koki) un priede (656 koki). Starp apsekotajiem kokiem ir tikai 1 kļava un 2 baltalkšņi, tāpat no statistiskās vērtēšanas iespēju viedokļa ir mazs ozola (11 koki) un

liepas (14 koki) skaits. Vēl būtu jāapseko arī apmēram 110 bērzi (pašlaik apsekots 391 koks), 340 melnalkšņi (pašlaik apsekoti 167 koki) un 380 apses (pašlaik apsekoti 114 koki).

Atsevišķu koku sugu sadalījumu pa kvalitātes grupām raksturo sekojošs apsekoto koku statistiskais vērtējums:

Egle

- veseli koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 53,5
 - standartnovirze,% 49,9
 - reprezentācijas kļūda,% 1,6
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 3,0
- daļēji bojāti koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 43,0
 - standartnovirze,% 49,5
 - reprezentācijas kļūda,% 1,6
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 3,7
- nokaltuši koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 3,5
 - standartnovirze,% 18,3
 - reprezentācijas kļūda,% 0,6
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 17,1

Priede

- veseli koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 38,2
 - standartnovirze,% 46,7
 - reprezentācijas kļūda,% 1,8
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 5,7
- daļēji bojāti koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 64,5
 - standartnovirze,% 47,9
 - reprezentācijas kļūda,% 1,9
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 2,9
- nokaltuši koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 3,4
 - standartnovirze,% 18,0
 - reprezentācijas kļūda,% 0,7
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 21,0

Bērzs

- veseli koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 16,12
 - standartnovirze,% 36,8
 - reprezentācijas kļūda,% 1,9
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 11,5
- daļēji bojāti koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 81,3
 - standartnovirze,% 39,0
 - reprezentācijas kļūda,% 2,0
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 2,4
- nokaltuši koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 2,6
 - standartnovirze,% 157,8
 - reprezentācijas kļūda,% 0,8
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 31,2

Apse

- veseli koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 19,3
 - standartnovirze,% 39,5
 - reprezentācijas kļūda,% 3,70
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 19,1
- daļēji bojāti koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 77,2
 - standartnovirze,% 42,0
 - reprezentācijas kļūda,% 3,9
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 5,1
- nokaltuši koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 3,5
 - standartnovirze,% 18,4
 - reprezentācijas kļūda,% 1,7
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 49,1

Melnalksnis

- veseli koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 25,1
 - standartnovirze,% 43,4
 - reprezentācijas kļūda,% 3,4
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 13,4
- daļēji bojāti koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 71,3
 - standartnovirze,% 45,3

- reprezentācijas kļūda,% 3,5
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 4,9
- nokaltuši koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 3,6
 - standartnovirze,% 18,6
 - reprezentācijas kļūda,% 1,4
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 40,1

Ozols

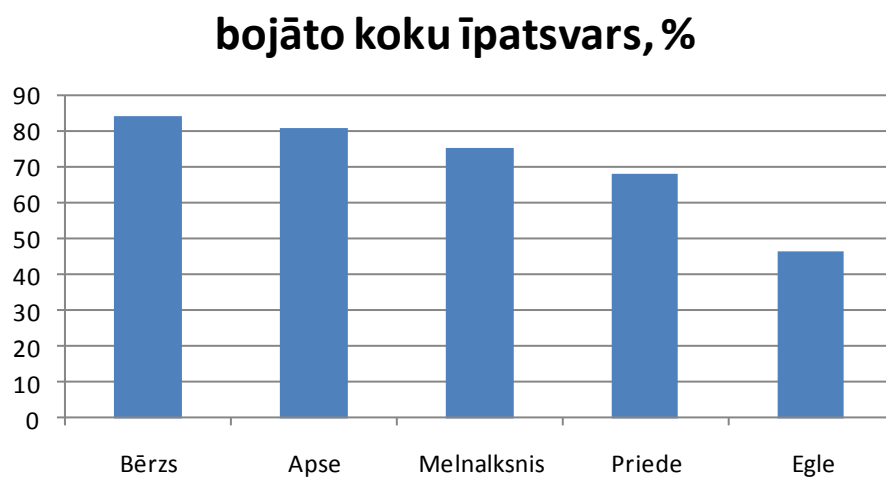
- veseli koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 9,1
 - standartnovirze,% 28,7
 - reprezentācijas kļūda,% 8,7
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 95,3
- daļēji bojāti koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 90,9
 - standartnovirze,% 28,7
 - reprezentācijas kļūda,% 8,7
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 9,5

Liepa

- veseli koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 71,4
 - standartnovirze,% 45,2
 - reprezentācijas kļūda,% 12,1
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 16,9
- daļēji bojāti koki:
 - procentuālais īpatsvars,% 28,6
 - standartnovirze,% 45,2
 - reprezentācijas kļūda,% 12,1
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 42,3

Starp pašlaik apsekotiem kokiem ozolam un liepai nav nokaltušu koku. Ir apsekoti 2 daļēji bojāti baltalkšņi un 1 vesela kļava.

Abu veidu bojāto (nokaltušie koki + daļēji bojātie koki) procentuālais īpatsvars ir lielāks lapu kokiem nekā skuju kokiem, un tikai eglei tas ir nedaudz zem 50% (sk. 9. att.).



9.att. Visu veidu bojāto koku skaita procentuālais īpatsvars

Augošu koku vērtēšanā konstatēto nokaltušo koku vidējos izmērus raksturo sekojoši statistiskā vērtējuma rādītāji:

visi nokaltušie koki:

stumbra caurmērs krūšaugstumā:

- aritmētiskais vidējais, cm 20,4
- standartnovirze, cm 7,5
- reprezentācijas kļūda, cm 0,9
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 4,2

koka augstums:

- aritmētiskais vidējais, m 18,3
- standartnovirze, m 5,9
- reprezentācijas kļūda, m 0,7
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 3,7

nokaltušās egles:

stumbra caurmērs krūšaugstumā:

- aritmētiskais vidējais, cm 19,1
- standartnovirze, cm 7,5
- reprezentācijas kļūda, cm 1,3
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 6,8

koka augstums:

- aritmētiskais vidējais, m 17,8
- standartnovirze, m 6,8
- reprezentācijas kļūda, m 1,2
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 6,7

nokaltušās priedes:

stumbra caurmērs krūšaugstumā:

- aritmētiskais vidējais, cm 21,4
- standartnovirze, cm 7,1
- reprezentācijas kļūda, cm 1,5
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 7,1

koka augstums:

- aritmētiskais vidējais, m 18,1
- standartnovirze, m 5,2
- reprezentācijas kļūda, m 1,1
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 6,2
- stumbra caurmērs krūšaugstumā:

nokaltušie bērzi:

stumbra caurmērs krūšaugstumā:

- aritmētiskais vidējais, cm 22,3
- standartnovirze, cm 8,7
- reprezentācijas kļūda, cm 2,8
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 12,4

koka augstums:

- aritmētiskais vidējais, m 19,5
- standartnovirze, m 5,6
- reprezentācijas kļūda, m 1,8
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 9,1

nokaltušās apses:

stumbra caurmērs krūšaugstumā:

- aritmētiskais vidējais, cm 20,3
- standartnovirze, cm 8,7
- reprezentācijas kļūda, cm 4,4
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 21,5

koka augstums:

- aritmētiskais vidējais, m 17,6
- standartnovirze, m 5,7
- reprezentācijas kļūda, m 2,8
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 16,2

nokaltušie melnalkšņi:

stumbra caurmērs krūšaugstumā:

- aritmētiskais vidējais, cm 20,5

- standartnovirze, cm 6,9
- reprezentācijas kļūda, cm 2,8
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 13,8

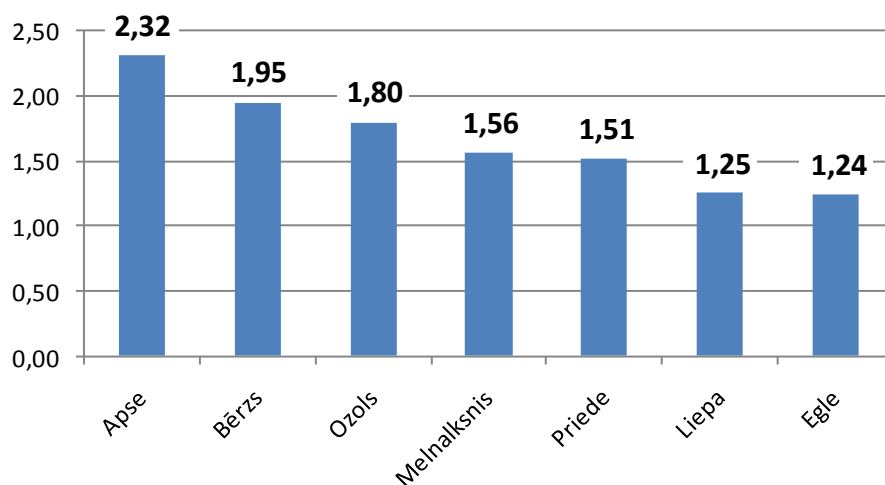
koka augstums:

- aritmētiskais vidējais, m 20,4
- standartnovirze, m 4,1
- reprezentācijas kļūda, m 1,7
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 8,2

Vērtējot pēc reprezentācijas kļūdas relatīvā lieluma jāatzīst, ka pētījuma gaitā apsekoto nokaltušo koku skaitu par statistiski pietiekamu var uzskatīt tikai attiecībā uz visiem nokaltušajiem kokiem kopā. Pa atsevišķām koku sugām tas ir vēlams lielāks, sākot no aptuveni 2 reizēm eglei un priedei līdz pat 10 reizēm apsei, salīdzinot ar pašreizējo katras koku sugas nokaltušo koku skaitu.

Ar t-testa palīdzību salīdzinot nokaltušo koku krūšaugstuma caurmēru eglei un priedei, t.i., tām koku sugām, kur iespējams vērtējums, pamatots ar lielāku nokaltušo koku skaitu, konstatēts, ka atšķirība nav statistiski būtiska, jo varbūtība p, ka rezultātu ticamības rādītāja kritiskais lielums ir lielāks par novērojumos iegūto ($t_{\alpha} > t$) pārsniedz 0,05 ($p=0,27$).

Daļēji bojātiem kokiem līdz šim laikam pētījumā iegūtie dati dod pamatu novērtēt konstatēto koksnes vainu (vai vainas esamību apliecinošu pazīmju) izplatību, vainu skaitu vienam daļēji bojātam kokam un vainu sadalījumu pa stumbra daļām tā garenass virzienā.



10.att. Vidējais konstatēto koksnes vainu skaits vienam daļēji bojātam kokam

Kopumā starp visiem apsekotajiem daļēji bojātiem kokiem vienam stumbram konstatēts vainu skaits, sākot no vienas vainas un līdz pat 6 vainām. Vidējais vainu skaits uz vienu koku ir iegūts kā attiecība starp visu konstatēto vainu skaitu apsekoto daļēji bojāto koku attiecīgajā grupā un koku skaitu šajā grupā. Šādi ir aprēķināts, ka vidējais vainu skaits uz vienu daļēji bojātu koku, nesadalot tos pa sugām, ir 1,51. Tieši

tāds pats vidējais vainu skaita lielums, t.i., aptuveni 3 koksnes vainas uz katriem 2 kokiem, ir daļēji bojātiem priedes kokiem (sk. 10.att.). Vidēji par 18% mazāk koksnes vainu, rēķinot uz vienu koku, ir eglei, bet par 54% vairāk to ir apsei, kur uz katriem 3 kokiem ir aptuveni 7 koksnes vainas. Daļēji bojāto koku skaita procentuālais sadalījums atkarībā no viena kokam konstatēto koksnes vainu skaita rāda (sk. 9.tab.), ka visām koku sugām, izņemot ozolu, kur ir mazs koku skaits, lielāks ir to daļēji bojāto koku skaita īpatsvars, kuriem konstatēta tikai viena koksnes vaina. To koku skaita pārsvars, kuriem atklāta tikai viena vaina, ir lielāks koku sugām ar mazāku koksnes vainu izplatību, kā tas ir eglei un priedei. Koku sugām ar lielāku vainu izplatību (lapu kokiem) ievērojami lielāka daļa koku ir ar vairākām vainām.

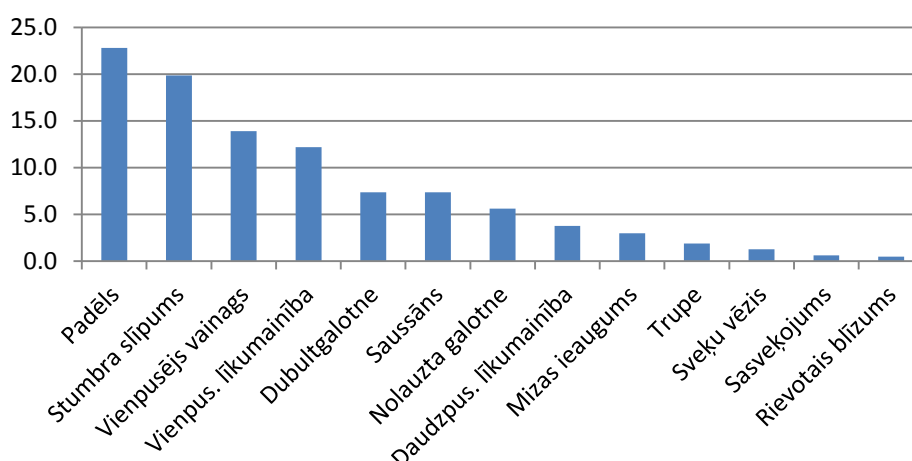
9.tabula

Daļēji bojāto koku skaita procentuālais sadalījums atkarībā no vainu skaita vienam kokam

Koku suga	Vienam kokam konstatēto vainu skaits					
	1	2	3	4	5	6
Priede	61,9	27,0	9,0	2,1	-	-
Egle	79,4	17,7	2,2	0,7	-	-
Bērzs	39,6	36,8	15,4	5,3	2,8	-
Apse	36,4	28,4	12,5	13,6	8,0	1,1
Melnalksnis	55,5	35,3	7,6	0,8	0,8	-
Ozols	30,0	60,0	10,0		-	-
Liepa	75,0	25,0	-	-	-	-

Daļēji bojātajiem kokiem sastopamo koksnes vainu veidu gadījumu skaita procentuālais sadalījums ir atšķirīgs pa koku sugām. Priedei visbiežāk sastopamā koksnes vaina ir padēls (sk. 11.att.). Pēc izplatības nākošais ir stumbra slīpums, kas gan nav koksnes vaina, bet ir neapšaubāma stumbra koksnes zemākas kvalitātes pazīme, jo nevienmērīgs spiedes un stiepes spēku sadalījums stumbra šķērsgriezumā ir cēlonis atšķirīgas formas, izmēru un strukturālā sastāva šūnām dažādās šķērsgriezuma vietās. Skuju koki ar slīpiem stumbriem spiesto koksnes šķiedru daļā veidojas lielainums, kas augstvērtīgos kokmateriālos nav pieļaujams.

koksnes vainu %, priele

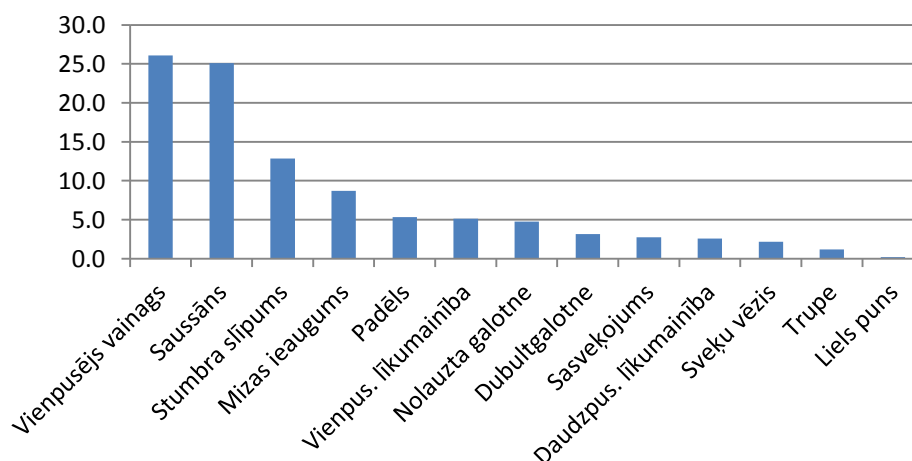


11.att. Priedes daļēji bojāto koku koksnes vainu veidu procentuālā izplatība

Izteikti asimetriskam zaru vainagam, kas arī kā koku raksturojoša pazīme nav ietverta koksnes vainu sarakstā, ir divējāda iedarbība uz stumbra koksnes kvalitāti. Pirmkārt, tas palielina spiedes spēku uz stumbra koksnes šķiedrām vienā stumbra pusē līdzīgi, kā tas ir slīpa stumbra gadījumā. Otrkārt, palielināts zaru skaits stumbra vienā pusē tiek ierobežots kā koksnes vaina augstākas kvalitātes zāģbaļķiem. Vēl 10% no kopējā priedes daļēji bojāto koku vainu skaita pārsniedz vienpusējā likumainība, bet 5% — dubultgalotne, saussāni un galotnes lūzums. Pārējās koksnes vainas pēc skaita nerasniedz 5%.

Eglei (sk. 12.att.) retāk nekā priedei novērots padēls, vienpusējā likumainība un dubultgalotne, bet visbiežāk izplatītās koksnes vainas ir vienpusējais vainags un saussāni. Stumbra slēpums pārsniedz 10%, bet mizas ieaugums — 5% no egles daļēji bojāto koku vainu skaita. Citas koksnes vainas pēc skaita nerasniedz 5%.

koksnes vainu %, egle

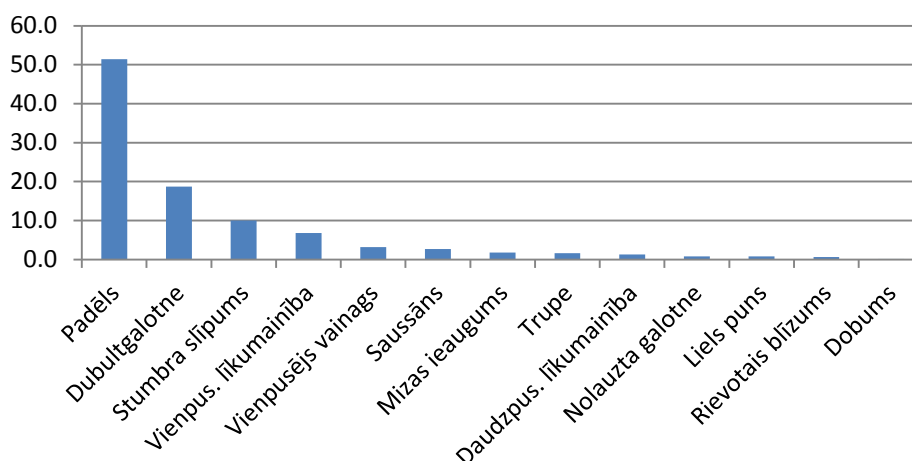


12.att. Egles daļēji bojāto koku koksnes vainu veidu procentuālā izplatība

Lai gan bērzam 20% izplatību no visu bērza vainu skaita ir sasniegusi dubultgalotne, tomēr padēls ir sastopams apmēram 2,5 reizes biežāk (sk. 13.att.). Pēc izplatības trešo vietu, 10%, ieņem stumbra slīpums, nedaudz virs 5% sastopama vienpusējā līkumainība. Pēc skaita citas koksnes vainas nesasniedz 5%.

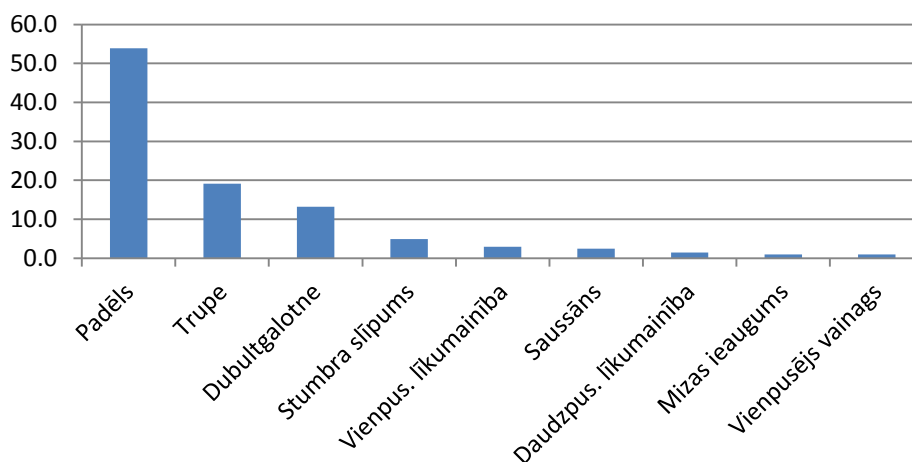
Līdzīgi kā bērzam arī apsei padēla izplatība aizņem pat nedaudz vairāk nekā pusi no kopējā konstatēto koksnes vainu skaita (sk. 14.att.). Tālāk pēc izplatības seko trupe un dubultgalotne. Slēdziens par trupes esamību izdarīts, pamatojoties uz auglķermeniem (piepēm) stumbra virspusē. Slīps stumbrs apsei novērots retāk nekā jau apskatītajām koku sugām un melnalksnim. Vēl mazāk, nesasniedzot 5%, apsei konstatēta vienpusējā un daudzpusējā līkumainība, saussāni un mizas ieaugums.

koksnes vainu %, bērzs



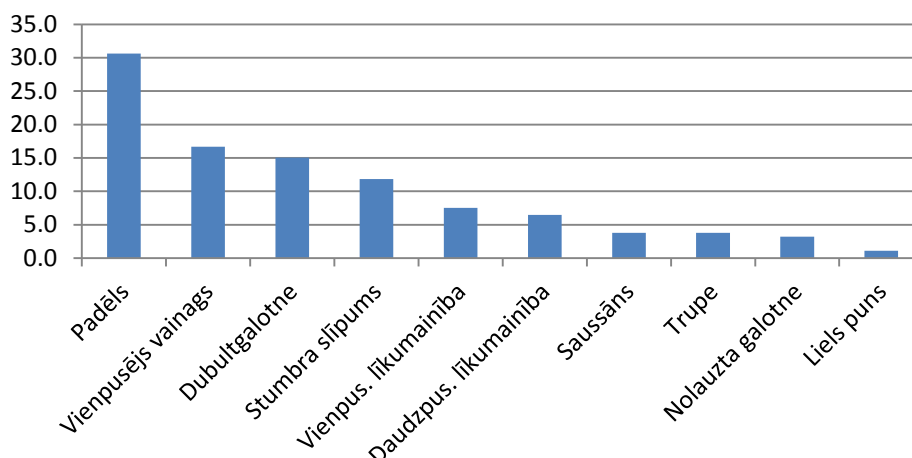
13.att. Bērza daļēji bojāto koku koksnes vainu veidu procentuālā izplatība

koksnes vainu %, apse



14.att. Apses daļēji bojāto koku koksnes vainu veidu procentuālā izplatība

koksnes vainu %, melnalksnis



15.att. Melnalkšņa daļēji bojāto koku koksnes vainu veidu procentuālā izplatība

Melnalksnim (sk. 15.att.) izplatītākās koksnes vainas ir padēls, vienpusējs vainags un dubultgalotne. Nedaudz 10% pārsniedz arī stumbra slīpums, bet 5% pārsniedz gan vienpusējā, gan daudzpusējā likumainība. Pārējās no konstatētajām vainām šo izplatību raksturojošo skaitli nesasniedz.

Apsekoto ozola, liepas un kļavas koku skaits vēl nav pietiekams, lai būtu pamats mēģināt konstatēt iespējamās koksnes vainu izplatības tendences.

Koka stumbra kvalitātes vērtēšanā būtiska nozīme ir vainu izvietojumam pa stumbra daļām tā garenass virzienā. Ir nepārprotami, ka koksnes vainu izteikti negatīvāka ietekme uz kvalitāti iespējama tieši stumbra resgaļa daļā, bet pakāpeniski samazinās galotnes virzienā, kur, neatkarīgi no citām koksnes vainām, vienmēr neizbēgama ir vaļējo zaru klātbūtne.

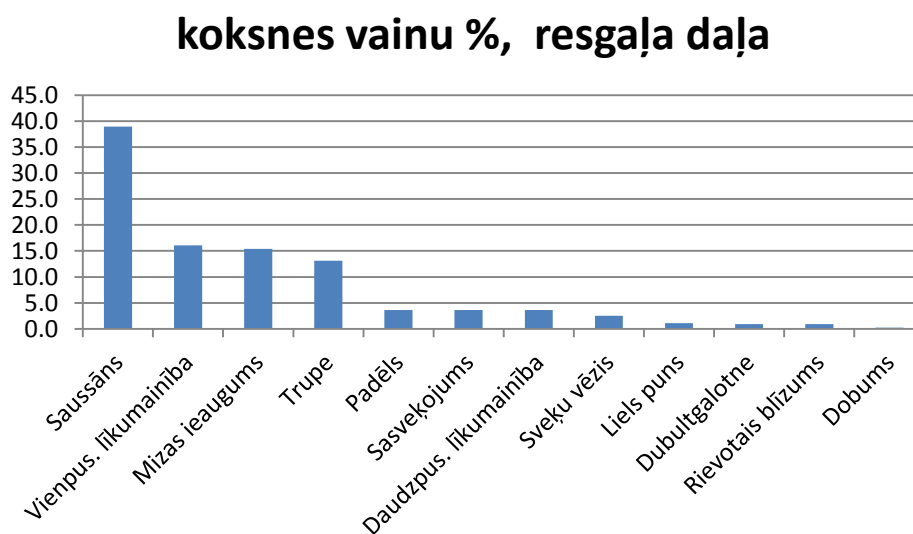
Visu pētījumā konstatēto vainu procentuālo sadalījumu pa trim daļām stumbra garuma virzienā (resgaļa daļa līdz 33% no koka augstuma, vidusdaļa starp 33% un 67% no koka augstuma, galotnes daļa virs 67% no koka augstuma) raksturo sekojoši statistiskie rādītāji:

- koksnes vainu skaits stumbra resgaļa daļā:
 - procentuālais īpatsvars,% 28,2
 - standartnovirze,% 45,0
 - reprezentācijas kļūda,% 1,1
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 4,0
- koksnes vainu skaits stumbra vidus daļā:
 - procentuālais īpatsvars,% 29,9
 - standartnovirze,% 45,8
 - reprezentācijas kļūda,% 1,2
 - reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, % 3,9
- koksnes vainu skaits stumbra galotnes daļā:

- procentuālais īpatsvars,%	41,8
- standartnovirze,%	49,3
- reprezentācijas kļūda,%	1,2
- reprezentācijas kļūdas relatīvais lielums, %	3,0

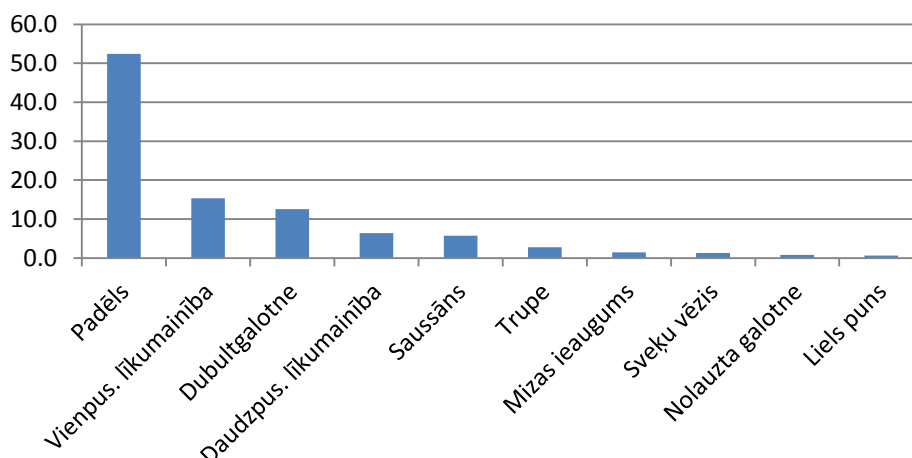
Stumbra resgaļa un vidus daļā sastopamo vainu kopskaits savstarpēji atšķiras maz. Visvairāk vainu ir stumbra galotnes daļā, tomēr sasniedzot tikai aptuveni 2/3 no tā vainu skaita, kas ir resgaļa un vidus daļā kopā.

Stumbra resgaļa daļā (sk. 16.att.) izplatītākā, gandrīz 40%, koksnes vaina ir saussāni. Tā kā saussāni izveidojas kā stumbra virsmas mehāniska bojājuma sekas, tad jāsecina, ka meža audzēšanas laikā nav veltīta pietiekama vērība tādas cilvēku un meža dzīvnieku darbības samazināšanai, kas rada koku stumbru bojājumus. Praktiski vienāda stumbra resgaļa daļā ir vienpusējās likumainības un mizas ieaugumu izplatība, katrai no šīm vainām pa 15%, un daudz neatpaliek arī trupe. Parasti arī mizas ieaugumu cēlonis ir tās mehāniski bojājumi, tādējādi šāda rakstura vainu izplatību, ieskaitot arī saussānus, palielinot līdz 55%. Nevienai no stumbra resgaļa daļā konstatētajām pārējām vainām izplatība nesasniedz 5%.



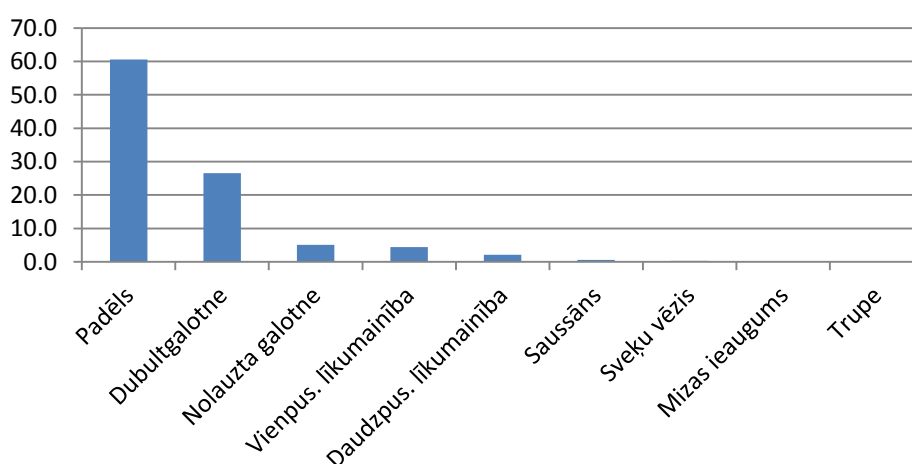
16.att. Koksnes vainu veidu procentuālā izplatība daļēji bojāto koku resgaļa daļā

koksnes vainu %, vidus daļa



17.att. Koksnes vainu veidu procentuālā izplatība daļēji bojāto koku vidus daļā

koksnes vainu %, galotnes daļa



18.att. Koksnes vainu veidu procentuālā izplatība daļēji bojāto koku galotnes daļā

Koksnes vainu izplatība stumbra vidus un galotnes daļās savstarpēji ir diezgan līdzīga (sk. 17. un 18.att.), jo kā vienā, tā otrā no šīm daļām vairākkārtīgs pārsvars ir padēla izplatībai (vairāk kā 50% vidus daļā un 60% galotnes daļā). Tālāk pēc izplatības seko vienpusēja likumainība un dubultgalotne, katra virs 10%, vidusdaļā, un dubultgalotne, tuvu 30%, galotnes daļā. Vidus daļā virs 5% vēl ir daudzpusējā likumainība un saussāni, bet galotnes daļā šīs koksnes vainas, tāpat arī vienpusējā likumainība, 5% izplatību nesasniedz.

Iegūtais pārskats par ciršanai paredzēto augošu koku sadalījumu pēc to veseluma un koksnes vainu izplatību uz šo brīdi iegūto rezultātu stadijā vēl nav izmantojams sortimentu iznākuma prognozēšanas vajadzībām konkrētos apstākļos. Pirmā kārtā dati par augošu koku vainām papildināmi līdz tādām apjomam, lai varētu aprēķināt raksturojošos lielumus, t.i., vainas veida sastopamības varbūtību un kvalitatīvas koksnes zaudējuma apmēru ikvienā katras koku sugas 4 cm caurmēra pakāpē katrā no stumbra garuma daļām, un šie rezultāti būtu ar pietiekami augstu statistisko ticamību.

Tālākā pētījuma gaitā jāpamato matemātiskā saistība starp augošu koku kvalitātes vērtējuma indikatoriem un ar harvesteru faktiski iegūto kokmateriālu sortimentu iznākumu.

2. Zemes lāzera skenera pielietošana precīzu augoša koku stumbra formas datu iegūšanai

Līdz jūnija mēneša beigām, pārsvarā Jelgavas apkārtnē, ir ierīkoti 23 parauglaukumi ar sekojošām koordinātēm:

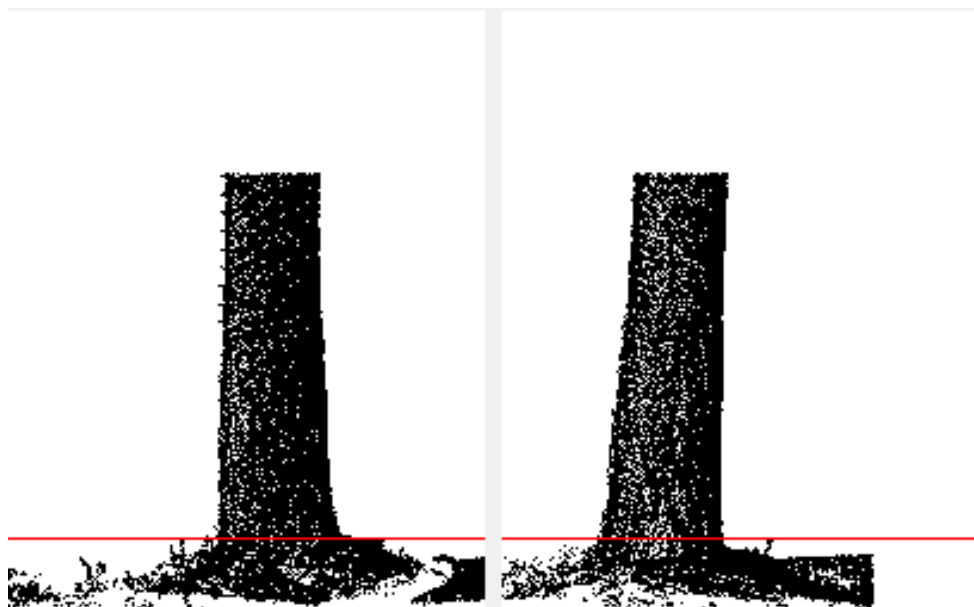
1. Vītoliņi (GPS koordinātes: 56,42,46 ; 23,44,53).
2. RAF (GPS koordinātes: 56,39,56 ; 23,47,41).
3. Blukas (GPS koordinātes: 56,37,38,26 ; 23,48,31,56) .
4. Blukas (GPS koordinātes: 56,37,37,28 ; 23,48,31,48)
5. Blukas (GPS koordinātes: 56,37,21,26 ; 23,48,31,56).
6. Blukas (GPS koordinātes: 56,37,21,19,86 ; 23,48,30,25).
7. Strutele (GPS koordinātes: 56,48,31,83 ; 22,57,59,21).
8. Strutele (GPS koordinātes: 56,48,31.28 ; 22,57,59,18).
9. Tetele (GPS koordinātes: 56,38,42,3 ; 23,50,6,4)
10. Vircava (GPS koordinātes: 56,34,17,8 ; 23,43,40,9)
11. Vircava (GPS koordinātes: 56,34,7,4 ; 23,44,19,6)
12. Tetele (GPS koordinātes: 56,39,6,4 ; 23,50,3)
13. Vītoliņi (GPS koordinātes: 56,43,26,6 ; 23,44,36,8)
14. Vītoliņi (GPS koordinātes: 56,43,1,3 ; 23,43,51,2)
15. Vītoliņi (GPS koordinātes: 56,43,1,4 ; 23,43,47,8)
16. Mežciems (GPS koordinātes: 56,37,34,6 ; 23,45,22,5)
17. Mežciems (GPS koordinātes: 56,37,34,9 ; 23,45,22,6)
18. Mežciems (GPS koordinātes: 56,37,37,1 ; 23,45,21,5)
19. Mežciems (GPS koordinātes: 56,37,39,2 ; 23,45,21,8)
20. Mežciems (GPS koordinātes: 56,36,46,6 ; 23,44,39,7)
21. Mežciems (GPS koordinātes: 56,36,46,4 ; 23,44,40,5)
22. Vītoliņi (GPS koordinātes: 56,43,26,6 ; 23,44,38,1)
23. Vītoliņi (GPS koordinātes: 56,43,4,4 ; 23,41,41,2)

No līdz šim ierīkotajiem 23 parauglaukumiem, 5 ir tādi, kuru datus nav iespējams vai nav vēlams izmantot aprēķinu veikšanai , no kuriem 3 parauglaukumos datu precizitāti ir ietekmējis vējš, bet vēl 2 parauglaukumu skenējumus nav iespējams savstarpēji apvienot, jo nav iespējams atpazīt uzstādītos mērķus. Vēja ietekmes

rezultātā koka stumbrs ir sācis šūpoties, līdz ar ko stumbra virsma maina savu atrašanās vietu telpā, kas iegūtajos datos atspoguļojas, kā lielas caurmēra svārstības abos virzienos, tāpēc šie parauglaukumu dati netiek ņemti vērā. Savukārt izvietoto mērķu neatpazīšana varētu būt skaidrojama ar to, ka datu kvantitātes palielināšanas nolūkos pakāpeniski tika palielināts parauglaukuma izmērs, kas noved arī pie mērķa attālināšanās no stacijas. To, ka dati nav apvienojami var noskaidrot tikai pēcapstrādes procesa laikā.

1. Koka celma caurmēra un krūšaugstuma caurmēra sakarību noteikšana izmantojot zemes lāzera skenera datus

Lai aprēķinātu koka stumbra caurmēru noteiktā augstumā, tiek aplūkots koka stumbra šķērsriezums dotajā vietā. Šķērsgriezumā redzami ieskenētie punkti, kuri veido riņķi – koka stumbra šķērsgriezumu horizontālā plaknē. Riņķa diametrs ir arī koka stumbra caurmērs šajā augstumā. Šādā veidā tiek aprēķināts caurmērs ik pēc 10 cm, sākot no koka sakņu kakla, visā stumbra garumā. Sakņu kakla augstumu nosaka manuāli, norādot to, speciāli šim mērķim izstrādātā programmas prototipa funkcijā, kur izvēlēta koka apakšdaļa tiek attēlota no divām pusēm, kā tas redzams 19.attēlā.



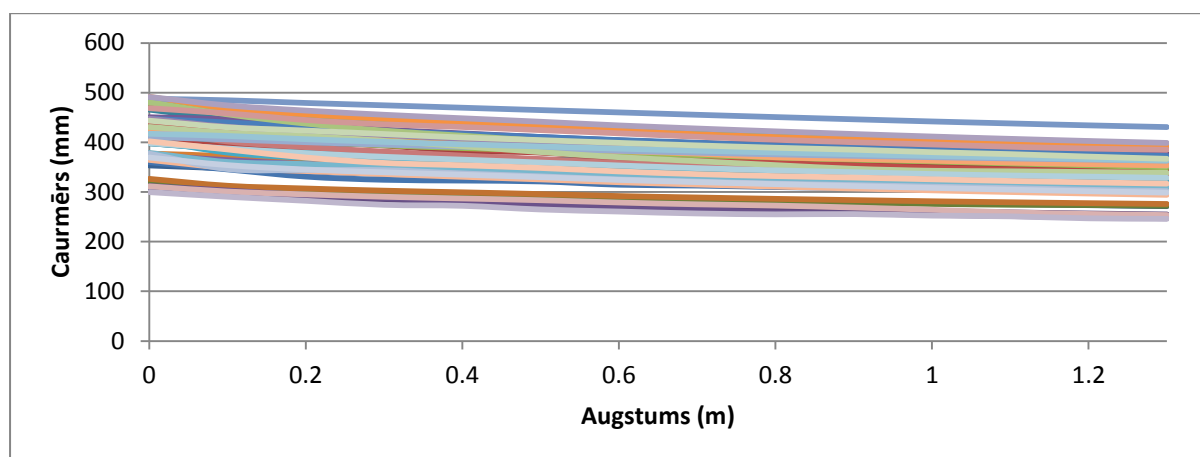
19.att. Manuālā koka sakņu kakla noteikšana, koku aplūkojot no divām pusēm

Pēc sakņu kakla noteikšanas, tiek atlasīti dati, kas raksturo koka stumbru līdz tā krūšaugstumam – 1,3m. Izmantojot iegūtos stumbra datus tiek veikta lineārā regresijas

analīze. Stumbru datu regresijas vienādojuma noteikšanas process sākas ar sugu saraksta sastādīšanu, kur tiek noteiktas pieejamās sugas. Katrai sugai tiek sagatavots saraksts ar mērījumiem un veikta datu aproksimācija.

1.1. *Priede*

Grafikā (sk. 20.att) ir attēloti noskenēto priežu caurmēri ar soli 10 cm, sākot no sakņu kakla (augstums = 0), līdz krūšaugstumam.



20.att. Priežu caurmēri dažādos augstumos uz koka stumbra

Kopumā tika iegūti dati par 49 priedēm no 6 dažādiem parauglaukumiem. Pielietojot regresijas analīzi, tika iegūts vienādojums (1), kas apraksta sakarību starp priedes caurmēru krūšaugstumā un caurmēru pie sakņu kakla.

$$y = \frac{x - 19.491}{0.7708}, \quad (1)$$

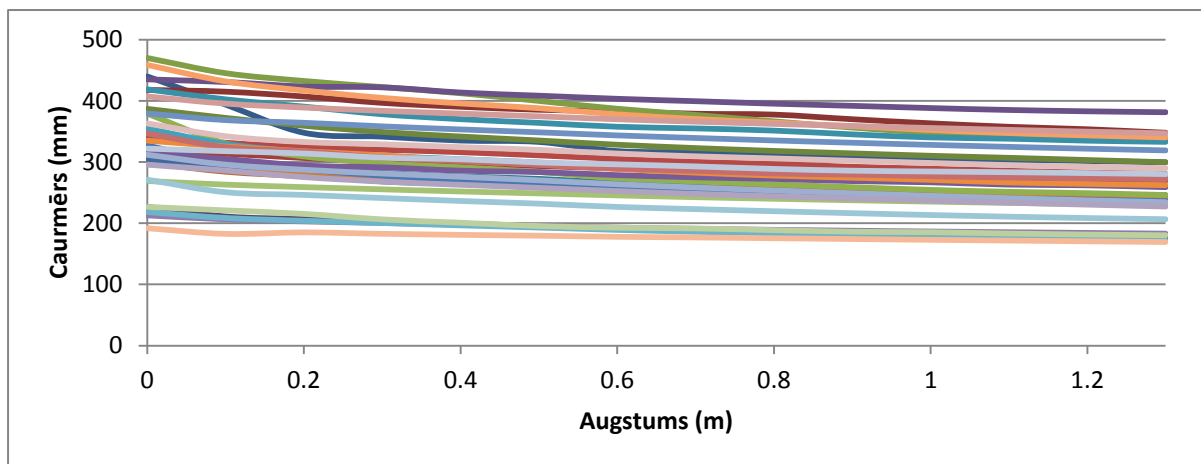
kur y – stumbra caurmērs pie sakņu kakla;

x – stumbra krūšaugstuma caurmērs.

Iegūtā vienādojuma determinācijas koeficients $R^2 = 0.9046$.

1.2. *Egle*

Grafikā (sk. 21.att) ir attēloti noskenēto egļu caurmēri ar soli 10 cm, sākot no sakņu kakla, līdz krūšaugstumam.



21.att. Egļu caurmēri dažādos augstumos uz koka stumbra

Kopā tika iegūti dati par 32 eglēm no 5 parauglaukumiem. Pielietojot regresijas analīzi, tika iegūts vienādojums (2), kas apraksta sakarību starp egles caurmēru krūšaugstumā un caurmēru pie sakņu kakla.

$$y = \frac{x - 23.86}{0.7173}, \quad (2)$$

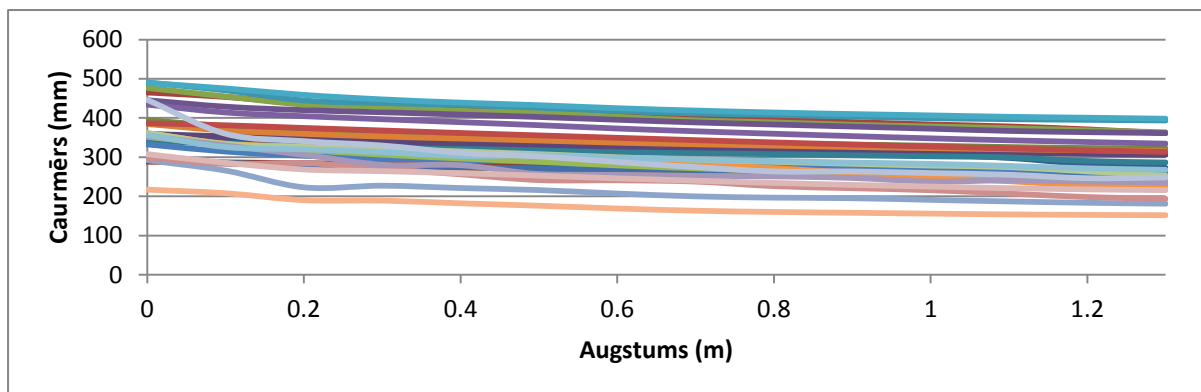
kur y – stumbra caurmērs pie sakņu kakla;

x – stumbra krūšaugstuma caurmērs.

Iegūtā vienādojuma determinācijas koeficients $R^2 = 0.8788$.

1.3. Bērzs

Grafikā (sk. 22.att) ir attēloti noskenēto bērzu caurmēri ar soli 10 cm, sākot no sakņu kakla, līdz krūšaugstumam.



22.att. Bērzu caurmēri dažādos augstumos uz koka stumbra

Kopā tika iegūti dati par 26 bērziem no 4 parauglaukumiem. Pielietojot regresijas analīzi, tika iegūts vienādojums (3), kas apraksta sakarību starp bērza caurmēru krūšaugstumā un caurmēru pie sakņu kakla.

$$y = \frac{x + 13.798}{0.7954}, \quad (3)$$

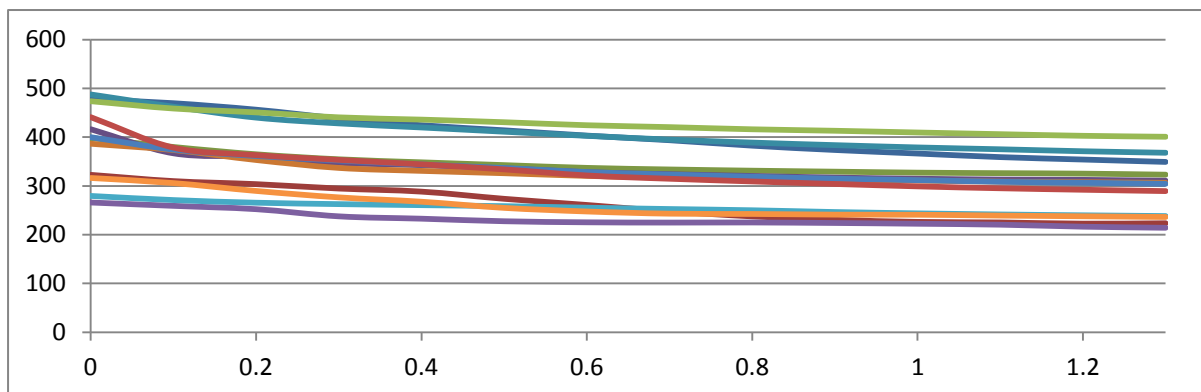
kur y – stumbra caurmērs pie sakņu kakla;

x – stumbra krūšaugstuma caurmērs.

Iegūtā vienādojuma determinācijas koeficients $R^2 = 0.7652$.

1.4. Melnalksnis

Grafikā (sk. 23.att) ir attēloti noskenēto melnalkšņu caurmēri ar soli 10 cm, sākot no sakņu kakla, līdz krūšaugstumam.



23.att. Melnalkšņu caurmēri dažādos augstumos uz koka stumbra

Kopā tika iegūti dati par 12 melnalkšņiem no 2 parauglaukumiem. Pielietojot regresijas analīzi, tika iegūts vienādojums (4), kas apraksta sakarību starp melnalkšņa caurmēru krūšaugstumā un caurmēru pie sakņu kakla.

$$y = \frac{x + 19.201}{0.7145}, \quad (4)$$

kur y – stumbra caurmērs pie sakņu kakla;

x – stumbra krūšaugstuma caurmērs.

Iegūtā vienādojuma determinācijas koeficients $R^2 = 0.8539$.

Vienādojumi (1), (2), (3) un (4) tika izstrādāti aplūkojot tikai koku caurmērus, neņemot vērā to vecumu un augšanas apstākļu tipu. Turpmāk pētījumā paredzēts veikt skenēšanas darbus, lai palielinātu datu daudzumu par aprakstītajām koku sugām (priede, egļe, bērzs un melnalksnis), kā arī par pārējām 4 galvenajām koku sugām. Izmantojot lielāku datu apjomu, tiks pētīts, kā mainīsies (uzlabosies) aprakstīto modeļu rādītāji, iekļaujot tajos papildus faktorus – augšanas apstākļu tipu un koku vecumu.

Priedes koku stumbra caurmēra sadalījums ($h_{1,3}$) pēc zemes lāzera skenera datiem

Suga	Koka kopējais augstums (m)	Koka stumbra caurmērs, mm													
		Augstums, m													
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3
Priede	28.4	309.37	306.43	303.21	300.01	296.89	293.67	290.46	287.25	284.12	281.12	278.31	275.75	273.49	271.52
Priede	28.9	444.88	427.91	422.19	418.02	413.01	406.68	403.06	398.38	393.97	387.37	382.90	381.24	376.36	371.90
Priede	27.1	316.95	309.91	304.26	297.40	294.63	291.33	287.84	284.35	281.68	278.50	276.07	274.32	273.75	272.18
Priede	29.3	438.17	429.49	422.48	415.46	409.59	406.24	400.32	396.97	394.75	390.41	385.74	381.72	378.67	376.29
Priede	26.8	398.10	387.48	382.08	375.07	368.22	365.16	362.42	357.85	354.27	352.24	348.12	344.23	341.25	339.11
Priede	31.1	484.79	468.17	455.28	449.26	444.08	437.68	430.60	424.68	419.58	414.71	409.96	405.34	401.07	397.04
Priede	30.7	353.43	347.50	341.57	336.37	334.23	332.10	327.76	325.90	322.68	319.86	319.86	317.39	315.07	312.73
Priede	27.2	424.62	410.13	399.29	394.88	390.97	385.96	380.31	375.72	371.89	368.23	364.71	361.37	358.32	355.52
Priede	27.5	376.97	365.85	356.69	349.39	342.94	336.61	330.13	324.28	318.95	314.09	309.55	305.43	301.80	298.59
Priede	26.6	305.69	294.76	288.28	284.49	280.98	277.22	273.04	269.68	266.75	263.99	261.38	258.93	256.73	254.74
Priede	26.7	465.85	445.80	425.75	417.27	405.83	394.39	389.71	386.54	381.53	375.56	373.73	371.90	368.23	364.49
Priede	26.9	326.41	312.55	307.04	302.70	299.36	295.85	291.81	288.94	286.21	283.68	281.36	279.29	277.52	275.87
Priede	24.1	401.48	385.67	372.41	366.83	360.77	355.84	350.12	345.03	342.03	338.60	335.33	332.19	329.23	326.71
Priede	31.7	432.90	418.63	404.35	393.60	382.85	379.25	367.74	364.28	359.22	356.59	352.13	348.03	345.39	342.44
Priede	28.2	442.57	424.02	405.46	397.94	390.41	384.24	375.30	372.80	367.53	365.23	361.90	358.90	356.00	353.13
Priede	23.4	311.92	302.94	293.96	287.82	281.67	274.36	266.39	264.30	258.37	256.84	254.06	251.60	249.28	247.13
Priede	29.7	406.06	398.83	391.59	377.42	363.25	358.16	350.19	348.66	343.70	342.99	340.20	338.45	336.80	334.87
Priede	30.3	377.22	372.15	363.48	357.93	352.92	348.05	343.21	338.57	334.52	330.73	327.16	323.76	320.60	317.65
Priede	28.7	359.88	345.45	331.01	324.55	323.02	321.24	314.70	312.92	309.96	307.68	305.44	302.89	300.87	299.11
Priede	30.5	407.63	391.14	385.22	377.28	371.86	364.94	358.58	352.05	346.30	341.02	336.28	331.68	327.96	324.20
Priede	31.7	473.86	461.35	450.63	443.57	437.22	429.71	422.86	417.20	412.10	406.99	403.23	401.11	398.23	394.97
Priede	27.2	450.42	446.17	436.26	425.49	418.01	410.72	403.84	397.65	392.51	387.98	384.16	380.91	378.26	375.00
Priede	28.9	398.17	386.07	378.86	368.83	358.77	352.73	345.52	340.47	336.76	333.43	329.16	325.74	323.52	320.37
Priede	-	442.13	421.45	411.85	403.44	397.61	391.48	385.21	380.75	377.12	372.89	369.08	365.50	361.77	358.11

Priede	-	447.37	440.02	431.57	422.55	416.65	410.67	404.52	399.25	394.09	389.38	384.90	380.55	376.72	372.44
Priede	-	437.03	420.23	406.73	395.51	387.52	380.02	371.65	364.85	358.50	353.12	348.38	344.43	341.34	337.95
Priede	-	420.61	413.02	402.54	393.93	388.48	383.94	378.84	374.07	369.57	365.51	361.55	357.46	353.59	349.72
Priede	-	373.73	364.11	356.16	351.43	347.19	341.56	335.86	331.93	326.80	321.46	316.92	313.03	310.61	307.09
Priede	-	405.62	379.31	368.93	363.63	355.60	350.34	342.60	335.35	329.27	324.69	319.99	313.15	307.72	303.80
Priede	-	491.45	468.30	456.39	447.36	439.21	431.92	423.40	416.15	410.60	406.01	401.65	397.11	393.92	391.21
Priede	31.6	487.73	484.58	479.22	474.48	469.64	464.84	460.21	455.42	450.79	446.33	442.01	437.99	434.15	430.64
Priede	27.9	425.55	401.71	390.31	381.19	373.35	366.16	358.29	352.36	347.31	342.87	338.95	335.49	332.59	330.07
Priede	32.4	480.63	456.28	437.71	423.42	413.33	403.08	393.15	384.68	377.73	371.86	366.88	362.20	357.71	352.73
Priede	29	447.63	431.20	422.47	414.77	407.58	401.22	393.78	387.60	382.03	376.61	372.12	366.70	363.08	359.94
Priede	25	378.61	360.46	356.18	350.10	344.12	339.13	333.41	329.32	325.56	322.01	318.69	315.66	313.04	310.64
Priede	29.6	427.79	413.10	405.24	398.36	393.95	387.94	382.39	377.23	369.97	366.40	363.01	359.16	356.14	353.68
Priede	26.1	410.67	405.79	400.28	395.27	390.96	386.88	382.92	379.16	375.76	372.75	370.07	367.56	365.27	363.25
Priede	27.8	468.68	458.13	444.92	436.15	430.87	424.54	418.09	411.22	405.15	400.16	395.59	391.04	387.47	385.00
Priede	28.3	430.93	418.93	412.45	402.85	392.27	380.33	370.08	362.11	354.10	346.69	342.78	341.63	340.14	338.59
Priede	26.9	491.41	474.26	463.87	455.45	448.35	441.42	434.01	427.78	422.07	416.72	411.62	406.95	402.69	398.75
Priede	27.7	417.19	412.78	406.26	400.82	396.11	391.60	387.28	383.15	379.46	375.92	372.62	369.60	366.44	363.33
Priede	28.4	364.63	348.66	342.10	336.20	330.60	325.38	319.66	315.11	310.92	307.01	303.35	299.98	296.98	294.28
Priede	31	377.24	346.28	344.36	343.89	337.36	331.55	325.31	321.03	316.71	313.96	310.85	307.87	304.50	301.84
Priede	28.7	311.41	300.92	295.22	290.39	286.92	283.45	278.79	275.21	272.61	268.77	264.19	259.09	255.81	253.64
Priede	30.8	443.59	430.26	423.67	416.63	409.69	404.39	398.88	393.80	389.11	385.11	380.18	376.18	371.28	366.79
Priede	28.3	299.76	290.41	282.31	274.21	272.18	264.81	260.68	256.78	255.00	255.54	252.48	251.00	247.00	245.95
Priede	30	398.34	387.46	378.23	370.89	365.17	359.31	353.40	348.04	343.64	339.92	336.22	333.19	330.99	328.41
Priede	28.9	401.97	385.68	369.39	358.47	353.81	348.32	341.40	335.95	332.02	329.06	325.56	322.18	319.42	316.84
Priede	23.7	369.41	354.08	345.29	339.68	334.80	329.82	324.34	319.90	315.84	311.96	308.24	304.74	301.57	298.70

Egles koku stumbra caurmēra sadalījums ($h_{1,3}$) pēc zemes lāzera skenera datiem

Suga	Koka kopējais augstums (m)	Koka stumbra caurmērs, mm													
		Augstums, m													
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3
Egle	26.7	439.81	393.81	347.81	341.44	335.07	332.79	317.81	315.77	310.56	309.37	306.26	303.97	301.66	299.52
Egle	26.7	417.77	414.89	406.98	396.58	390.20	385.35	382.66	378.86	377.44	369.88	363.21	357.58	353.50	347.80
Egle	29.4	386.79	372.08	359.21	349.05	341.65	335.17	328.23	322.78	318.14	314.14	310.21	306.88	303.28	299.69
Egle	21.1	226.76	211.08	206.82	203.63	199.40	195.39	190.81	187.50	184.78	182.47	180.61	178.93	177.67	176.71
Egle	27.5	318.15	303.30	291.08	282.34	276.61	272.51	266.02	261.25	256.85	253.94	251.06	247.42	246.25	245.96
Egle	26.4	298.77	284.18	276.93	271.05	267.71	265.06	260.89	258.33	255.68	253.19	251.47	247.53	246.68	245.16
Egle	27.7	305.41	290.38	280.14	268.33	264.57	261.06	258.34	251.54	248.78	246.57	243.70	242.20	240.92	240.70
Egle	29.5	318.05	313.49	306.48	300.53	296.50	293.43	289.43	286.08	282.94	279.48	277.29	274.16	272.23	269.94
Egle	30.5	469.95	445.10	432.38	422.41	412.32	399.75	387.02	376.94	366.47	356.30	347.91	343.12	339.07	335.54
Egle	-	434.98	430.71	423.33	421.98	413.49	408.38	403.28	399.35	395.32	391.79	388.14	385.02	382.86	381.31
Egle	30.9	418.73	402.34	390.49	378.03	369.96	363.93	357.59	354.88	351.27	345.19	340.17	338.07	334.88	332.88
Egle	32.5	319.93	299.19	278.97	273.69	268.68	260.06	257.00	251.32	248.93	247.64	244.66	243.65	241.75	241.12
Egle	29.7	327.03	299.40	287.93	277.67	269.76	263.27	256.00	251.38	247.96	245.11	242.40	240.28	238.32	235.94
Egle	25.3	342.28	331.51	324.41	320.03	316.05	310.83	305.20	300.37	296.84	292.18	289.12	285.73	282.78	280.64
Egle	28.4	379.03	330.45	309.12	297.89	291.29	283.72	273.38	268.23	263.38	258.85	254.52	251.32	249.14	246.15
Egle	27.3	314.71	305.01	294.34	291.31	285.87	283.53	278.58	275.02	272.35	268.80	266.83	263.10	261.92	258.93
Egle	28.9	354.49	329.56	316.77	310.10	304.58	299.13	292.37	288.69	285.43	282.47	279.47	277.08	275.68	273.24
Egle	28	334.95	325.37	317.68	310.88	301.85	295.93	288.66	282.61	277.83	274.38	270.82	266.59	264.21	262.20
Egle	26.8	379.24	368.42	364.09	358.26	353.23	348.48	343.50	339.28	335.25	331.49	327.99	324.75	321.77	319.00
Egle	27.1	346.59	324.11	317.08	307.39	301.50	295.50	289.52	285.67	281.34	279.43	276.85	274.69	273.17	272.03
Egle	23.1	268.99	263.08	259.00	255.39	251.92	248.73	245.46	242.58	239.97	237.55	235.32	233.25	231.36	229.60

Egle	19.1	212.80	206.40	203.09	200.44	197.84	195.38	192.86	190.94	189.27	187.79	186.51	185.34	184.17	183.05
Egle	17.7	218.25	208.61	204.02	200.36	196.53	192.98	189.15	186.05	183.20	180.55	178.14	175.96	174.05	172.37
Egle	27	458.59	431.78	416.86	404.76	395.68	387.90	378.01	370.27	364.30	358.57	352.31	347.23	343.49	340.22
Egle	-	311.75	295.76	287.37	281.22	275.89	270.05	263.66	258.39	253.58	249.06	244.80	240.91	237.48	234.38
Egle	26.8	407.09	395.38	388.92	383.62	379.03	374.59	369.82	365.88	362.25	358.83	355.59	352.51	349.64	346.91
Egle	14.4	226.71	220.99	215.26	206.29	200.85	195.41	192.67	191.48	188.73	186.08	185.32	183.17	181.55	180.37
Egle	23	295.64	286.04	275.31	268.01	262.77	257.78	252.55	248.02	244.14	240.55	237.06	233.63	230.39	227.25
Egle	21.5	271.06	250.65	246.26	241.16	236.39	231.95	226.67	223.04	219.63	216.41	213.43	210.73	208.48	206.59
Egle	-	191.84	182.64	185.03	182.74	181.01	179.59	177.82	176.79	175.49	174.20	172.94	171.69	170.51	169.30
Egle	25.6	321.93	317.67	313.96	307.18	304.51	299.36	296.18	292.84	288.74	285.87	284.52	283.41	281.90	280.32
Egle	23.1	362.99	342.16	332.74	328.96	324.31	319.79	313.84	309.33	305.93	302.07	298.48	295.00	292.33	289.95

Bērza stumbra caurmēra sadalījums ($h_{1,3}$) pēc zemes lāzera skenera datiem

Suga	Koka kopējais augstums (m)	Koka stumbra caurmērs, mm													
		Augstums, m													
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3
Bērzs	-	358.55	340.99	338.96	332.43	327.35	323.25	318.51	315.41	311.51	309.05	306.83	298.24	282.02	272.80
Bērzs	-	288.46	286.78	284.74	282.76	280.85	278.99	277.16	275.33	273.54	271.78	270.02	268.27	266.50	264.68
Bērzs	-	394.41	379.23	367.94	360.72	354.78	349.60	344.68	340.07	335.32	332.18	329.40	325.90	323.47	322.12
Bērzs	-	359.55	353.35	349.49	341.97	336.02	331.13	327.12	322.77	319.51	315.87	313.53	311.25	308.59	306.13
Bērzs	-	342.66	333.04	326.08	323.22	320.97	317.12	312.47	310.30	307.94	304.94	302.20	299.44	290.22	286.59
Bērzs	-	295.53	285.45	280.59	276.23	273.23	270.07	266.79	264.33	262.27	260.34	258.57	257.02	255.73	254.59
Bērzs	-	296.27	285.57	280.47	276.32	274.23	271.84	269.17	267.22	264.57	261.90	259.20	255.59	251.79	247.66
Bērzs	28.3	465.03	453.75	437.07	430.18	424.27	417.73	410.80	403.54	395.74	389.64	383.52	378.52	370.98	361.27
Bērzs	28	476.64	454.97	434.19	428.67	418.27	414.43	403.23	394.02	388.84	382.73	378.54	374.16	368.80	363.52
Bērzs	-	445.37	428.83	420.03	414.65	408.74	402.59	395.50	388.77	383.38	378.21	372.78	367.09	363.85	361.52
Bērzs	-	490.47	470.61	444.78	438.07	433.32	426.33	417.94	411.58	407.99	403.53	399.51	396.91	395.31	393.76
Bērzs	-	384.71	367.90	359.55	352.73	347.53	342.59	337.11	333.04	329.42	326.14	323.11	320.29	317.77	315.43
Bērzs	33.1	332.67	314.45	303.64	296.37	292.18	288.50	284.13	281.05	278.05	275.67	273.26	269.06	262.54	254.87
Bērzs	-	386.73	381.43	374.63	368.16	361.79	355.60	349.54	343.52	337.77	332.30	327.11	322.25	317.72	313.53
Bērzs	-	351.69	332.17	318.60	306.54	296.70	288.14	279.07	271.57	264.78	258.86	253.25	248.02	243.53	239.38

Bērzs	-	434.05	414.05	404.62	396.87	389.35	381.63	373.20	366.11	359.87	353.77	348.10	343.09	338.76	334.63
Bērzs	-	489.44	475.44	458.94	447.50	439.23	432.64	425.02	418.96	414.08	410.08	406.68	403.03	400.82	398.19
Bērzs	18.6	360.99	334.70	326.94	314.76	312.91	305.29	297.10	283.50	272.24	260.11	249.33	238.85	228.26	227.09
Bērzs	16.3	292.31	265.83	223.20	227.35	221.39	216.18	207.39	200.13	196.92	195.41	191.23	187.22	183.77	181.48
Bērzs	17.6	298.59	282.87	285.01	270.66	256.31	241.71	241.15	237.89	226.20	220.97	215.82	207.21	198.44	194.02
Bērzs	20.7	361.91	333.72	326.13	321.45	314.81	307.72	299.90	293.46	288.20	283.22	278.67	274.74	263.87	253.24
Bērzs	21.5	353.65	329.91	306.17	280.88	279.56	256.81	255.12	252.37	251.05	246.99	237.99	240.92	237.97	235.85
Bērzs	19.3	356.33	325.92	320.06	312.79	303.19	304.80	298.21	294.28	290.13	286.28	283.09	277.71	271.65	267.90
Bērzs	19.6	217.23	208.10	190.47	189.35	182.40	176.32	169.23	163.56	160.40	158.29	156.16	154.15	152.89	152.05
Bērzs	21.2	446.16	359.70	340.97	329.76	311.16	301.96	287.72	274.77	263.71	263.76	259.47	255.29	246.43	248.27
Bērzs	18.3	307.79	285.72	268.79	264.38	259.15	252.94	246.14	240.04	234.44	229.47	225.13	221.12	217.96	216.06

Melnalkšņa stumbra caurmēra sadalījums ($h_{1,3}$) pēc zemes lāzera skenera datiem

Suga	Koka kopējais augstums (m)	Koka stumbra caurmērs													
		Augstums, metri													
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3
Melnalksnis	-	477.64	469.54	456.25	438.51	424.45	413.99	403.14	393.65	382.51	373.63	366.36	359.03	354.02	349.18
Melnalksnis	-	322.63	309.86	303.60	294.61	288.26	273.55	260.90	247.80	237.50	230.50	226.20	225.10	222.59	223.41
Melnalksnis	-	398.29	379.83	364.82	354.54	348.38	342.62	336.97	333.70	331.25	329.21	327.21	326.15	325.18	323.05
Melnalksnis	-	416.25	366.82	360.09	347.29	342.52	336.02	328.13	324.01	320.39	317.07	314.72	313.01	312.34	310.68
Melnalksnis	-	487.53	462.39	440.00	428.14	419.76	411.07	402.64	394.98	388.83	383.58	378.86	375.11	371.05	367.96
Melnalksnis	-	386.43	373.57	353.11	336.87	330.81	326.00	320.46	316.94	314.89	312.64	310.94	308.75	307.54	306.30
Melnalksnis	-	399.89	374.52	361.33	352.13	343.83	336.76	328.46	323.32	318.85	314.76	311.83	308.44	306.42	304.25
Melnalksnis	-	440.96	378.57	363.13	353.35	344.17	333.86	321.38	314.66	309.12	303.96	299.03	295.14	292.05	289.34
Melnalksnis	-	473.69	458.70	450.74	440.58	435.90	430.56	424.40	420.49	416.08	413.03	409.51	406.04	402.74	400.73
Melnalksnis	-	265.91	259.08	252.25	237.57	232.77	227.55	225.37	224.78	225.01	223.95	222.40	220.48	216.40	214.14

Melnalksnis	-	279.41	270.95	265.56	262.66	260.50	258.47	255.38	252.60	250.09	246.42	243.72	241.44	239.72	238.17
Melnalksnis	-	316.23	305.80	289.65	276.47	267.57	254.95	247.56	243.04	242.49	241.08	240.89	239.14	237.71	236.29

Secinājumi

1. Meža augšanas apstākļu tipu ietekme uz normālā sadalījuma asimetriju ir nebūtiska. To apliecina izveidotais lineārais modelis ar filtrētiem datiem pēc tipiskajiem augšanas apstākļu tipiem, kuru determinācijas koeficienti būtiski neatšķiras no pilnās, nefiltrētās datu kopas.
2. Biezības ietekme uz koku sadalījuma pa caurmēra pakāpēm asimetriju ir nebūtiska. Piemēram, ja lineārajā modelī kā otru parametru iekļauj biezības rādītāju - tad Priedes modeļa determinācijas koeficients uzlabojas no 0.2182 uz 0.226 vai Eglei no 0.2959 uz 0.3146
3. Determinācijas koeficienti izveidotajiem asimetrijas noteikšanas modeļiem norāda uz ļoti vājām sakarībām, bet to tendences visos gadījumos ir līdzīgas. Pie lielākiem vidējiem caurmēriem ir negatīvāka asimetrija un pie mazākiem caurmēriem pozitīvāka asimetrija.
4. Determinācijas koeficienti izveidotajiem standartnovirzes noteikšanas modeļiem norāda uz ļoti vājām sakarībām, bet to tendences visos gadījumos ir līdzīgas. Pie lielākiem vidējiem caurmēriem ir standartnovirzes rādītājs palielinās.
5. Lietojot "Hī kvadrātā" kritērijs jaunizveidotā metode tika novērtēta kā precīzāka salīdzinājumā ar R.Ozoliņa virtuālās dastlapas konstruēšanas metodi.
6. Aprēķinu precizitāti varētu uzlabot, ja mežā tiktu ievākta informācija par koku caurmēra sadalījuma izkliedi. Kā arī iespējams rezultātu uzlabotos ja ņemtu vērā iepriekš veikto saimniecisko darbību (krājas kopšanas circes utml).
7. Koksnes vainu izplatība stumbra vidus un galotnes daļās savstarpēji ir diezgan līdzīga, jo kā vienā, tā otrā no šīm daļām vairākkārtīgs pārsvars ir padēla izplatībai.
8. Iegūtais pārskats par ciršanai paredzēto augošu koku sadalījumu pēc to veseluma un koksnes vainu izplatību uz šo brīdi iegūto rezultātu stadijā vēl nav izmantojams sortimentu iznākuma prognozēšanas vajadzībām konkrētos apstākļos.