

Zinātniskā pētījuma

**Koku stumbra formas veidules un
sortimentu iznākuma prognožu noteikšana**

1.etapa 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 *LLU ITF students*

Saturs

1	Sortimentu iznākuma prognozes no harvestera produkcijas failiem	3
1.1	Informācijas iegūšana no harvestera produkcijas (PRD) failiem	3
1.2	Datu apkopošana.....	4
1.3	Sortimentu prognožu matemātiskie modeļi un rezultāti Kļūda! Grāmatzīme nav definēta.	
1.3.1	Priede..... Kļūda! Grāmatzīme nav definēta.	
1.3.2	Egle	Kļūda! Grāmatzīme nav definēta.
1.3.3	Bērzs	Kļūda! Grāmatzīme nav definēta.
2	Secinājumi	4
3	Zemes lāzera skenera aprobācija precīzu koka stumbra formas mērījumu veikšanai	14
3.1	Zemes lāzera skenera pielietošana praksē	14
3.2	Datu iegūšana	17
3.3	Datu apstrāde	18
3.4	Zemes lāzera skenera turpmākās izmantošanas potenciāls	22
4	Cirsu saraksts lauku darbu mērījumu veikšanai	23
5	Secinājumi	24

1 Darba uzdevums

Veikt zinātniskā pētījuma „Koku stumbra formas veidules un sortimentu iznākuma prognožu noteikšana” 1.etapu ar sekojošiem darba uzdevumiem:

- Analizēt LVM iepriekšējo gadu ražošanas datus un uz harvesteru produkcijas failu datu bāzes izveidot sākotnējos algoritmus sortimentu iznākuma prognozēšanai.
- Sastādīt cirsmu sarakstu, kuru lauku mērījumu dati tiks izmantoti tālākā pētījuma veikšanai.
- Uzsākt mērījumu veikšanu datu iegūšanai ar harvesteriem izstrādātajās cirmās.
- Aprobēt zemes skenera iespējas precīzu stumbra formas mērījumu veikšanai.
- Izveidot stumbra veidules vienādojumu piemērus no harvesteru mērījumu datiem, ievērtējot celma un galotnes daļu parametrus, koku sugām priede, egļe, bērzs.

2 Sortimentu iznākuma prognozes no harvestera produkcijas failiem

2.1 Informācijas iegūšana no harvestera produkcijas (PRD) failiem

Harvestera produkcijas faili satur apkopotu informāciju dažādos griezumos, piemēram, izcirstais apjoms pa sugām, pa harvestera operatoriem, koku dimensijām, kvalitātes klasēm, griezuma tipiem, produktu grupām, izmēri ar mizu vai bez mizas. Sortimentu iznākuma prognozēšanai pa sugām tika izvēlēta šādu datu lasīšana un strukturēšana:

- ģpašuma/cirsmas numurs (datu sasaistīšanai ar taksācijas datiem) [PRD kods: 21-1];
- sugu saraksts [kods: 120-1];
- cenu matrica (sortimentu nosaukumi) [kods: 116-1, 121-1];
- griezuma tips [kods: 122-1];
- produktu grupas [kods: 125-1, 127-1, 126-1];
- diametru klases [kods: 117-1, 131-1];
- garuma klases [kods: 118-1, 132-1];
- tilpums virs mizas [kods: 236-5];
- tilpums zem mizas [kods: 236-6];
- griezumu skaits [kods: 232-1].

Ne visas iegūtās vērtības tiešā veidā tiek pielietotas tālākai datu analīzei, bet tās ir noderīgas algoritmu kontrolei un datu apkopšanas vajadzībām. Datu izgūšanai no produkcijas failiem tika veikti programmēšanas darbi C# valodā izveidojot speciālu klasi, kas apvieno gan šīs datu struktūras, gan nepieciešamās funkcijas šo datu strukturēšanai. Datu struktūra šajos PRD failos ir uzskatāma par komplicētu, jo satur daudz atsauces/saistības ar citiem PRD kodiem, kā arī ne visos PRD failos ir sastopami visi PRD specifikācijā minētie un sortimentu apjomu izgūšanai nepieciešamie kodi.

2.2 Datu apkopošana

Harvestera produkcijas failos ir atrodami sortimenti ar dažādiem nosaukumiem, kopumā priedei 31, eglei 22 un bērzam 19 unikāli sortimentu nosaukumi. Šie dati pēc iepriekšējās vienošanās ar pasūtītāju un pēc līdzības pazīmēm tika apvienoti pēc skaita mazākās grupās, rezultātā iegūstot 11 priedes, 9 egles un 5 bērza unikālos sortimentu nosaukumus.

Kā redzams 1. tabulā, priedei visvairāk pārstāvētie sortimenti ir 18x28, 28 un PM, kopā sastādot 74% no kopējā apjoma. Eglei visvairāk gatavotie ir PM, 18x28 un 28< sortimenti, kopā sastādot 68%, bet Bērzam PM un FIN, kopā 96%.

1.tabula

Datu statistika no produkcijas failiem

Suga	Sortiments	m ³ bez mizas	%, no m ³	Cirsmu skaits	%, no cirsmu skaita
Priede	18X28	41389	36.22	538	17.74
	28	24060	21.05	440	14.51
	PM	18259	15.98	510	16.82
	14X18	9479	8.3	475	15.67
	A	9402	8.23	268	8.84
	GULSNIS	7582	6.63	262	8.64
	10X14	1121	0.98	231	7.62
	BUVBALKI	1054	0.92	30	0.99
	MALKA	953	0.83	230	7.59
	STABI	779	0.68	37	1.22
	6X10	195	0.17	11	0.36
Egle	PM	28812	29.23	723	16.15
	18X28	25264	25.63	750	16.75
	28<	13070	13.26	612	13.67
	14X18	10759	10.92	709	15.83
	MALKA	10303	10.45	606	13.53
	10X14	5457	5.54	600	13.4
	GULSNIS	3468	3.52	305	6.81
	6X10	1356	1.38	167	3.73
	BUVBALKI	79	0.08	6	0.13
Bērzs	PM	66743	88.36	814	61.62
	FIN	5917	7.83	145	10.98
	12X18	1587	2.1	93	7.04
	MALKA	1251	1.66	264	19.98
	18X24	36	0.05	5	0.38

No statistikas viedokļa nozīmīgāks rādītājs ir nevis apjoma sadalījums pa sortimentiem, bet cirsmu skaits cik konkrētais sortiments pārstāv. Piemēram, ja 1-ā no 100 gadījumiem tiek gatavots kāds sortiments - tas ir nenozīmīgs rādītājs, bet ja visos 100 gadījumos sortiments tiktu sagatavots 1% apjomā (pēc tilpuma) - tas jau būtu statistiski nozīmīgs rādītājs un veidojot matemātisko modeli šāds rādītājs tiktu respektēts, nevis uzskatīts par kļūdu datus.

2.3 Sortimentu prognožu matemātiskie modeļi un rezultāti

Katrai sugai cirsmā tika apkopoti gan modeļa izejas parametri - sortimenti, gan ieejas parametri. Ieejas parametriem tika lietoti tikai vieglāk pieejamie (izmērāmie vai aprēķināmie) parametri, t.i., vidējais augstums (h), vidējais caurmērs (d), vidējais koka tilpums (v), bonitāte (bon), caurmēra sadalījuma izkliede (d_sigma), caurmēra sadalījuma asimetrija (d_skew), kā arī dati grupēti pa augšanas apstākļu tipu 5 grupām. Visi šie ieejas un izejas parametri ir mērogoti intervālā 0..1. Lai to panāktu, ieejas parametru vērtības tika dalītas ar koeficientiem (2. tabula), bet izejas parametri jau sākotnēji tika aprēķināti tā, lai visu sortimentu tilpumu summa būtu vienāda ar 1, jeb 100%.

2. tabula

Parametru mērogošanas koeficienti

Parametrs	Koeficients
BON	6
H	50
D	50
V	5
D_SIGMA	20
D_SKEW	2

1. formula

$$K = \text{Intercept} + \text{BON} \cdot \text{bon} + \text{H} \cdot \text{h} + \text{D} \cdot \text{d} + \text{V} \cdot \text{v} + \text{D}_{\text{SIGMA}} \cdot d_{\text{sigma}} + \text{D}_{\text{SKEW}} \cdot d_{\text{skew}}$$

kur,

K - sortimenta iznākuma koeficients

Intercept - korekcijas koeficients (4., 6., 8. tabula)

BON - bonitātes koeficients (4., 6., 8. tabulās)

bon - mērogota nogabala bonitāte (mērogošanai dalīt ar 2. tabulas koeficientu)

H - koku augstuma koeficients (4., 6., 8. tabula)

h - mērogots audzes vidējais augstums (2.tabula)

D - koku caurmēra koeficients (4., 6., 8. tabula)

d - mērogots koku caurmērs (mērogošanai 2.tabula)

V - koka vidējā tilpuma koeficients (4., 6., 8. tabula)

v - mērogots koka vidējais tilpums (mērogošanai 2.tabula)

D_SIGMA - caurmēra izkliedes koeficients (4., 6., 8. tabula)

d_sigma - mērogots caurmēra izkliedes koeficients (mērogošanai 2.tabula)

D_SKEW - caurmēra izkliedes asimetrijas koeficients (4., 6., 8. tabula)

d_skew - mērogota caurmēra izkliedes asimetrija (mērogošanai 2. tabula)

Lai noteiktu pastāvošās sakarības, tika izveidots multikritēriju lineārais regresijas modelis katrai sugai, kurš ņem vērā ieejas parametru mijiedarbības faktorus (1. formula). Modeļa attēlojums ir redzams tabulās 4., 6., 8. Iegūtie rezultāti nenorāda uz spēcīgām sakarībām starp ieejas un izejas parametriem (determinācijas koeficienti ieejas parametriem pa sugām ir doti zem tabulām 4., 6., 8.), kas nozīmē, ka turpmākā pētījumu gaitā ir jāpaplašina ieejas parametru saraksts vai jāmeklē citas metodes sakarību analizēšanai. Viens no risinājumiem, kura precizitāti un izmantošanas iespējas ir nepieciešams analizēt, ir vienkāršu lineāro modeļu piemērošana (attiecīgi katram kritērijam), definējot prioritāru

izmantošanas secību, kas norādītu striktu kritēriju mijiedarbību. Šādas pieejas lietošanai par labu liecina vienparametru lineāro modeļu determinācijas koeficienti.

2.3.1 Priede

Regresijas parametru novērtēšanas 3. tabulā redzams, ka koka augstums ir nenozīmīgākais parametrs $p > 0.05$ - tāpēc no modeļa turpmāk tas tiek izņemts. Koka augstuma mazā nozīmība skaidrojama ar to ka tai ir cieša korelācija ar šajā modelī iekļauto nozīmīgo parametru - koka caurmēru.

3.tabula

Priedes ieejas parametru vērtējums

Effect		Value	Multivariate Tests(c)			Sig.
			F	Hypothesis df	Error df	
Intercept	Pillai's Trace	1,000	2,172E7	11,000	535,000	,000
	Wilks' Lambda	,000	2,172E7	11,000	535,000	,000
	Hotelling's Trace	446525,083	2,172E7	11,000	535,000	,000
	Roy's Largest Root	446525,083	2,172E7	11,000	535,000	,000
bon	Pillai's Trace	,090	4,782a	11,000	535,000	,000
	Wilks' Lambda	,910	4,782a	11,000	535,000	,000
	Hotelling's Trace	,098	4,782a	11,000	535,000	,000
	Roy's Largest Root	,098	4,782a	11,000	535,000	,000
d	Pillai's Trace	,138	7,779a	11,000	535,000	,000
	Wilks' Lambda	,862	7,779a	11,000	535,000	,000
	Hotelling's Trace	,160	7,779a	11,000	535,000	,000
	Roy's Largest Root	,160	7,779a	11,000	535,000	,000
v	Pillai's Trace	,137	7,718a	11,000	535,000	,000
	Wilks' Lambda	,863	7,718a	11,000	535,000	,000
	Hotelling's Trace	,159	7,718a	11,000	535,000	,000
	Roy's Largest Root	,159	7,718a	11,000	535,000	,000
d_sigma	Pillai's Trace	,183	10,918a	11,000	535,000	,000
	Wilks' Lambda	,817	10,918a	11,000	535,000	,000
	Hotelling's Trace	,224	10,918a	11,000	535,000	,000
	Roy's Largest Root	,224	10,918a	11,000	535,000	,000
d_skew	Pillai's Trace	,037	1,851a	11,000	535,000	,043
	Wilks' Lambda	,963	1,851a	11,000	535,000	,043
	Hotelling's Trace	,038	1,851a	11,000	535,000	,043
	Roy's Largest Root	,038	1,851a	11,000	535,000	,043
h	Pillai's Trace	,034	1,713a	11,000	535,000	,067
	Wilks' Lambda	,966	1,713a	11,000	535,000	,067
	Hotelling's Trace	,035	1,713a	11,000	535,000	,067
	Roy's Largest Root	,035	1,713a	11,000	535,000	,067
aat	Pillai's Trace	,113	1,417	44,000	2152,000	,038
	Wilks' Lambda	,891	1,432	44,000	2048,731	,033
	Hotelling's Trace	,119	1,447	44,000	2134,000	,030
	Roy's Largest Root	,081	3,974b	11,000	538,000	,000

Priedes modeļa koeficienti un to novērtējums

Parameter Estimates						95% Confidence Interval	
Dependent Variable	Parameter	B	Std. Error	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
o1_10x14	Intercept	,083	,011	7,517	,000	,062	,105
	bon	,034	,006	5,236	,000	,021	,047
	d	-,191	,029	-6,521	,000	-,248	-,133
	v	,188	,040	4,684	,000	,109	,266
	d_sigma	-,021	,013	-1,607	,109	-,046	,005
	d_skew	,003	,006	,491	,624	-,008	,014
o2_14x18	Intercept	,437	,050	8,709	,000	,339	,536
	bon	-,041	,029	-1,378	,169	-,098	,017
	d	-,455	,132	-3,441	,001	-,715	-,195
	v	-,068	,181	-,373	,709	-,424	,289
	d_sigma	-,079	,058	-1,369	,171	-,193	,034
	d_skew	,015	,025	,608	,543	-,034	,065
o3_18x28	Intercept	,548	,089	6,185	,000	,374	,722
	bon	-,265	,052	-5,110	,000	-,367	-,163
	d	,637	,233	2,730	,007	,179	1,096
	v	-1,996	,320	-6,238	,000	-2,624	-1,367
	d_sigma	-,045	,102	-,438	,662	-,245	,155
	d_skew	-,060	,045	-1,342	,180	-,148	,028
o4_28	Intercept	-,331	,049	-6,820	,000	-,427	-,236
	bon	,009	,028	,317	,752	-,047	,065
	d	,365	,128	2,854	,004	,114	,617
	v	,695	,176	3,960	,000	,350	1,040
	d_sigma	,391	,056	6,991	,000	,281	,501
	d_skew	-,022	,025	-,876	,381	-,070	,027
o5_6x10	Intercept	,000	,003	-,131	,896	-,006	,005
	bon	,001	,002	,587	,557	-,002	,004
	d	-,004	,008	-,570	,569	-,020	,011
	v	,011	,011	,988	,323	-,010	,032
	d_sigma	,004	,003	1,029	,304	-,003	,010
	d_skew	-,001	,001	-,454	,650	-,004	,002
o6_A	Intercept	-,100	,026	-3,830	,000	-,151	-,049
	bon	,086	,015	5,622	,000	,056	,116
	d	,042	,069	,605	,545	-,093	,177
	v	,328	,094	3,480	,001	,143	,513
	d_sigma	,068	,030	2,283	,023	,010	,127
	d_skew	-,032	,013	-2,430	,015	-,058	-,006
o7_Buvbalki	Intercept	-,044	,026	-1,711	,088	-,095	,007
	bon	,006	,015	,428	,669	-,023	,036
	d	,116	,068	1,692	,091	-,019	,250
	v	-,170	,094	-1,813	,070	-,354	,014

	d_sigma	,037	,030	1,245	,214	-,021	,096
	d_skew	,041	,013	3,125	,002	,015	,067
o8_Gulsnis	Intercept	-,074	,046	-1,595	,111	-,165	,017
	bon	,061	,027	2,247	,025	,008	,114
	d	,112	,122	,916	,360	-,128	,351
	v	,180	,167	1,079	,281	-,148	,509
	d_sigma	,007	,053	,134	,893	-,097	,112
	d_skew	-,010	,023	-,435	,664	-,056	,036
o9_Malka	Intercept	,065	,036	1,793	,074	-,006	,137
	bon	,037	,021	1,740	,082	-,005	,079
	d	,053	,096	,548	,584	-,136	,241
	v	,024	,132	,183	,855	-,234	,282
	d_sigma	-,283	,042	-6,755	,000	-,365	-,201
	d_skew	,034	,018	1,842	,066	-,002	,070
o10_PM	Intercept	,395	,069	5,741	,000	,260	,530
	bon	,063	,040	1,573	,116	-,016	,143
	d	-,618	,181	-3,411	,001	-,974	-,262
	v	,732	,248	2,944	,003	,243	1,220
	d_sigma	-,073	,079	-,919	,358	-,228	,083
	d_skew	,033	,035	,944	,346	-,035	,101
o11_Stabi	Intercept	,021	,010	2,188	,029	,002	,040
	bon	,008	,006	1,373	,170	-,003	,019
	d	-,055	,026	-2,155	,032	-,105	-,005
	v	,076	,035	2,169	,031	,007	,145
	d_sigma	-,007	,011	-,635	,526	-,029	,015
	d_skew	-,001	,005	-,272	,785	-,011	,008

Determinācijas koeficienta novērtējums (secīgi katram sortimentam 4.tabulā):

1. R Squared = ,179 (Adjusted R Squared = ,172)
2. R Squared = ,214 (Adjusted R Squared = ,207)
3. R Squared = ,190 (Adjusted R Squared = ,183)
4. R Squared = ,541 (Adjusted R Squared = ,537)
5. R Squared = ,010 (Adjusted R Squared = ,001)
6. R Squared = ,267 (Adjusted R Squared = ,260)
7. R Squared = ,023 (Adjusted R Squared = ,015)
8. R Squared = ,060 (Adjusted R Squared = ,051)
9. R Squared = ,089 (Adjusted R Squared = ,080)
10. R Squared = ,040 (Adjusted R Squared = ,031)
11. R Squared = ,011 (Adjusted R Squared = ,002)

Tika izveidoti arī vienparametru modeļi 2 labākajiem iepriekš aprēķinātajam modeļu sortimentiem:

1. Multiple R-squared: 0.6438, Adjusted R-squared: 0.5982 (**o4_28 sk. 4.tab.**)
2. Multiple R-squared: 0.3805, Adjusted R-squared: 0.3012 (**o6_A sk 4.tab.**)

Kā redzams pēc determinācijas koeficientiem vienparametru modeļi uzrāda labākus rezultātus, bet arī nepietiekamus, lai modeļi uzskatītu par ticamu.

2.3.2 Egle

Regresijas parametru novērtēšanas tabulā redzams, ka visi ieejas parametri ir ar lielu nozīmīgumu.

5.tabula

Egles ieejas parametru vērtējums

Effect	Value	Multivariate Tests(b)			Sig.	
		F	Hypothesis df	Error df		
Intercept	Pillai's Trace	1,000	1,166E8	9,000	783,000	,000
	Wilks' Lambda	,000	1,166E8	9,000	783,000	,000
	Hotelling's Trace	1340503,742	1,166E8	9,000	783,000	,000
	Roy's Largest Root	1340503,742	1,166E8	9,000	783,000	,000
bon	Pillai's Trace	,050	4,585a	9,000	783,000	,000
	Wilks' Lambda	,950	4,585a	9,000	783,000	,000
	Hotelling's Trace	,053	4,585a	9,000	783,000	,000
	Roy's Largest Root	,053	4,585a	9,000	783,000	,000
h	Pillai's Trace	,033	2,955a	9,000	783,000	,002
	Wilks' Lambda	,967	2,955a	9,000	783,000	,002
	Hotelling's Trace	,034	2,955a	9,000	783,000	,002
	Roy's Largest Root	,034	2,955a	9,000	783,000	,002
d	Pillai's Trace	,038	3,440a	9,000	783,000	,000
	Wilks' Lambda	,962	3,440a	9,000	783,000	,000
	Hotelling's Trace	,040	3,440a	9,000	783,000	,000
	Roy's Largest Root	,040	3,440a	9,000	783,000	,000
v	Pillai's Trace	,074	6,962a	9,000	783,000	,000
	Wilks' Lambda	,926	6,962a	9,000	783,000	,000
	Hotelling's Trace	,080	6,962a	9,000	783,000	,000
	Roy's Largest Root	,080	6,962a	9,000	783,000	,000
d_sigma	Pillai's Trace	,187	20,057a	9,000	783,000	,000
	Wilks' Lambda	,813	20,057a	9,000	783,000	,000
	Hotelling's Trace	,231	20,057a	9,000	783,000	,000
	Roy's Largest Root	,231	20,057a	9,000	783,000	,000
d_skew	Pillai's Trace	,041	3,708a	9,000	783,000	,000
	Wilks' Lambda	,959	3,708a	9,000	783,000	,000
	Hotelling's Trace	,043	3,708a	9,000	783,000	,000
	Roy's Largest Root	,043	3,708a	9,000	783,000	,000

Egles modeļa koeficienti un to novērtējums

Parameter Estimates						95% Confidence Interval	
Dependent Variable	Parameter	B	Std. Error	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
o1_10x14	Intercept	,149	,020	7,421	,000	,110	,189
	bon	-,042	,014	-3,068	,002	-,069	-,015
	h	,130	,073	1,781	,075	-,013	,273
	d	-,193	,070	-2,765	,006	-,329	-,056
	v	,128	,069	1,860	,063	-,007	,262
	d_sigma	-,135	,036	-3,786	,000	-,205	-,065
	d_skew	-,024	,009	-2,748	,006	-,042	-,007
o2_14x18	Intercept	,201	,027	7,500	,000	,149	,254
	bon	-,025	,018	-1,345	,179	-,061	,011
	h	,195	,097	2,004	,045	,004	,386
	d	-,305	,093	-3,282	,001	-,488	-,123
	v	,163	,092	1,784	,075	-,016	,343
	d_sigma	-,059	,048	-1,248	,212	-,153	,034
	d_skew	-,065	,012	-5,490	,000	-,089	-,042
o3_18x28	Intercept	-,012	,040	-,292	,771	-,091	,067
	bon	,033	,027	1,216	,224	-,021	,087
	h	,541	,146	3,716	,000	,255	,828
	d	-,300	,139	-2,155	,031	-,574	-,027
	v	-,050	,137	-,362	,717	-,319	,220
	d_sigma	,556	,071	7,798	,000	,416	,697
	d_skew	-,054	,018	-3,046	,002	-,089	-,019
o4_28	Intercept	-,157	,028	-5,528	,000	-,213	-,102
	bon	,052	,019	2,664	,008	,014	,090
	h	-,007	,103	-,064	,949	-,209	,196
	d	,008	,099	,082	,935	-,186	,202
	v	,603	,097	6,200	,000	,412	,794
	d_sigma	,404	,051	7,987	,000	,305	,503
	d_skew	,014	,013	1,109	,268	-,011	,039
o5_6x10	Intercept	,036	,021	1,747	,081	-,004	,077
	bon	,005	,014	,374	,708	-,023	,033
	h	,215	,075	2,861	,004	,068	,363
	d	-,242	,072	-3,374	,001	-,384	-,101
	v	-,014	,071	-,193	,847	-,153	,125
	d_sigma	,003	,037	,082	,935	-,069	,075
	d_skew	-,011	,009	-1,237	,217	-,029	,007
o6_Buvbalki	Intercept	,000	,006	,041	,967	-,011	,011
	bon	,001	,004	,374	,709	-,006	,009
	h	,022	,021	1,078	,281	-,018	,063
	d	-,008	,020	-,427	,670	-,047	,030
	v	,000	,019	,024	,981	-,038	,039

	d_sigma	-,008	,010	-,776	,438	-,028	,012
	d_skew	-,002	,003	-,743	,458	-,007	,003
o7_Gulsnis	Intercept	-,035	,038	-,936	,350	-,109	,039
	bon	,004	,026	,151	,880	-,047	,054
	h	-,225	,137	-1,646	,100	-,493	,043
	d	,397	,131	3,038	,002	,140	,653
	v	-,092	,129	-,714	,475	-,344	,161
	d_sigma	,009	,067	,127	,899	-,123	,140
	d_skew	,016	,017	,967	,334	-,017	,049
o8_Malka	Intercept	,320	,070	4,543	,000	,182	,458
	bon	-,224	,048	-4,651	,000	-,319	-,130
	h	-,002	,255	-,009	,993	-,504	,499
	d	-,240	,244	-,983	,326	-,719	,239
	v	-,436	,240	-1,813	,070	-,908	,036
	d_sigma	,065	,125	,520	,604	-,181	,311
	d_skew	,024	,031	,774	,439	-,037	,085
o9_PM	Intercept	,497	,090	5,519	,000	,320	,674
	bon	,195	,062	3,165	,002	,074	,316
	h	-,870	,327	-2,663	,008	-1,511	-,229
	d	,884	,312	2,831	,005	,271	1,497
	v	-,303	,308	-,985	,325	-,907	,301
	d_sigma	-,835	,160	-5,216	,000	-1,149	-,521
	d_skew	,103	,040	2,579	,010	,025	,181

Determinācijas koeficienta novērtējums (secīgi katram sortimentam 6.tabulā):

1. R Squared = ,091 (Adjusted R Squared = ,084)
2. R Squared = ,061 (Adjusted R Squared = ,054)
3. R Squared = ,332 (Adjusted R Squared = ,327)
4. R Squared = ,510 (Adjusted R Squared = ,506)
5. R Squared = ,024 (Adjusted R Squared = ,017)
6. R Squared = ,005 (Adjusted R Squared = -,003)
7. R Squared = ,022 (Adjusted R Squared = ,015)
8. R Squared = ,049 (Adjusted R Squared = ,042)
9. R Squared = ,236 (Adjusted R Squared = ,231)

Tika izveidoti arī vienparametru modeļi 2 labākajiem iepriekš aprēķinātajam modeļu sortimentiem:

1. Multiple R-squared: 0.6088, Adjusted R-squared: 0.5752 (**o4_28 sk.6.tab**)
2. Multiple R-squared: 0.5331, Adjusted R-squared: 0.4931 (**o3_18x28 sk.6.tab.**)

Kā redzams vienparametru modeļi uzrāda labākus rezultātus, bet arī nepietiekamus, lai modeļi uzskatītu par ticamu.

2.3.3 Bērzis

Regresijas parametru novērtēšanas tabulā redzams, ka koka tilpums un caurmērs ir nenozīmīgākie parametri $p > 0.05$ - tāpēc no modeļa turpmāk tie tiek izņemti. Ar ļoti mazu nozīmību ir arī caurmēra izkliedes (d_sigma) un caurmēra izkliedes asimetrijas (d_skew) parametri, bet lai modelis nesastāvētu tikai no 2 parametriem - tie šajā gadījumā tiek atstāti modelī. Šo parametru mazā nozīme skaidrojama ar to ka gala rezultātā nevienu izejas parametru (sortimentu) ar šo modeli nav iespējams prognozēt - īpaši vāji determinācijas koeficienti.

7.tabula

Bērza izejas parametru vērtējums

Effect		Value	Multivariate Tests(b)			Sig.
			F	Hypothesis df	Error df	
Intercept	Pillai's Trace	,028	5,823a	4,000	798,000	,000
	Wilks' Lambda	,972	5,823a	4,000	798,000	,000
	Hotelling's Trace	,029	5,823a	4,000	798,000	,000
	Roy's Largest Root	,029	5,823a	4,000	798,000	,000
bon	Pillai's Trace	,034	7,061a	4,000	798,000	,000
	Wilks' Lambda	,966	7,061a	4,000	798,000	,000
	Hotelling's Trace	,035	7,061a	4,000	798,000	,000
	Roy's Largest Root	,035	7,061a	4,000	798,000	,000
h	Pillai's Trace	,019	3,765a	4,000	798,000	,005
	Wilks' Lambda	,981	3,765a	4,000	798,000	,005
	Hotelling's Trace	,019	3,765a	4,000	798,000	,005
	Roy's Largest Root	,019	3,765a	4,000	798,000	,005
d	Pillai's Trace	,005	1,056a	4,000	798,000	,377
	Wilks' Lambda	,995	1,056a	4,000	798,000	,377
	Hotelling's Trace	,005	1,056a	4,000	798,000	,377
	Roy's Largest Root	,005	1,056a	4,000	798,000	,377
v	Pillai's Trace	,002	,407a	4,000	798,000	,804
	Wilks' Lambda	,998	,407a	4,000	798,000	,804
	Hotelling's Trace	,002	,407a	4,000	798,000	,804
	Roy's Largest Root	,002	,407a	4,000	798,000	,804
d_sigma	Pillai's Trace	,007	1,451a	4,000	798,000	,215
	Wilks' Lambda	,993	1,451a	4,000	798,000	,215
	Hotelling's Trace	,007	1,451a	4,000	798,000	,215
	Roy's Largest Root	,007	1,451a	4,000	798,000	,215
d_skew	Pillai's Trace	,008	1,595a	4,000	798,000	,174
	Wilks' Lambda	,992	1,595a	4,000	798,000	,174
	Hotelling's Trace	,008	1,595a	4,000	798,000	,174
	Roy's Largest Root	,008	1,595a	4,000	798,000	,174

Bērza modeļa koeficienti un to novērtējums

Parameter Estimates						95% Confidence Interval	
Dependent Variable	Parameter	B	Std. Error	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
o1_10x18	Intercept	,067	,029	2,315	,021	,010	,124
	bon	-,049	,019	-2,551	,011	-,087	-,011
	h	-,059	,052	-1,124	,261	-,161	,044
	d_sigma	-,007	,023	-,302	,763	-,053	,039
	d_skew	-,003	,010	-,342	,732	-,023	,016
o2_18x24	Intercept	,008	,004	2,307	,021	,001	,016
	bon	-,003	,002	-1,143	,254	-,008	,002
	h	-,013	,007	-1,933	,054	-,026	,000
	d_sigma	-,002	,003	-,815	,415	-,008	,003
	d_skew	-,002	,001	-1,698	,090	-,005	,000
o3_fin	Intercept	,107	,072	1,501	,134	-,033	,248
	bon	-,138	,048	-2,895	,004	-,231	-,044
	h	-,063	,129	-,493	,622	-,316	,189
	d_sigma	,118	,057	2,056	,040	,005	,230
	d_skew	-,027	,024	-1,108	,268	-,075	,021
o4_malka	Intercept	,128	,041	3,144	,002	,048	,208
	bon	-,081	,027	-2,983	,003	-,134	-,028
	h	-,211	,073	-2,881	,004	-,355	-,067
	d_sigma	,033	,033	1,018	,309	-,031	,097
	d_skew	,012	,014	,885	,376	-,015	,040
o5_pm	Intercept	,689	,087	7,925	,000	,518	,859
	bon	,271	,058	4,687	,000	,157	,384
	h	,346	,156	2,217	,027	,040	,653
	d_sigma	-,142	,070	-2,036	,042	-,278	-,005
	d_skew	,020	,030	,683	,495	-,038	,079

Determinācijas koeficienta novērtējums (secīgi katram sortimentam 8.tabulā):

1. R Squared = ,012 (Adjusted R Squared = ,007)
2. R Squared = ,008 (Adjusted R Squared = ,003)
3. R Squared = ,041 (Adjusted R Squared = ,036)
4. R Squared = ,020 (Adjusted R Squared = ,015)
5. R Squared = ,042 (Adjusted R Squared = ,037)

Vienparametru modeļu determinācijas koeficienti (secīgi katram sortimentam 8.tabulā):

1. R-squared: 0.06953, Adjusted R-squared: -0.009262
2. R-squared: 0.02752, Adjusted R-squared: -0.05483
3. R-squared: 0.1173, Adjusted R-squared: 0.04251
4. R-squared: 0.2821, Adjusted R-squared: 0.2213
5. R-squared: 0.1342, Adjusted R-squared: 0.06092

Labāku rezultātu vienparametru modeļi sniedz tos grupējot pa augšanas apstākļu tipu grupām, kur, piemēram, āreņos bērza malkas determinācijas koeficienti ir daudz augstāki (Multiple R-squared: 0.8925, Adjusted R-squared: 0.5847).

3 Zemes lāzera skenera aprobācija precīzu koka stumbra formas mērījumu veikšanai

3.1 Zemes lāzera skenera pielietošana praksē

Trīs dimensionālā (3D) lāzerskenēšana, pazīstama arī ar nosaukumu LIDAR (Light Detection and Ranging), ir salīdzinoši jauna trīsdimensionāla attēlošanas tehnoloģija, kas, izmantojot lāzera staru un rotējošu spoguļi, iegūst informāciju punktu mākoņa veidā par pētāmo objektu. Izmantojot 3D lāzerskenēšanu, skenēšanas rezultātā tiek iegūts trīs dimensionāls punktu mākonis, kurš ataino skenējamā objekta virsmu. Lai iegūtu visu informāciju par objekta virsmu 3D, skenējumi ir jāveic no vairākām stacijām.

Skenēšanas process mežā ir salīdzinoši laikietilpīgs un dienas laikā ir iespējams noskenēt 2-3 parauglaukumus, kur katrs sastāv no 10-20 atsevišķiem kokiem. Noskenēto parauglaukumu skaitu dienā ietekmē tādi faktori, kā cirsma ģeogrāfiskā atrašanās vieta, pameža biezums, meteoroloģiskie laika apstākļi.

Lāzera skenera darbības ierobežošanu nosaka tehniskā specifikācija, kurā norādīts, ka nedrīkst veikt skenēšanu lietus laikā, kā arī ja relatīvais gaisa mitrums pārsniedz 80% vai, ja gaisa temperatūra ir zemāka par +5 C⁰. Lai būtu iespējams iegūt precīzu 3D attēlu no skenētiem paraug kokiem, ir nepieciešams, lai vēja ātrums nepārsniegtu 3-5 m*s⁻¹. Lauku darbos ar skeneri secināts, ka palielinoties vēja ātrumam virs pieļaujamās normas pastāv varbūtība, kad iegūtie dati nav tālāk izmantojami pētnieciskiem nolūkiem. Tas saistīts ar koka fizikālajām īpašībām, proti, pretošanos vēja ietekmei. Koka augšējās daļas svārstību rezultātā, punktu izkliede ir liela un tas apgrūtina precīzi izveidot stumbra veiduli. Skenējamo koku skaitu parauglaukumā ierobežo mežaūdens biezība. Attiecīgi, jo koki ir tuvāk viens otram, jo mazāk kokus var iekļaut parauglaukumā. Tas ietekmē arī datu tālāku apstrādi - sakļaujoties koku vainagiem nevar veikt tālāku datu atšifrēšanu par stumbra dimensionālām izmaiņām. Skeneris, augstā izšķirtspējā pie labvēlīgiem laika apstākļiem, darbojas līdz 70 m attālumam. Ja pieņem, ka lielākoties koki nepārsniedz 40 m, tad parauglaukuma diagonāle horizontālā virzienā nedrīkst pārsniegt 57 m. Kokam nevajadzētu atrasties tuvāk par 3 – 5 m no skenera, līdz ar to lietderīgā diagonāle samazinās par 3 – 5 m. Tātad parauglaukuma (pārsvārā kvadrātveida) malas maksimālais garums ir 36 m.

Datu ieguvei ar 3D lāzerskenēšanu izmantots uzņēmuma „Trimble Navigation Ltd” ražotais aparāts TRIMBLE FX, kuru darbina izmantojot datorprogrammu „Trimble FX controller”. Lai varētu veikt skenēšanu lauka apstākļos, bez skenera un „Trimble FX controller” datorprogrammas vēl bija nepieciešami arī „Trimble TriMax” trijkājis iekārtas nostiprināšanai, ārējās enerģijas avots - baterija ar 19 V spriegumu „Armstrong Power Solutions” - Ultra XP-66, kā arī uzņēmuma „Panasonic UK Ltd” ražots lauka dators „Toughbook CF-31”



1.att. Parauglaukuma sagatavošana – pameža novākšana

Pirms skenēšanas darbu veikšanas, ir nepieciešams sagatavot parauglaukumu. Sākumā ir nepieciešams izzāgēt pamežu tā, lai tas netraucētu koka stumbra tiešai redzamībai. Izmantojot lāzera skeneri ir nepieciešams ne tikai nozāgēt pamežu, bet arī novākt to, jo nogāztais pamežs aizsedz skenējamo stumbru lejasdaļu.

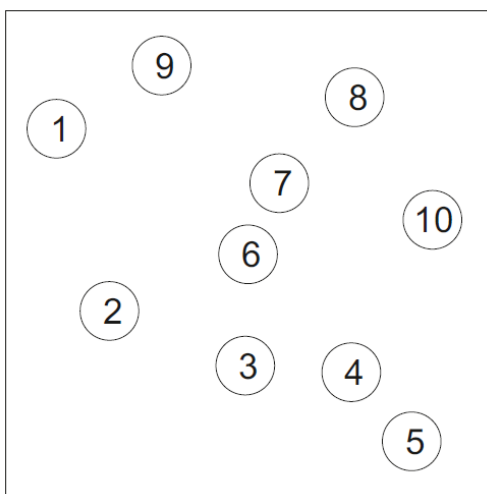


2.att. Parauglaukuma sagatavošana – lāzera skenera uzstādīšana, mērķu izvietošana un paraugkoku marķēšana

Pirms skenēšanas koki tiek nomarkēti ar krāsu uzpūšot ciparus (sk. 2.att.), lai pēc tam tos būtu iespējams identificēt salīdzinot ar harvesteru iegūtajiem datiem. Papildus pirms skenēšanas darbu veikšanas ir nepieciešams izvietot mērķus. Datu pēcapstrādē mērķi ir nepieciešams nosacījums, lai programmā „Trimble Real Works” varētu sasaistīt atsevišķus skenējumus. Mērķus izvieto tā, lai katrām divām, blakus esošām, stacijām būtu kopīgi vismaz trīs mērķi. Izvietojot mērķus, ir jāpārliecinās, lai tie nebūtu aizsegti ar kādu citu mērķi vai koka stumbru un būtu labi redzami no skenera skatupunkta. Papildus drošībai tiek uzzīmēta

koku novietojuma shēma (3.att.). Shēmā attēlo koku savstarpējo izvietojumu no pirmās skenēšanas stacijas skata punkta. Shēma tiek veidota, lai kokus varētu identificēt gadījumā, ja uzkrāsotie cipari neparedzētu iemeslu pēc nav nolasāmi.

Lai iegūtos datus pēc tam varētu apvienot vienā 3D punktu mākonī, pirms skenēšanas ir nepieciešams izvietot mērķus. Datu pēcapstrādē mērķi ir nepieciešams nosacījums, lai „Trimble Real Works” varētu sasaistīt atsevišķus skenējumus. Mērķus izvietot tā, lai katrām divām, blakus esošām, stacijām būtu kopīgi vismaz trīs mērķi. Izvietojot mērķus, ir jāpārlicinās, lai tie nebūtu aizsegti ar kādu citu mērķi vai koka stumbru un būtu labi redzami no skenera skatupunkta.



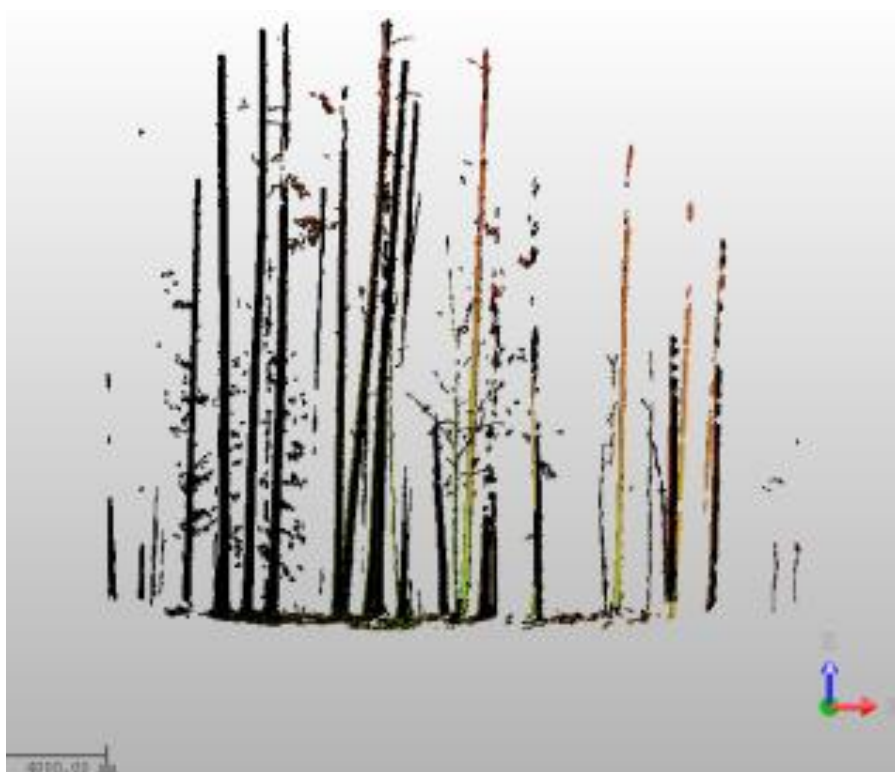
3.att. Parauglaukuma shēmas piemērs

2011.gada oktobrī – novembrī parauglaukumi ierīkoti un nomērīti sekojošos nogabalos:

1. Vītoļiņi (GPS koordinātes: 56,42,46 ; 23,44,53) Mežaudzes sastāva formula 10P.
2. RAF (GPS koordinātes: 56,39,56 ; 23,47,41)
3. Blukas (GPS koordinātes: 56,37,38 ; 23,48,46) 11-611-0148-013-040, Mežaudzes sastāva formula 10P.
4. Blukas (GPS koordinātes: 56,37,21 ; 23,48,35) 11-611-0045-011-090, Mežaudzes sastāva formula 6P3B1A.
5. Strutele (GPS koordinātes: 56,48,34 ; 22,57,13) 11-603-0115-333-110,

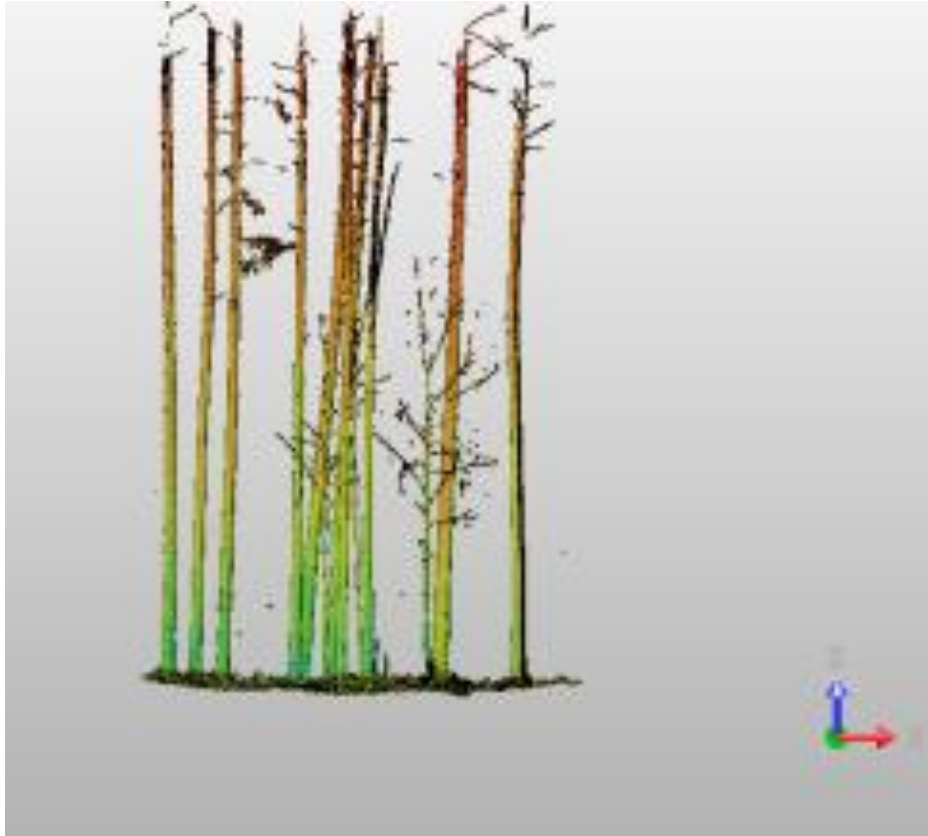
3.2 Datu iegūšana

Pēc parauglaukumu attīrīšanas no pameža un mērķu izvietojšanas, tiek uzstādīts skeneris pirmā skenējuma veikšanai. Skenera korektai uzstādīšanai ir nepieciešams divvirziena līmeņrādis. Tas ir nepieciešams, lai trijkāji, kas balsta skeneri, varētu uzstādīt absolūti horizontāli – platforma būtu nolīmeņota visos virzienos. Skenēšanas stacijas vietas izvēlas un atzīmē mērķu izlikšanas procesa laikā. Izvēloties mērķu un staciju atrašanās vietas, ir jāpārliciecinās, lai no katras stacijas būtu labi redzams katrs mērķis, kas attiecas uz konkrēto staciju, un koku stumbri neaizsegtu viens otru. Parauglaukums tiek skenēts no visiem četriem laukuma stūriem. Pirms katra skenējuma, tiek veikts priekš skats (scan preview), lai varētu norādīt un noskenēt tikai nepieciešamo apgabalu, kas ir aptuveni 1/8 daļa no pilnas sfēras (pilna skenējuma). Uzreiz pēc katra skenēšanas procesa beigām, tiek palaista datu pārveides funkcija, kas noskenētos datus pārvērš datu apstrādes programmai saprotamā formātā (.tzs failā). Šis process notiek paralēli ar aparatūras pārvietošanu uz nākamo stacijas vietu. Noskenētus datus no vienas stacijas, pēc pārveides, var apskatīt 4. attēlā.



4.att. Vienas stacijas 3D attēls

Izmantojot programmu „Trimble Real Works” visi četri skenējumi tiek apvienoti vienā telpiskā, trīsdimensionālā datu kopā. Visu skenējumu apvienošana patērē lielu datora jaudu, jo, piemēram, 5. attēls sastāv no 20 milj. atsevišķu punktu. Kad skenētie dati ir apvienoti, tad ir iespējams izslēgt tos kokus, kuri nav marķēti, kā arī ir iespējams izslēgt no datu kopas lielāko koku zarus, lai tālākā procesā varētu veikt datu apstrādi (sk. 5. att.).

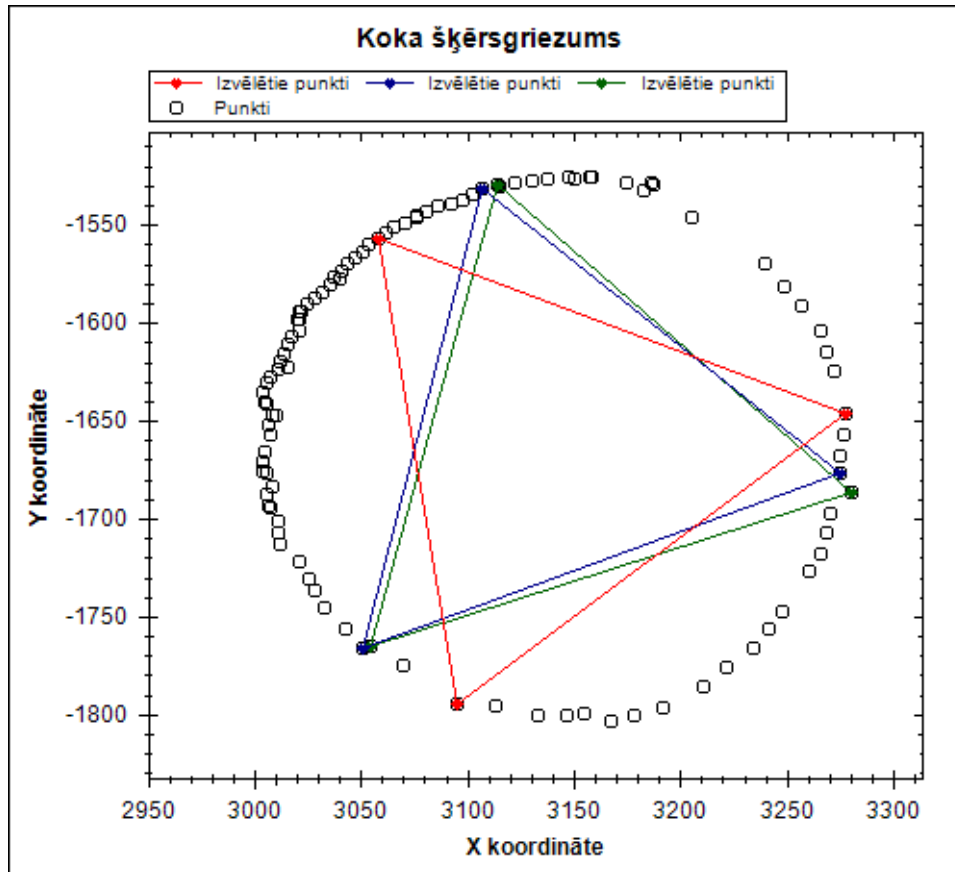


5.att. Apvienoti un attīrīti skenējumi

Pēc apstrādes, palikušie lietderīgie dati tiek eksportēti .asc failā, lai pēc tam tos varētu apstrādāt programmā „Koka caurmērs”, kas ir speciāli šim projektam izstrādāta programmatūra, ar kuras palīdzību var precīzi noteikt telpiskos parametrus.

3.3 Datu apstrāde

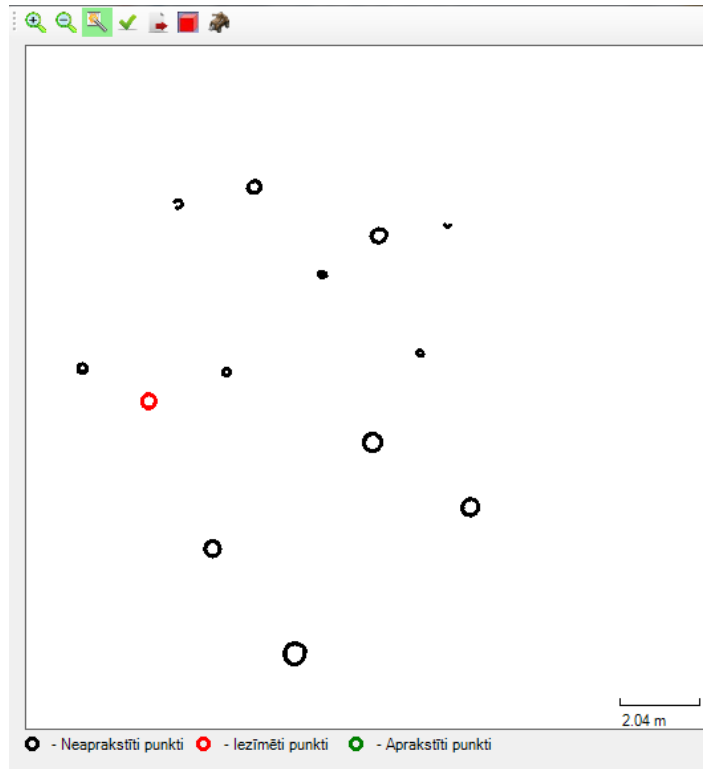
Skenēto koku stumbru veidules konstruēšanai ir nepieciešams aprēķināt stumbra caurmēru balstoties uz skenējumā iegūtajiem punktu mākoņiem. 6. attēlā ir vizualizēts koka šķēsgriezums, un tā caurmēra aprēķināšana. Lai aprēķinātu caurmēru, starp redzamajiem punktiem tiek novilkta trīs pēc iespējas lielāki trijstūri. Tā kā ir zināmas katra punkta koordinātes, izmantojot tās var aprēķināt iedomāto trijstūru malu garumus un laukumus. Pēc šiem datiem var aprēķināt katram iedomātajam trijstūrim apvilktās riņķa līnijas diametru, kas šajā gadījumā arī ir koka caurmērs dotajā augstumā. Izmantojot trīs trijstūrus, tiek iegūti arī trīs caurmēri dotajā augstumā. Kā koka patieso caurmēru pieņem šo trīs rezultātu aritmētisko vidējo vērtību.



6.att. Koka šķērsriezums, un tā caurmēra aprēķināšana

Šī algoritma realizēšanai un testēšanai izstrādāts programmas prototips, kurā var importēt no programmas Trimble Realworks iegūto punktu kūļa failu (*.asc). Katrs šāds fails apraksta vienu noskenēto parauglaukumu. Programmā parauglaukums tiek attēlots virsskatā no zemes, lietotāja noteiktajā augstumā, kā tas redzams 7.attēlā. Šajā skatā var norādīt koku, ar kuru darboties turpmāk.

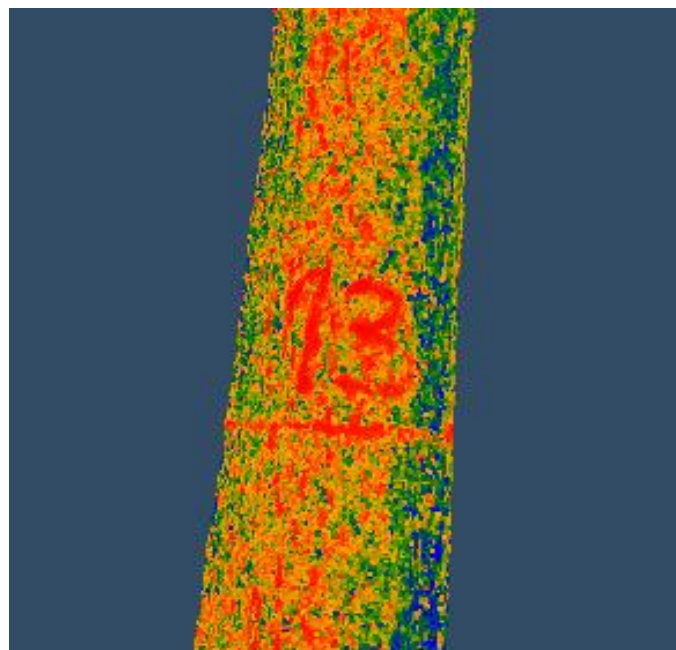
Koka caurmēru noteikšanai tiek izmantots sākumā aprakstītā metode. Šādi caurmērs tiek noteikts ik pēc katriem 10 cm sākot no koka sakņu kakla. Aprēķinot caurmērus, lai novērstu neprecizitātes caurmēra noteikšanā, ko rada skenējumā esošie koka zari, netiek ņemti vērā punkti ar vislielākajām un vismazākajām X un Y vērtībām koordinātu sistēmā, kā arī punkti, kuru standartnovirze ir lielāka par trīs, attiecībā pret caurmēra noteikšanai izmantoto punktu kopu.



7.att. Noskenētā parauglaukuma koka stumbri šķērsgrīzumā 1.3 metru augstumā no zemes

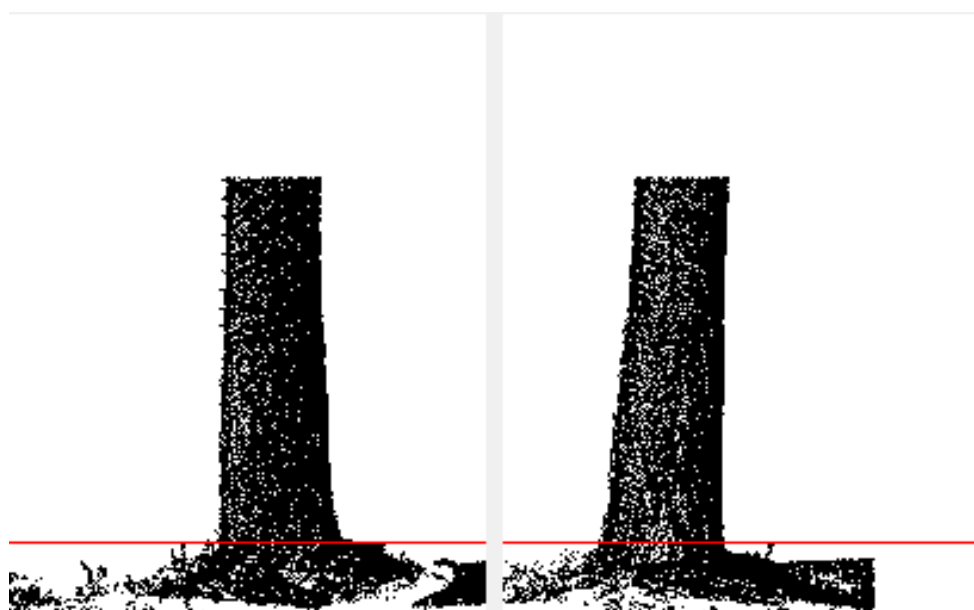
Tā kā katrā parauglaukumā ir vairāki koki, izstrādāta metode šo koku identificēšanai, un caurmēra noteikšanai dažādos augstumos.

Programmā ir iespēja aplūkot katru koku atsevišķi 3D skatā, un tādējādi noteikt, kāds numurs ir dotajam kokam. Skeneris spēj noteikt katra noskenētā punkta atstarotās gaismas intensitāti, aprakstot to ar vērtību no 0 līdz 255. Vizualizējot šos punktus 3D skatā, katrs punkts tiek iekrāsots atkarībā pēc tā intensitātes, un rezultātā ir redzams numurs, kurš pirms skenēšanas tika uzkrāsots uz koka (8.attēls).



8.att. Punktu kopa, iekrāsojot punktus atkarībā no to intensitātes.

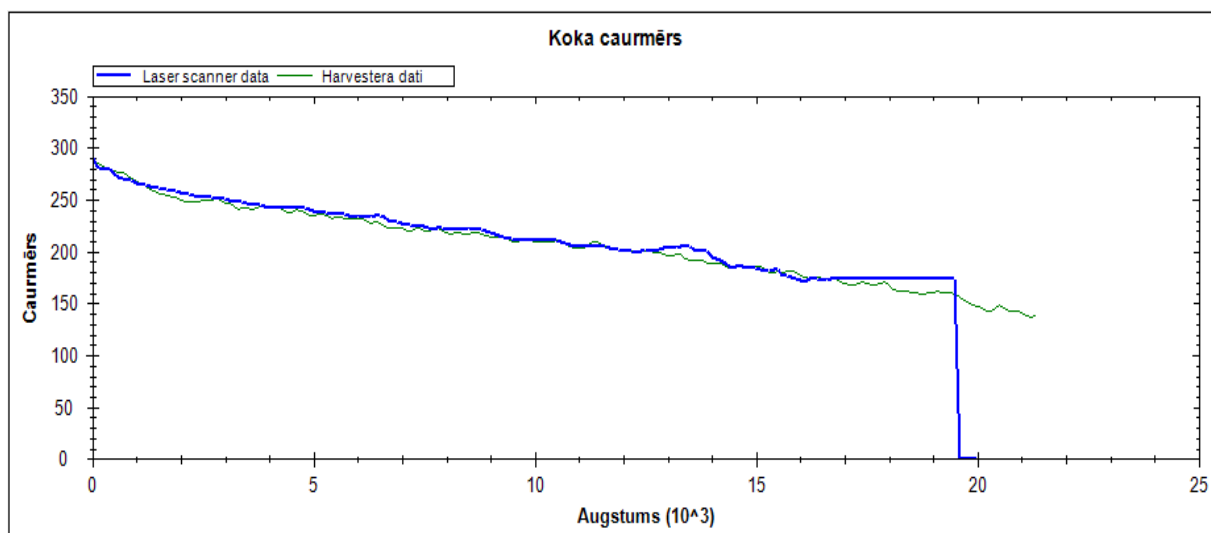
Kā atskaites punkts augstumu noteikšanai tiek izmantots koka sakņu kakls. To var norādīt manuāli. Lai to izdarītu precīzāk, tiek attēlota izvēlētā koka apakšdaļa no divām pusēm, kā tas redzams 9.attēlā.



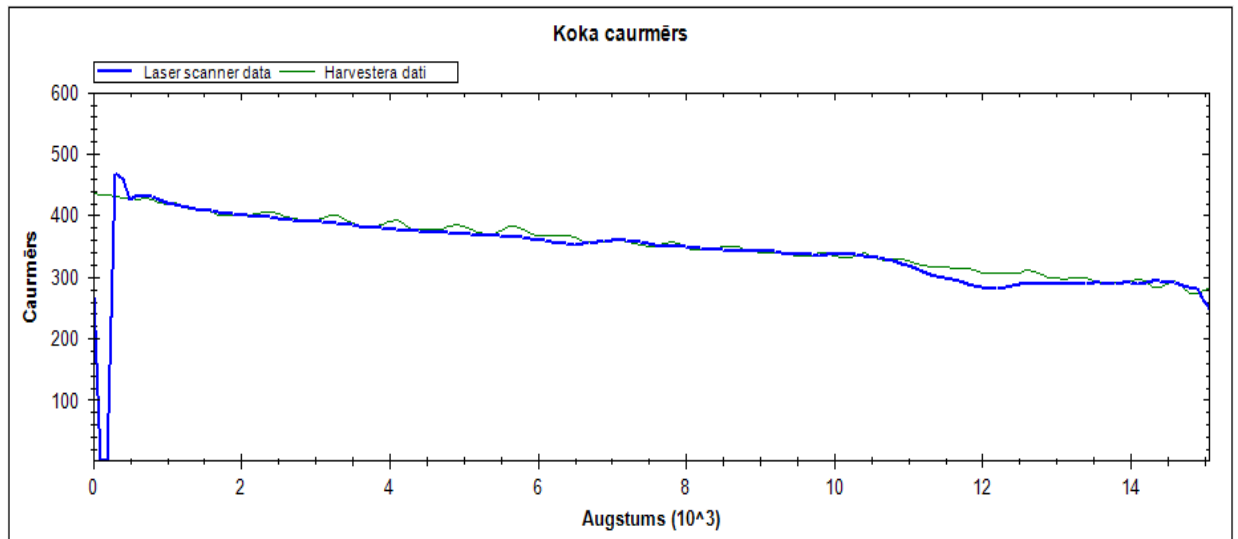
9.att. Manuālā koka sakņu kakla noteikšana, koku aplūkojot no divām pusēm

Pēc izvēlēto koku caurmēru aprēķināšanas, iegūtos datus iespējams eksportēt „csv” un „xml” formātos to.

Šādā veidā iegūtie dati tika salīdzināti ar harvesteru produkcijas failu datiem konkrētajā parauglaukumā (10. un 11. att.).



10.att. Koka caurmērs atkarībā no augstuma. Salīdzinājums lāzerskenera un harvesteru produkcijas failu iegūtajiem datiem (priede)



11.att. Koka caurmērs atkarībā no augstuma. Salīdzinājums lāzerskenera un harvestera produkcijas failu iegūtajiem datiem (egle)

3.4 Zemes lāzera skenera turpmākās izmantošanas potenciāls

Balstoties uz līdzšinējiem lauku darbu mērījumiem un datu pirmapstrādes, var secināt, ka uz doto brīdi ir iespējams ļoti precīzi noteikt augoša koka stumbra parametrus augstumā līdz 20 m. Parametru noteikšanai lielākā koku augstumā ir nepieciešams ievākt vairāk datu, kā arī izpētīt koku sugas un audzes biežības ietekmi uz iegūstamajiem datiem.

Pašreiz tiek risinātas problēmas, kas saistītas ar datu pēcapstrādi. Tiek izstrādāta koka tilpuma noteikšanas programmatūra, kas aprēķinus veic balstoties uz skenera iegūtajiem datiem. Tiek veikti precizējumi un uzlabojumi caurmēra, sakņu kakla un koka tilpuma aprēķināšanā. Izveidojot precīzāku programmu būs iespējams jau esošos datus apstrādāt precīzāk, tādējādi palielinot iegūto datu ticamību. Pēc programmas pilnveidošanas un iegūto datu pilnīgas apstrādes plānots pavasarī turpināt eksperimentālos mērījumus ar zemes lāzera skeneri, ar mērķi noskaidrot, cik precīzi ir iespējams iegūt augoša koka parametrus dažādām koku sugām virs 20 m augstuma.

Pamatojoties uz līdzšinējo pētniecisko darbu jāsecina, ka ar zemes lāzera skeneri teorētiski ir iespējams veikt augoša koka pilnu skenēšanu un precīzu stumbra formas mērījumu veikšanu.

Analizējot zinātnisko literatūru par skenera izmantošanu ražošanā, arī ārvalstu speciālisti (Thies, Spiecker, 2004*, Watt, Donoghue u. c., 2003**) atdzīst tā potenciālu un pielietošanu meža inventarizācijas datu iegūšanai.

* - Thies M., Spiecker H. 2004. Evaluation and future prospects of terrestrial laser scanning for standardized forest inventories. Proceedings of the ISPRS Working Group VIII/2: Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment, 03–06 October, Freiburg, Germany, pp. 192–197.

** - Watt, P.J., Donoghue, D.N.M., Dunford, R.W. 2003. Forest Parameter Extraction Using Terrestrial Laser Scanning. 2003. Pieejams: <http://www.geography.dur.ac.uk/ForestSAFE/Presentations/PWATT.pdf>.

4 Cirsu saraksts lauku darbu mērījumu veikšanai

Cirsu izvēles plānošanai AS „Latvijas valsts meži” projekta īstenotājiem iesniedza cirsmu saraksta versiju „2012 cirsmas.xls”. Apaļo kokmateriālu ražošanas specifikas dēļ, kad ir apgrūtināti plānot precīzus izstrādes mēnešus un datumus, saraksta aktualitāte ir jāatjauno periodiski.

Uz doto brīdi sastādītais audzes saraksts ietver daļu no Latvijas teritorijas, kurā varētu tikt ierīkoti nepieciešamie objekti pētījuma nolūkiem datus (1.tabula).

9.tabula

Cirsu saraksts parauglaukumu ierīkošanai 2012.gada janvārī - februārī

Formula	Iecirkņa Nr.	Kvartāla Apgabals	Kvartāls	Nogabals	Platība	Izstrādes mēnesis
Rietumvidzeme_Galvenā cirte	22423	408	364	100	1,3	2
Rietumvidzeme_Galvenā cirte	22423	408	360	050	1,9	2
Rietumvidzeme_Galvenā cirte	22423	408	366	121	1,5	2
Rietumvidzeme_Galvenā cirte	22426	409	489	150	1,4	2
Rietumvidzeme_Galvenā cirte	22427	410	88	211220	2	2
Rietumvidzeme_Galvenā cirte	22427	410	390	050	1	2
Ziemeļkurzeme_Galvenā cirte	22729	713	231	090	1,9	1
Ziemeļkurzeme_Galvenā cirte	22729	713	229	140	1,3	1
Ziemeļkurzeme_Galvenā cirte	22729	713	231	010	1,1	1
Ziemeļkurzeme_Galvenā cirte	22729	713	229	180	1,7	1

Lai iegūtos datus būtu korekti salīdzināt, nepieciešamas papildus vismaz 12 mežaudzes, kuras atrastos Zemgales MS teritorijā. Nepieciešamā audzes sastāva formulā jāietilpst P, E, B, A un Ba mistrandzē dažādos AAT un bonitātēs vai tīraudzē katrai sugai atsevišķi.

Parauglaukumu ierīkošana un to uzmērīšana tiks veikta pēc iepriekš izstrādātās projekta „Koku stumbra formas un sortimentu iznākuma prognožu noteikšanas, pētījumu programmas izstrāde” metodikas.

5 Secinājumi

- Harvesteru produkcijas failu dešifrēšana bija komplicēts darbs, jo satur daudz iekšējās atsauces, kā arī šī faila specifikācija varēja būt pilnvērtīgāka/lasāmāka.
- Apkopotie dati liecina, ka atsevišķi sortimenti nav pietiekami pārstāvēti/gatavoti visās cirmsās, kas iespējams atstāj negatīvu ietekmi uz sortimenta iznākuma prognožu modeļiem
- Analizējot vairākas pēc ieejas parametriem līdzīgas cirsmas tika konstatēts, ka tajās tiek sagatavoti atšķirīgi sortimenti, kas iespējams atstāj negatīvu ietekmi uz sortimentu iznākuma prognožu modeļiem
- Lai arī vienparametru modeļi uzrāda labākus rezultātus, to pielietošana ir problemātiska, jo, lai ar tiem panāktu labākus rezultātus, ir pielietots iekšējais parametru reizinājums - visās kombinācijās, tādēļ to ieejas parametru skaits ir liels (64 parametri), otrkārt, tie negarantē, ka visu sortimentu procentuālais sadalījums būtiski neatšķirsies no 100%. Tāpēc šādus vienparametru modeļus varētu pielietot tikai tad, ja determinācijas koeficienti norādītu uz ļoti ticamiem rezultātiem. Tad tos varētu pielietot prioritārā secībā vai arī iegūto rezultātu (visus sortimentus) mērogojot 100% skalā.
- Lāzerskenēšanas process mežā ir salīdzinoši laikietilpīgs un dienas laikā ir iespējams noskenēt 2-3 parauglaukumus, kur katrs sastāv no 10-20 atsevišķiem kokiem. Noskenēto parauglaukumu skaitu dienā ietekmē tādi faktori, kā cirsmas ģeogrāfiskā atrašanās vieta, pameža biezums, meteoroloģiskie laika apstākļi.
- Balstoties uz līdzšinējiem lāzerskenēšanas lauku darbu mērījumiem un datu pirmapstrādes, var secināt, ka uz doto brīdi ir iespējams ļoti precīzi noteikt augoša koka stumbra parametrus augstumā līdz 20 m. Parametru noteikšanai lielākā koku augstumā ir nepieciešams ievākt vairāk datu, kā arī izpētīt koku sugas un audzes biežības ietekmi uz iegūstamajiem datiem.
-