

Zinātniskā pētījuma

**Koku stumbra formas veidules un sortimentu iznākuma prognožu noteikšana
2013. gadastarpatskaite**

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 *Bc.sc.ing., LLU MF maģistrants*

Raivis Baltmanis *Bc.sc.ing., LLU ITF maģistrants*

JELGAVA 2013

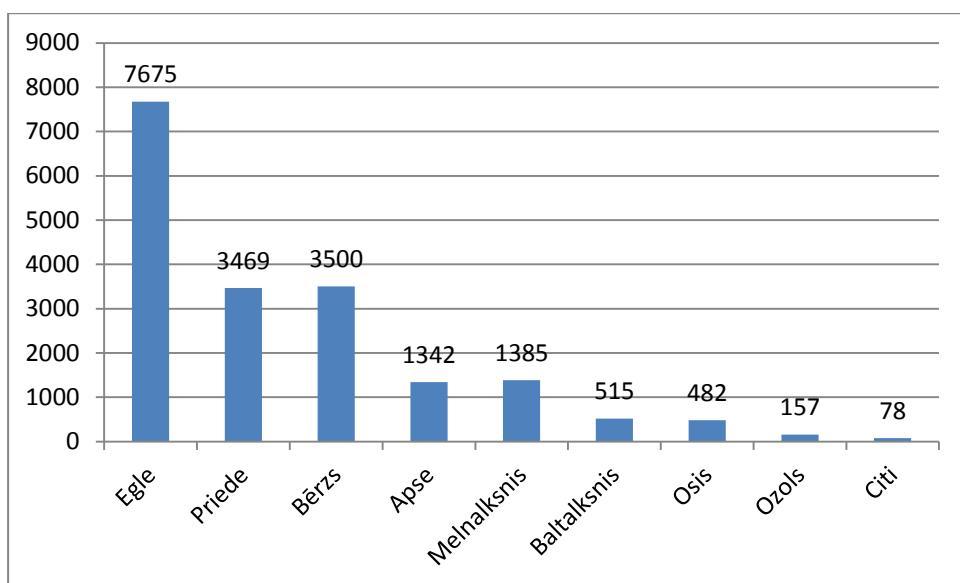
Saturs

1. Lauka mērījumu datu iegūšana ar harvesteriem izstrādātajās cismās saskaņā ar metodiku 4	
2. No paraugkokiem iegūto sortimentu vainu uzskaitē ar mērķi noteikt to ietekmi uz sortimentu iznākumu	8
3. Precizēt sākotnēji izveidoto algoritmu un izstrādāt algoritmus sortimentu iznākuma prognozēšanai pa reģioniem un koku sugām, ievērtējot sortimentu iznākumu visvairāk ietekmējošos faktorus	18
3.1. Metodika	18
3.2. Rezultāti	19
4. No harvesteru mērījumu datiem iegūtu stumbra veidules vienādojumu precizēšana, ievērtējot celma un galotnes daļu parametrus 8 koku sugām	26
4.1. Metodika	26
4.2. Koku stumbru veidules koeficienti	29
4.2. Meža augšanas apstākļu tipu ietekme uz koku stumbru veidulēm.	36
4.3. Koku augšanas vietas ietekme uz koku stumbru veidulēm.....	38
4.4. Koku augšanas vietas un augšanas apstākļu ietekme uz koku stumbru veidulēm	43
Secinājumi	48
5. Vienādojumu un koeficientu noteikšanas algoritmu izstrāde faktiski saražojamā sortimentu iznākuma noteikšanai galvenajā cirtē un krājas kopšanas cirtē.....	49
6. Latvijas kokiem atbilstošu stumbra pirmā nogriežņa un galotnes daļas modelēšanas algoritmu tālākā izstrāde izmantošanai harvesteru programmās.	53
7. Metodikas tālākā izstrāde STM failu uzkrāšanai un izmantošanai stumbra veiduļu pamatošanai pa reģioniem	54
7.1 Caurmēru datu saglabāšanas aktivizēšana dažādās mežistrādes mašīnu datorprogrammās	55
Ponsse.....	55
JohnDeereClass-D.....	55
JohnDeereClass-E	56
DASA4.....	57
Valmet.....	58
7.2 STM numerācijas pārbaude	58
John Deere.....	58
Ponsse.....	59
Valmet 9.11	60
8. Pielietot zemes lāzerskeneri līdz 20% no stumbra garuma, resgaļa koeficientu noteikšana un pielietošanas metodes izstrāde Latvijas apstākļiem.....	61
8.1. Metodika	61
8.2. Rezultāti	62

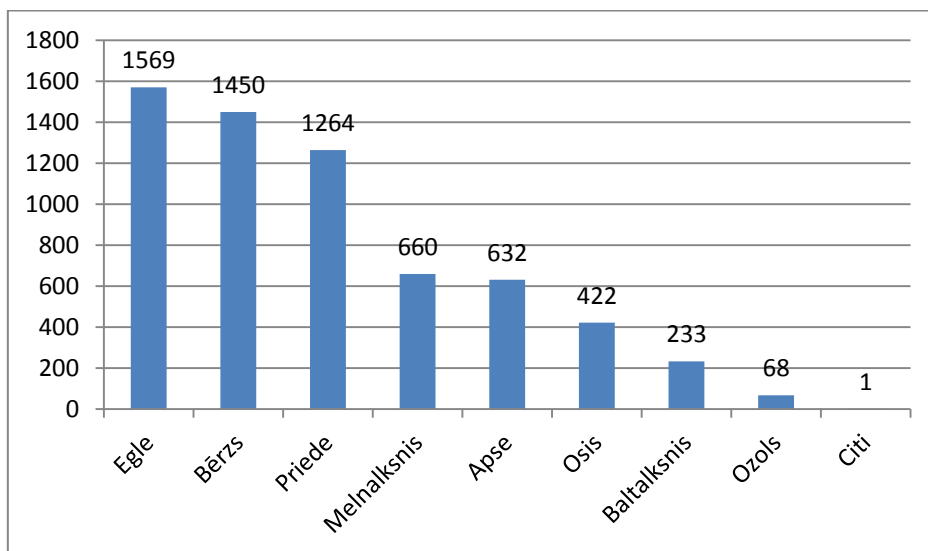
9.	Secinājumi.....	65
10.	Izmantotā literatūra.....	66

1. Lauka mērījumu datu iegūšana ar harvesteriem izstrādātajās cismās saskaņā ar metodiku

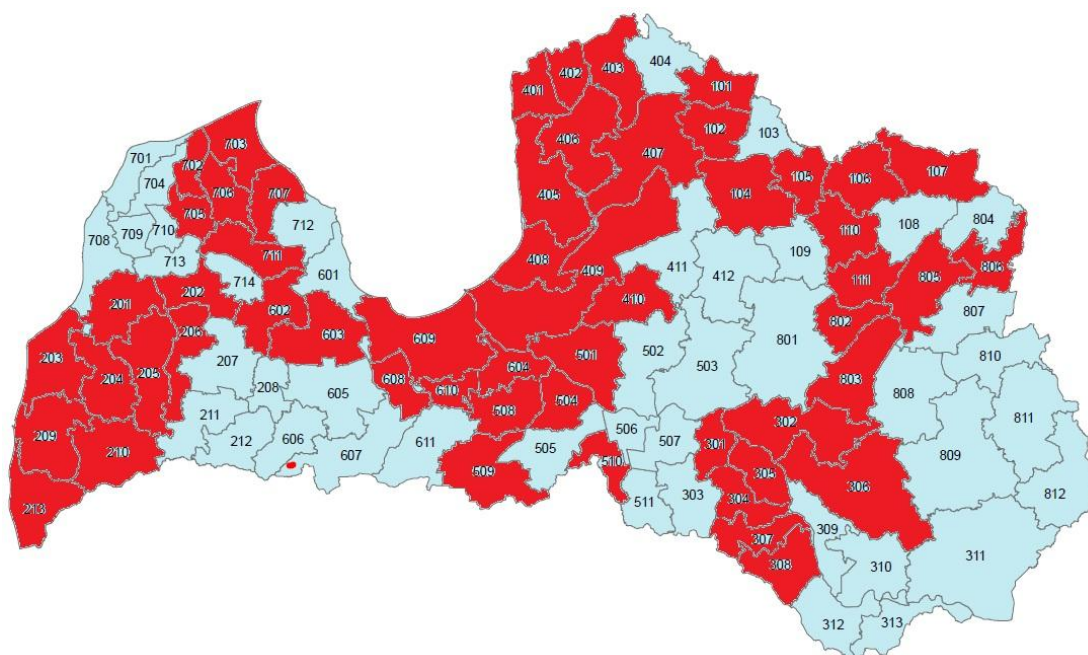
Lauku darbu mērījumi ir veikti atbilstoši izstrādātajai metodikai. Projekta ietvaros no 2013. gada janvāra mēneša līdz 2014. gada janvāra mēnesim notikusi augošu koku vainu vērtēšana - novērtēti 18603 koki (sadalījumu pa koku sugām sk. 1.1.att.). Koka stumbra formas veidules precizēšanai ir nomarkēti 6299 paraugkoki (sadalījumu pa koku sugām sk. 1.2.att.). Šis skaits sadalīts Latvijas teritorijā tajās vietās (sk. 1.3.att.), kur ir norisinājusies aktīva mežizstrāde. Cismas atlasītas no mežizstrādei plānotā cismu fonda tekošajam mēnesim, kuru piegādā AS „Latvijas Valsts meži”.



1.1.att. Augošu koku vainu vērtēšanas sadalījums pa sugām.



1.2.att. Marķēto paraugkoku sadalījums pa sugām.



1.3.att. Marķēto paraugoku izvietojums Latvijas teritorijā.

Veicot izpētes darbus un saskaroties ar sarežģījumiem mežizstrādē kā arī citiem faktoriem, kuri minēti projekta starpatskaitē „Koku stumbra formas veidules un sortimentu iznākuma prognožu noteikšana 3.etapa starpatskaite”, kuri ietekmē kvalitatīvu datu iegūšanu, tika palielināts marķējamo koku skaits, lai sasniegtu izvirzīto mērķi attiecībā uz koku skaitu. Lai iegūtie rezultāti reprezentētu katru koku sugu, sākotnēji tika noteiktais nepieciešamais koku skaits ir 500 (Dubrovskis, 2011). Tomēr lai novērtētu arī Latvijas reģionu atšķirības projekta darba uzdevumā tika ieviestas korekcijas, koku mērījumi tika veikti visā Latvijā. Projekta laikā kopējais plānotais koku skaits sastāda 4000, līdz ar to projekta ietvaros faktiski ir nomarķēts par 46% lielāks kopējais koku skaits, nekā tas bija paredzēts. Neskatoties uz to, izvirzītais mērķis katras koku sugas pietiekamai reprezentēšanai tomēr nav īstenojies. Līdz ar to stumbra veidules precizēšana atsevišķām koku sugām būs jāturpina 2014. gadā. Lai pēc iespējas ātrāk sasniegtu nepieciešamo koku skaitu, plānotās audzes dabā būs jāatlasa, balstoties gan uz taksācijas datiem, gan sadarbojoties ar mežizstrādes meistariem. Pēc koku marķēšanas jānodrošina obligāta attiecīgās cirsmas izstrāde ar harvesteru.

Lai būtiski palielinātu izmantojamo koku skaitu cirmā, tad pirms paraugoku novākšanas pārējiem cirmā sagatavotajiem kokmateriāliem jābūt jau pievestiem krautuvē. Šāds darbs ir sarežģīts, jo no mežizstrādes meistariem prasa papildus laiku gan objektu apsekošanai, gan arī kokmateriālu sagatavošanas un piegādes loģistikas uzdevumu operatīvai risināšanai. Izvirzot nosacījumu par obligātu cirsmas kokmateriālu pievešanu pirms marķēto paraugoku novākšanas, ir iespējams panākt lielāku datu apjomu no cirsmas. Šāda prakse būtu attiecināma galvenokārt uz koku sugām, kuras ir trauslas mežizstrādes procesā - viegli

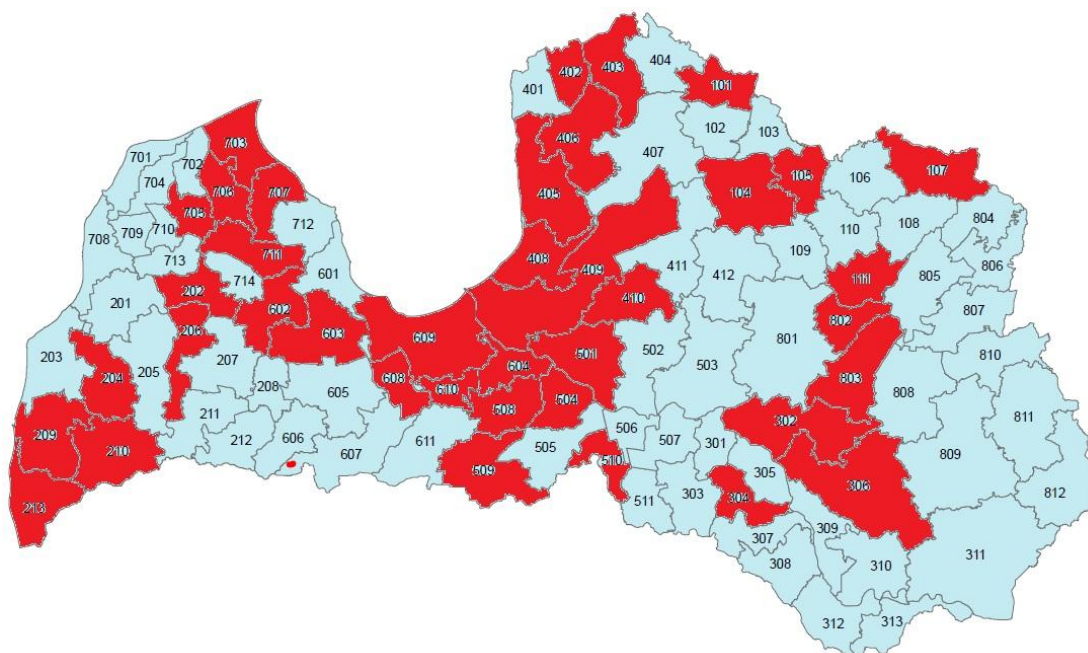
lūst (Os, Ba, Ma). Šādi nosacījumi teorētiski palielina pakalpojumu sniedzēju izstrādes izmaksas. Šādu praksi vajadzētu ieviest arī tāpēc, ka ir augsts risks gāšanas brīdī salauzt paraugkokus (tādejādi būs jāveido jauni, kas prasa zināmus resursus un atkārtotu mežizstrādes kavēšanu) uz vēl nepievestajiem, iepriekš sagatavotajiem kokmateriāliem, rezultātā neiegūstot datus un harvesteru veltīgi aizkavējot 4 līdz 8 stundas.

Marķēto koku sadalījums pa kvartāla apgabaliem nosedz lielāko daļu Latvijas teritorijas (sk. 1.1.tab., 1.4.att.), kuras apsaimniekotājs ir AS „Latvijas Valsts meži”.

1.1.tabula

Marķēto koku sadalījums pa kvartāla apgabaliem

Kvartāla apgabals	Marķēto koku skaits	Kvartāla apgabals	Marķēto koku skaits
302	24	405	96
702	24	107	99
706	24	406	100
203	34	403	105
307	39	205	107
210	41	705	107
308	48	402	112
110	49	707	114
305	49	508	146
102	50	510	150
111	50	101	175
806	50	206	185
711	62	604	200
201	67	805	200
204	69	602	218
301	70	703	219
407	74	209	221
106	75	304	254
213	75	608	270
306	75	501	274
401	75	202	316
610	75	509	388
		802	602



1.4.att. Dati ieguves vietas no marķētiem kokiem Latvijas teritorijā.

Marķētie paraugkoki ir 223 cirsēm. Vidējais marķēto koku skaits vienā cirsē ir 26, bet to sugu sastāvs ir atkarīgs no audzes. Ja mežsaimnieciskajā plānošanā tiek veikta kādas cirsmas nogabalu apvienošana, tad arī datu ievākšanai pētniecības nolūkam šī platība uzskatīta kā vesels nesadalīts nogabalos, neatkarīgi no faktiskā nogabalu skaita tajā.

2. No paraugkokiem iegūto sortimentu vainu uzskaitē ar mērķi noteikt to ietekmi uz sortimentu iznākumu

Reālos ražošanas apstākļos apaļo kokmateriālu sortimentu sagatavošanā notiek pastāvīga sagarumošanai paredzēto garo kokmateriālu, visbiežāk pilna garuma stumbru, kvalitatīvās atbilstības vērtēšana kādām jau iepriekš zināmām prasībām. Konkrētais kvalitātes vērtētājs ir darbinieks, kuram mežizstrādes tehnoloģiskajā procesā ir jāstrādā ar sagarumošanas operācijas izpildei nepieciešamajiem darba līdzekļiem. Ja sagarumošana notiek cīsmā, tad stumbra sagarumošanas shēmu izvēlas vai nu mežstrādnieks ar motorzāģi, kā tas notiek maz mehanizētā mežizstrādē, vai arī sagarumošanas shēma katram stumbram izveidojas kā rezultāts pusautomātiski notiekošam procesam, kurā sagarumošanas vadības programmas izvēlētajām stumbra griezumu vietām harvestera operators, pamatojoties uz apstrādājamā stumbra kvalitātes vizuālu vērtējumu, dod piekrītošu komandu, vai arī tās vietā liek izpildīt griezumu pēc savas izvēles, ja viņa vērtējums nesakrīt ar programmas piedāvājumu. Sagarumošanas vadības programmas piedāvājums ir optimālais rezultāts, pamatots ar jau iepriekš sagarumošanas uzdevumā norādītajiem kritērijiem, dažādu ierobežojumu skaitliskajām vērtībām un atbilstošs izstrādājamās cīsmas novērtējuma datiem vēl pirms tās izstrādes. Tādējādi izstrādājamās audzes koku stumbriem piemītošo koksnes vainu ietekme uz šīs audzes kopējā apaļo kokmateriālu sortimentu apjoma sadalījumu pa atsevišķiem sortimentu veidiem izpaužas tikai kā to gadījumu rezultāts, kuros harvestera operators ir spējis konstatēt pēc viņa domām nepārprotamu apstrādājamā stumbra kvalitātes neatbilstību sagarumošanas vadības programmas piedāvātajam rezultātam. Nav iedomājams, ka ražošanas apstākļos bieži vien negadītos situācijas, kurās operatoram varētu rasties šaubas par to, vai stumbra kvalitāte attiecīgajā stumbra daļā tiešām atbilst sagarumošanas vadības programmas piedāvājumam. Lai samazinātu risku pieļaut sagarumošanas brāķi, šaubīgajos gadījumos operators mēdz izšķirties par labu lēmumam sagatavot sortimentu ar zemākām kvalitātes prasībām. Līdz ar to manuāli vadīto (pēc operatora izvēles) griezumu kopējais skaits mēdz pārsniegt pusi no visu sagarumošanā izdarīto griezumu kopskaita. Tas labi redzams stumbra (xxx.stm) failos (skat. 2.1.att.).

OPTIWIN2011-11-5_0000.STM

Display info for
Tree Species
Entire Stand

Volume
☐ On bark
☒ Under bark

Tally Sheet Forced Cuts Log information

Total Number of Cuts
106

Proportion of forced cuts %
67

Distribution (%)	Amount (of which manual)	Distribution (%)
Forced Cuts Cause	0	0
2. " damage	0	0
3. " bend	0	0
4. " long bend	0	0
5. " quality limit	0	0
6. " pulp quality	36	51
7. " top break	0	0
8. " compression wood	0	0
9. " other/cause not stated	35	49
Total amount and % of cuts	71	100%

2.1.att. Manuāli vadīto griezumu īpatsvara uzskaites piemērs xxx.stm failā.

Patiesajam to gadījumu skaita īpatsvaram precīzāk atbilstošus datus, kuros parādītos nepārprotama dažādu koksnes vainu klātbūtnes ietekme uz attiecīgo stumbru sagarumošanas rezultātu, iespējams iegūt tikai īpaši organizētos pētījumos. Šādu pētījumu metodika ir atkarīga no iegūto rezultātu vēlamās precizitātes. Vistuvāk patiesā stāvokļa atspoguļojumam iespējams nonākt, ja sagarumojamo stumbru kvalitāti novērtē gan pirms sagarumošanas (strādājot ar harvesteru, tas reāli iespējams tikai tā, ka kvalitāti vērtē, kokiem vēl esot augošā stāvoklī), gan arī pēc sagarumošanas, kad augošā stāvoklī novērtēto koku stumbri jau ir sadalīti pa atsevišķiem apaļo kokmateriālu sortimentu veidiem un ir radusies iespēja saskatīt arī stumbra iekšienē atklājušās koksnes vainas. Ļoti svarīgi ir panākt, lai no dažādiem kokiem sagatavotie sortimenti pirms to novērtēšanas netiktu savstarpēji sajaukti, tā izslēdzot iespēju analizēt katru apstrādāto stumbru atsevišķi. Reizē ar sagatavoto sortimentu kvalitātes pazīmju vērtēšanu jākonstatē arī vērtējamā kokmateriāla kvalitatīvā atbilstība faktiski iegūtajam rezultātam, lai noskaidrotu tādu gadījumu īpatsvaru, kuros ir bijis iespējams sagatavot augstākas kvalitātes sortimentu, bet faktiski ir pieņemts lēmums izšķirties par labu sortimentam ar zemākām kvalitātes prasībām.

Šīs šķietami vienkāršās metodiskās prasības ir grūti realizējamās ražošanas apstākļos, jo nav iespējams izvairīties no meža mašīnu ražīguma ievērojama samazinājuma datu ievākšanas laikā (skat. arī jau minēto šīs atskaites 1. nodaļā). Ja izvēlētos analīzei izmantot pilnīgi visus attiecīgās cirsmas kokus, tad mežizstrādi vajadzētu veikt pakāpeniski, vienā paņēmienā attiecīgajā cirsmas vietā nogāžot un apstrādājot tikai tādu skaitu koku stumbru, lai

no tiem sagatavotos sortimentus būtu iespējams novietot atsevišķi un labi pieejamā veidā koksnes vainu klātbūtnes un sortimenta kvalitatīvās atbilstības vērtēšanai. Visiem kokiem jābūt marķētiem un numerācijai jābūt saskaņotai ar numerāciju harvestera borta datora xxx.prđ un xxx.stm failos. Pirmajā paņēmienā nenovākto koku apstrādei harvesters šajā vietā varētu atgriezties tikai pēc iepriekš sagatavoto sortimentu novērtēšanas un pievešanas uz augšgala krautuvi. Nenoliedzami, ka darbs būtu mazražīgs arī pievešanas operācijā. No ražošanas traucējumiem nav iespējams izvairīties arī tad, ja pētījuma datu ieguvei izvēlas un marķē tikai attiecīgo audzi reprezentējošus paraugkokus. Šādā gadījumā paraugkoki jānovāc pēc tam, kad jau ir apstrādāti un uz augšgala krautuvi pievesti visi pārējie cirsma koki. Attiecībā uz sortimentu novietojumu un vērtēšanu jāievēro jau iepriekš aprakstītās prasības.

Nemot vērā, ka sortimentu iznākums nav atkarīgs vienīgi no koksnes vainu klātbūtnes, bet arī no mežizstrādes veicēja kvalifikācijas, nav pamata uzskatīt, ka pietiekami precīzu kokmateriālu sortimentu iznākuma prognozi izdosies iegūt, vēl pirms mežizstrādes uzsākšanas, papildus citiem nocērtamās mežaudzes datiem, noskaidrojot arī koksnes vainu sastopamības raksturojumu. Tāpēc tikko iepriekš aplūkotie metodiskie paņēmieni to izpildes darbietilpības un reizē ar to arī dārdzības dēļ varētu tikt lietoti nedaudzos atsevišķos gadījumos, lai iegūtu augstākas ticamības datus tikai kā materiālu, kuru varētu izmantot rezultātu pareizības vērtēšanai, pētniecības datus iegūstot ar mazāk darbietilpīgiem paņēmieniem.

Datu ieguves darbietilpību var būtiski samazināt, informāciju par sagatavotajiem kokmateriāliem iegūstot galvenokārt no harvestera borta datorā uzkrātajām ziņām kā kopumā par visā cismā sagatavotajiem kokmateriāliem (xxx.prđ failos), tā arī par katru atsevišķu apstrādāto stumbru (xxx.stm failos). Harvestera operatora darbs tādā gadījumā gandrīz neatšķiras no ierastās rīcības ikdienas ražošanā, jo papildus uzmanība jāpievērš tikai dabā apsekoto koku marķējuma saskaņošanai ar uzskaiti harvestera datorā un arī tam, lai datu ieguvei noderīgie faili tiešām tiktu sagatavoti.

Savstarpēji salīdzinot dabā iegūtos datus par marķētajiem kokiem (koku suga, galvenie izmēri, koksnes vainu klātbūtnē) ar to pašu koku sagarumošanas shēmām, griezumu vadības veidiem, iegūto kokmateriālu izmēriem, piederību noteiktiem sortimentu veidiem var iegūt tālākajām analīzēm izmantojamu apjomīgu informatīvo materiālu. Pirmkārt, atsevišķi var nodalīt datus par tādiem kokiem, kuriem to iepriekšējā vērtēšanā vēl augošā stāvoklī nav konstatētas ārēji saskatāmas koksnes vainas un tāpēc varētu domāt, ka šo stumbru sagarumošanā nav bijusi vajadzība operatoram veikt manuāli vadāmus griezumus. Saprotais, ka manuāli vadītie griezumi būs sastopami vismaz daļai koku arī šajā grupā, jo ir iespējamas iekšējas koksnes vainas, kuras operators ir konstatējis stumbra apstrādes laikā. Par izdarīto manuālo griezumu cēloņiem iespējams spriest, noskaidrojot attiecīgā manuāli vadīto griezumu vietās iegūto sortimenta veidus. Šīs grupas koku analīzē var iegūt arī pietiekami

daudz informācijas, kādus sortimentu veidus katrai koku sugai sagatavo tajās stumbra daļās, kur harvestera operators ir akceptējis sagarumošanas vadības programmas piedāvātās griezuma vietas. Otrkārt, atsevišķi nodalītā to koku grupā, kuriem koksnes vainu klātbūtne atzīmēta, tiem esot vēl augošā stāvoklī, analīze jāizdara tā, lai noteiktu, kuros gadījumos manuāli vadīto griezumu vietas sakrīt ar iepriekš konstatēto koksnes vainu vietām uz stumbra, kādiem vainu veidiem atbilst faktiski sagatavotie sortimenti, kādos gadījumos iepriekš atklātā vaina nav ietekmējusi operatora lēmumu (izdarīts programmas piedāvātais griezums), kāds ir to gadījumu īpatsvars, kad šīs grupas koku apstrādē ir parādījušās iekšējas koksnes vainas.

Vēl vienkāršāks koksnes vainu klātbūtnes un sortimentu iznākuma saistības noskaidrošanas paņēmieni ir korelācijas noteikšana starp katras atsevišķas vainas sastopamības rādītāja skaitlisko lielumu un katra attiecīgās koku sugas sortimenta iznākumu pa dažādām cirsām. To var izdarīt, harvestera darbā pat neiejaucoties vispār, ja vien vajadzīgā xxx.prd failu informācija ir pieejama citādā ceļā. Analīzes rezultātus var dot matricas formā (skat. 2.1.tab.).

2.1. tabula

Koksnes vainu sastopamības biežuma ietekmes novērtējums uz sortimentu iznākumu
(matricas paraugs)

Sortimentu veids	Koksnes vaina					
	1	2	n	Visas vainas
1	x					
2		x				
...			x			
...				x		
m					x	

Analīzi var paplašināt, korelatīvo saistību ar sortimentu iznākumu nosakot ne tikai katrai atsevišķai koksnes vainai, bet arī kompleksiem rādītājiem, kas iegūti, apvienojot sastopamības rādītājus pa vainu veidiem vai paveidiem, pa vainu izvietojuma vietām stumbra garenass virzienā, pa vienam kokam konstatēto vainu skaita grupām u.tml.

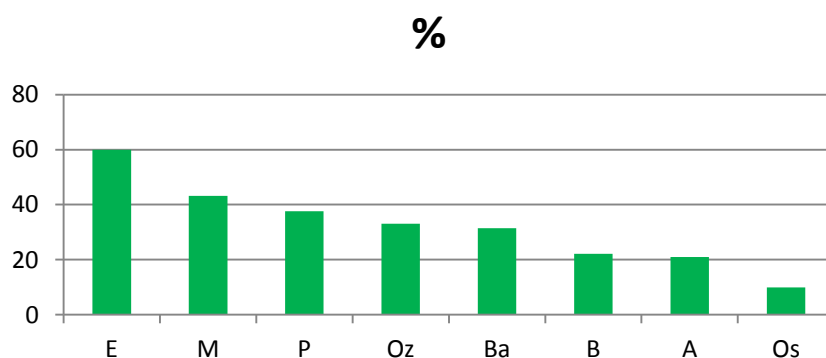
Pētījumā uz šo brīdi neviens no iepriekš aprakstītajiem kokmateriālu sortimentu iznākuma un koksnes vainu saistības noskaidrošanas paņēmieniem pilnībā nav izdarīts. Ir papildināts to cirsmu skaits, kurās ir iekārtoti parauglaukumi un tajos novērtēta ārēji

saskatāmo koksnes vainu (vai vainu iespējamību apliecinošu ārēju pazīmju) sastopamība pa koku sugām.

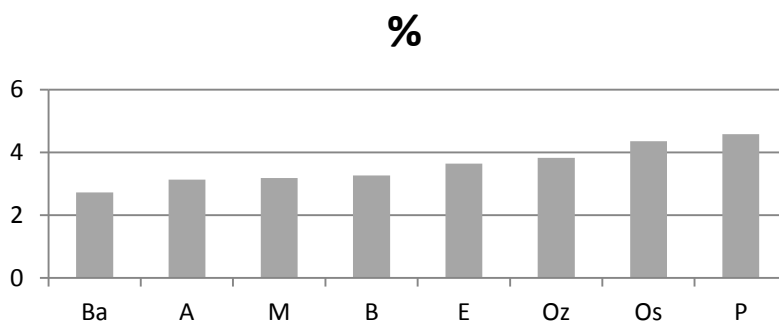
To koku skaita īpatsvars, kuriem nav konstatētas ārēji saskatāmas koksnes vainas (skat. 2.2.att.), nav būtiski mainījies, salīdzinot ar jau iepriekš iegūtiem rezultātiem. Īpatsvara skaitlisko lielumu sakārtojumā dilstošā secībā pēc pašreizējiem datiem baltalksnis nedaudz atpaliek no ozola, un tā ir vienīgā atšķirība koku sugu sakārtojumā, salīdzinot ar 2013.gada augusta mēnesī izdarīto datu analīzi.

Pilnībā bojāto (nokaltušo) koku skaita īpatsvara (skat. 2.3.att.) skaitlisko lielumu pieaugoša sakārtojuma rindā pa koku sugām savas vietas ir saglabājušas vienīgi priede un egle, salīdzinot ar to, kā ir konstatēts 2013.gada augusta mēnesī (A, B, Os, Ba, E, M, Oz, P).

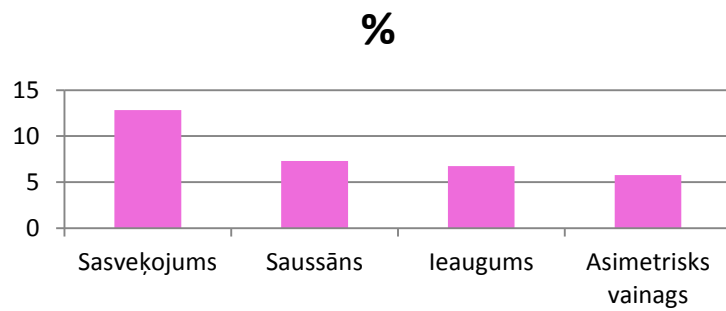
Attiecībā uz visu pētniecības projekta laiku pa koku sugām aprēķināts arī to koku īpatsvars, kuriem konstatētas ārēji saskatāmas koksnes vainas (skat. att.2.4. līdz 2.11.).



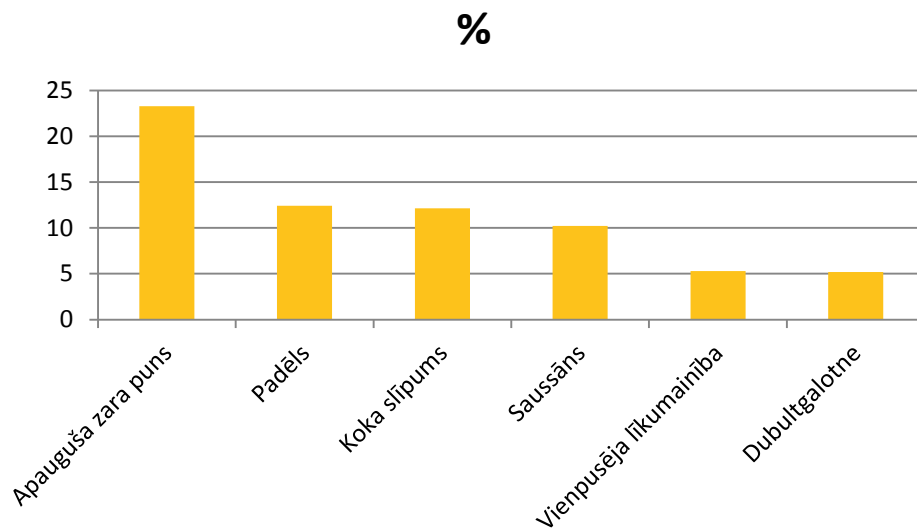
2.2.att. Kopējā apsekoto nebojāto (veselo) paraugkoku skaita īpatsvars pa koku sugām visā pētniecības projekta laikā: E – egle, M – melnalksnis, P – priede, Oz – ozols, Ba – baltalksnis, B – bērzs, A – apse, Os - osis.



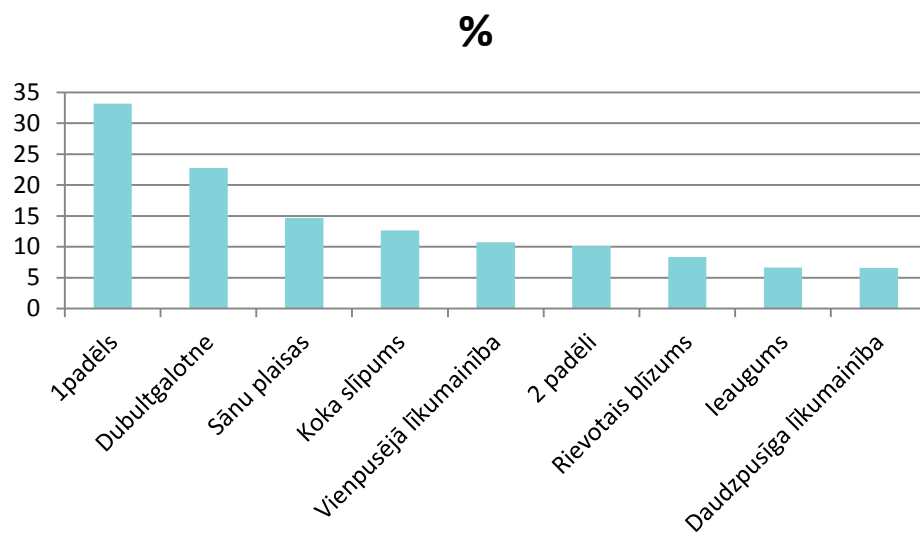
2.3.att. Kopējā apsekoto pilnībā bojāto (nokaltušo) paraugkoku skaita īpatsvars pa koku sugām visā pētniecības projekta laikā: Ba – baltalksnis, A – apse, M – melnalksnis, B – bērzs, E – egļe, Oz – ozols, Os – osis, P – priede.



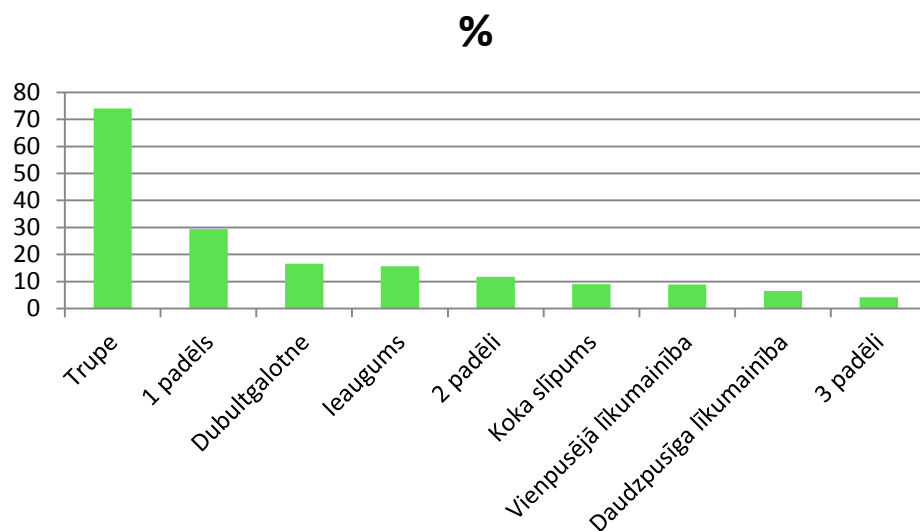
2.4.att. Apsekoto egļes paraugkoku skaita īpatsvars atkarībā no biežāk konstatēto koksnes vainu sastopamības visā pētniecības projekta laikā.



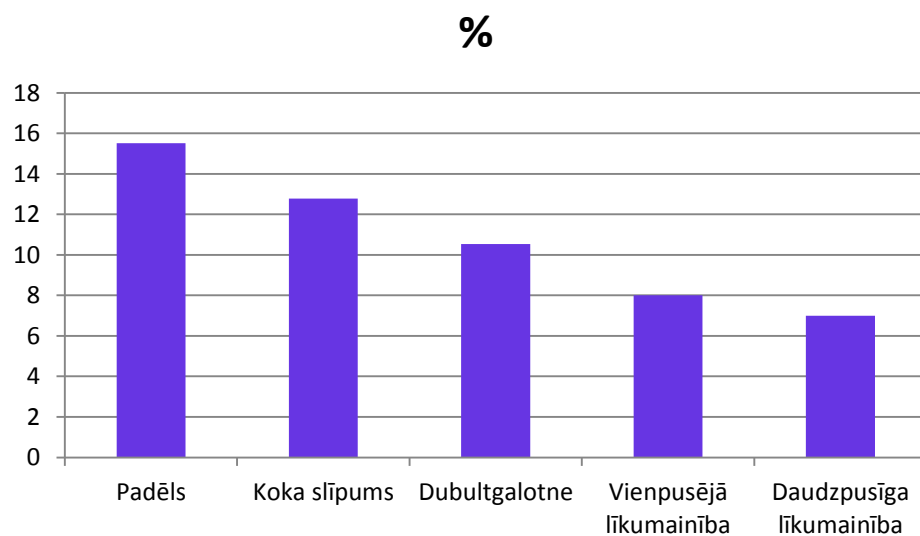
2.5.att. Apsekoto priedes paraugkoku skaita īpatsvars atkarībā no biežāk konstatēto koksnes vainu sastopamības visā pētniecības projekta laikā.



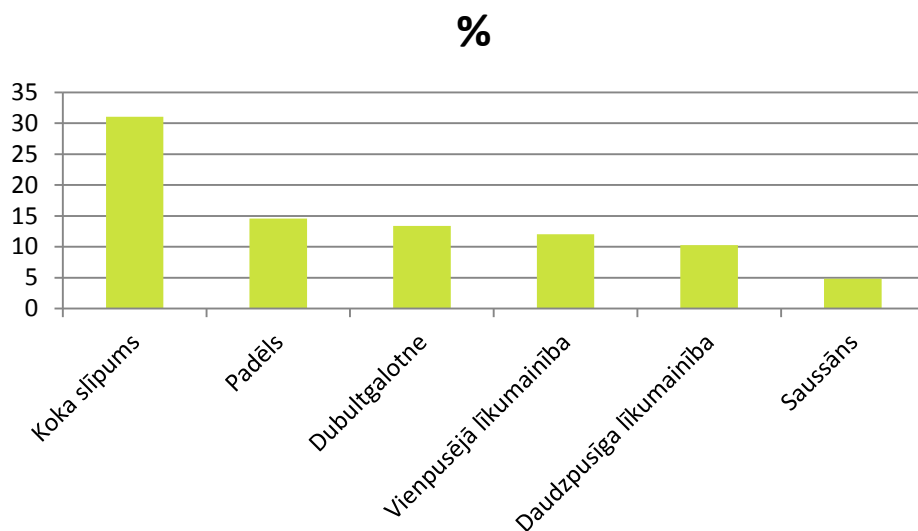
2.6.att. Apsekoto bērza paraugkoku skaita īpatsvars atkarībā no biežāk konstatēto koksnes vainu sastopamības visā pētniecības projekta laikā.



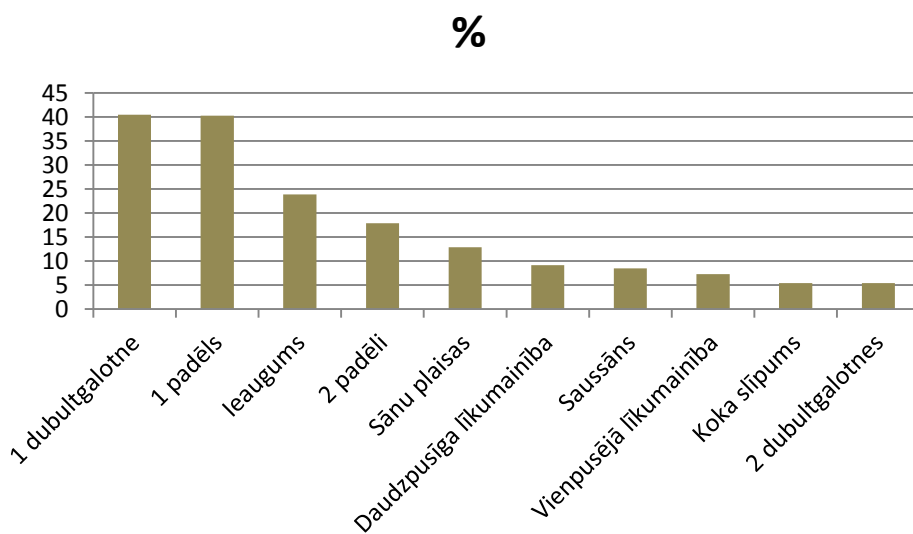
2.7.att. Apsekoto apses paraugkoku skaita īpatsvars atkarībā no biežāk konstatēto koksnes vainu sastopamības visā pētniecības projekta laikā.



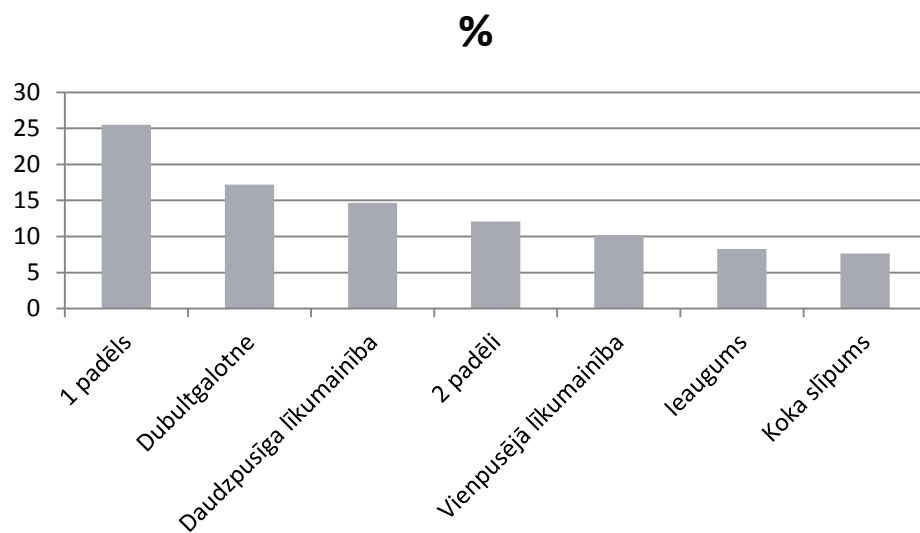
2.8.att. Apsekoto melnalkšņa paraugkoku skaita īpatsvars atkarībā no biežāk konstatēto koksnes vainu sastopamības visā pētniecības projekta laikā.



2.9.att. Apsekoto baltalkšņa paraugkoku skaita īpatsvars atkarībā no biežāk konstatēto koksnes vainu sastopamības visā pētniecības projekta laikā.



2.10.att. Apsekoto oša paraugkoku skaita īpatsvars atkarībā no biežāk konstatēto koksnes vainu sastopamības visā pētniecības projekta laikā.



2.11.att. Apsekoto oša paraugkoku skaita īpatsvars atkarībā no biežāk konstatēto koksnes vainu sastopamības visā pētniecības projekta laikā.

3. Precizēt sākotnēji izveidoto algoritmu un izstrādāt algoritmus sortimentu iznākuma prognozēšanai pa reģioniem un koku sugām, ievērtējot sortimentu iznākumu visvairāk ietekmējošos faktorus

3.1. Metodika

Lauku darbos tika veikta vizuāli redzamo vainu noteikšana 18603 kokiem. Daļa no tiem tika izstrādāta ar harvesteru. Lai noskaidrotu sortimentu iznākumu visvairāk ietekmējošo faktoru, 133 cirmām tikai veikta harvestera stumbra un produkcijas failu (attiecīgi STM un PRD) analīze par izstrādātajiem parauglaukumiem, ar domu atrast sakarības starp koku ārēji redzamajām vainām un sortimentu iznākumu novirzi no ideālā. Par ideālo sortimentu iznākumu šajā pētījumā tiek uzskatīta situācija, kad visi cirtē esošie koki tiek sagatavoti visaugstākajā iespējamajā kvalitātē, ņemot vērā to dimensijas. Pētījuma sākumā tika izvirzīta hipotēze par to, ka šo novirzi visvairāk ietekmējošais faktors ir koku ārēji redzamās vainas. Ar to jāsaprot, ka vainu ietekmes rezultātā daļa sortimentu tiek sagatavota zemākā kvalitātē, nekā pieļauj to reālās dimensijas.

Pētījuma gaitā nebija pieejami aplūkoto cirsma izstrādei sagatavotie harvestera darba uzdevumi. Līdz ar to, tika pieņemts, ka harvestera uzdevums bija sagatavot tieši tādus sortimentus, kādus kā iznākumu iegūstam, analizējot produkcijas failus (PRD). Piemēram, aplūkojot produkcijas failu tiek secināts, ka harvesters ir gatavojis sortimentus ar šādiem tievgaļa caurmēriem centimetros - {280,180,160,140,60}. Tātad tiek pieņemts, ka šādu sortimentu gatavošana arī ir bijis harvestera darba uzdevums.

Kā otrs neskaidrais darba uzdevuma parametrs ir sagatavojamo sortimentu garums, kuru arī līdzīgi kā caumēru atlasa no PRD faila. Tā kā vienam sortimenta caurmēram ir gatavoti vairāki garumi, tad tika pieņemts, katrā dimensijā atrast minimālo, maksimālo un mediānu no šiem garumiem. Resnākajai sortimenta dimensijai piešķirts maksimālais šīs dimensijas garums, tievākajai - minimālais, bet visām pārējām (vidējām dimensijām) - mediānas garums. Ideālā sortimenta sagatavošanas algoritmam tika izvēlēta 5 prioritāšu gatavošana, bet dažos gadījumos harvesters bija gatavojis vairāk kā 5 prioritātes t.i. 6 un 7 prioritātes. Salīdzinoši šis gadījumu skaits ir neliels, tāpēc šīs problēmas risināšanai piemēram 7 sortimentu gadījumā {280,180,160,140,100,60,50} tika pieņemts sagatavot 4 resnākos sortimentus un 1 vistievāko sortimentu iegūstot šādu {280,180,160,140,50} sortimentu tievgaļa caurmēra ierobežojumu jau 5 prioritātēs. Šajā gadījumā atmestais {100,60} tiek pievienotas pie mazākās dimensijas - {50}.

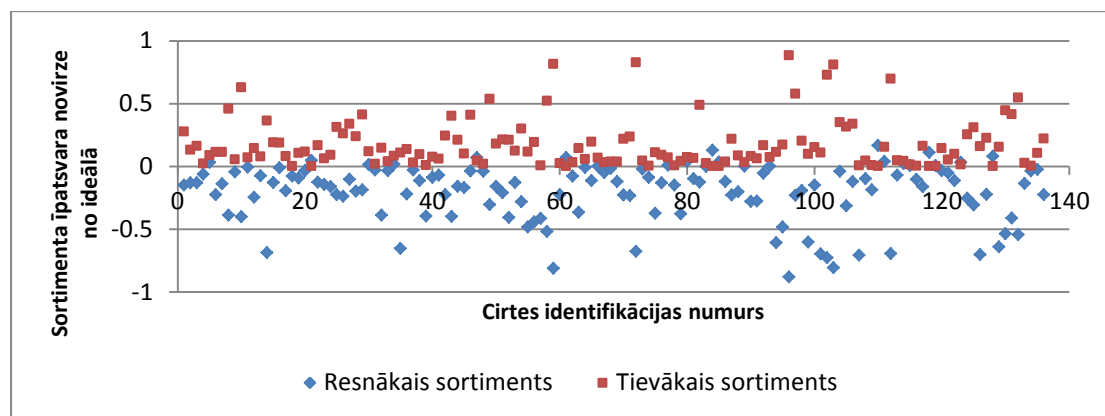
Lai noteiktu, vai kāds sortiments sagatavots mazākā apjomā, nekā būtu ideālā gadījumā, nepieciešams noteikt, cik procentus no visiem cirtē izstrādātajiem kokmateriāliem tas sastāda. Datu analīzē mums nav svarīgi kādi tieši sortimenti tika sagatavoti, bet gan to

procentuālais īpatsvars kopējā izstrādāto kokmateriālu apjomā. Šī iemesla dēļ, iepriekš minētajā harvestera darba uzdevuma datu virknē sortimentu tievgaļu caurmērus aizstāj ar atbilstošajiem sortimenta daudzuma procentuālajiem īpatsvaram, pirms tam sortimentus sakārtojot pēc tievgaļa caurmēra dilstošā secībā. Rezultātā no pieņemtā harvestera uzdevuma {280,180,160,140,60} tiek iegūta skaitļu virkne {0.32,0.35,0.14,0.02,0.17}. No šīs informācijas var secināt, ka 32% no visiem cirtē iegūtajiem kokmateriāliem atbilst labākajam sortimentam, bet 17% - sliktākajam. Šie rādītāji arī tika izmantoti kā galvenie sortimenta iznākuma sadalījuma raksturotāji.

Aprakstītajā formā iegūtais sortimentu iznākuma sadalījums tika salīdzināts ar tādu, kas iegūts, ar speciālu algoritmu aprēķinot ideālo sortimentu iznākumu dotajā cirtē.

3.2. Rezultāti

Pirmais uzdevums bija noskaidrot, vai ir saskatāmas kādas tendences, aplūkojot pirmā sortimenta (resnākā) un pēdējā sortimenta (attiecīgi tievākā) novirzes no to īpatsvaram ideāla sortimentu sadalījuma gadījumā. Attēlā 3.1. izteikti redzams, ka resnākie sortimenti tiek sagatavoti mazākā apjomā, nekā teorētiski tas būtu iespējams. Līdz ar to tievākie sortimenti tiek sagatavoti vairāk, nekā ideāla sadalījuma gadījumā.



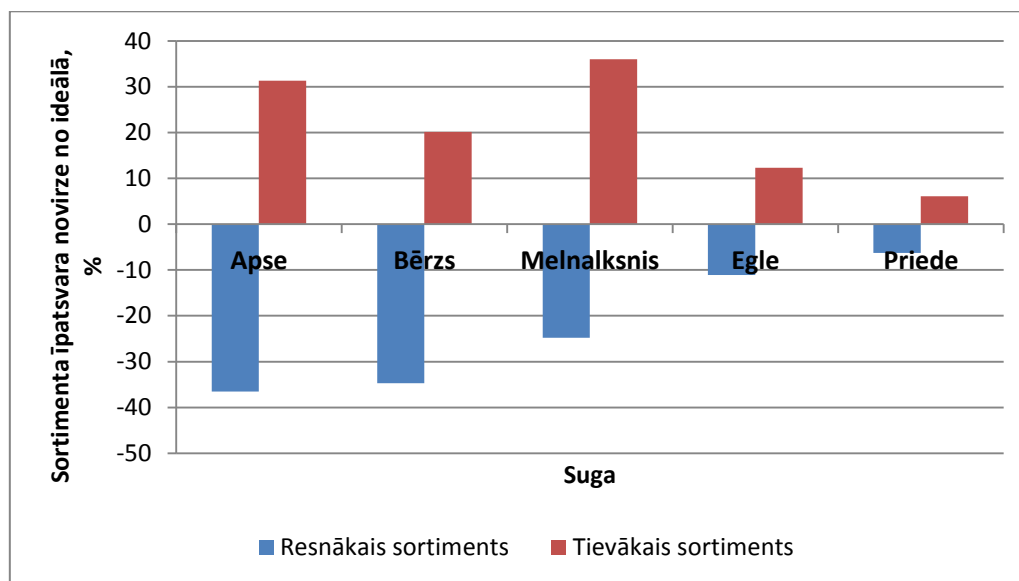
3.1. Sagatavotā resnākā un tievākā sortimenta novirze no ideālā sadalījuma dažādās cirtēs

Izsakot skaitliskā formā, resnākie sortimenti tiek sagatavoti vidēji par 20.5% mazāk, bet tievākie par 17.4% vairāk nekā ideālā sadalījuma gadījumā.

Tika novēroti atsevišķi gadījumi, kad resnākais sortiments bija sagatavots lielākā apjomā, nekā ideāla sadalījuma gadījumā. Tomēr tie ir tikai atsevišķi gadījumi, kur novirze ir 7% robežās, tāpēc šo iespējamo algoritma neprecizitāti var uzskatīt par nebūtisku.

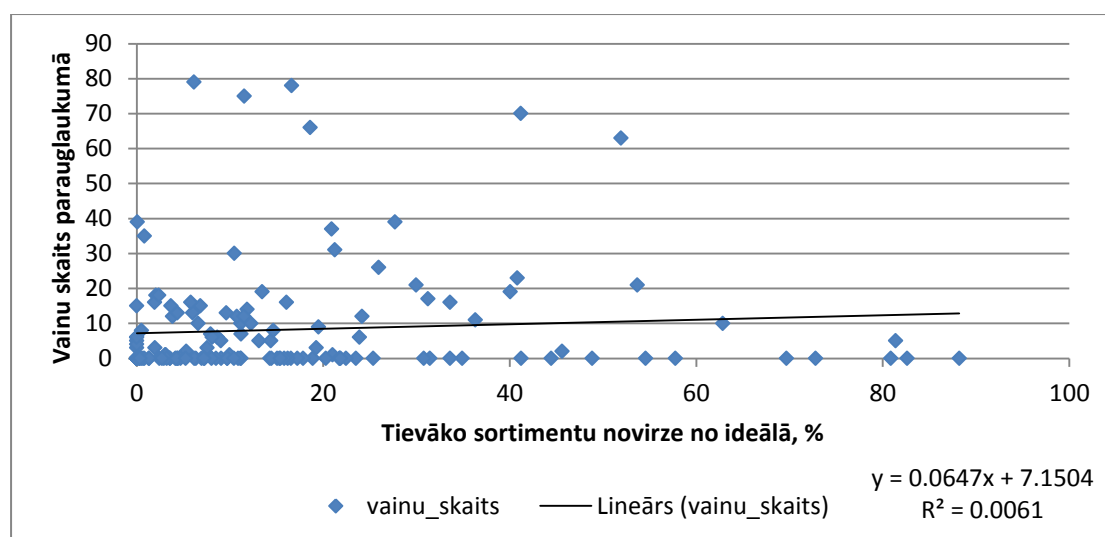
No pētījumā aplūkotajām 5 koku sugām (sk.3.2. att.) vislielākā novirze no ideālā sortimentu sadalījuma ir apsei, bet vismazākā – priedei (attiecīgi -36.5% un -6.3% resnākajam

sortimentam un +31.3% un +6.1% tievākajam sortimentam). Novērots arī tas, ka skujkokiem novirze ir krietni mazāka, salīdzinot ar lapu kokiem.



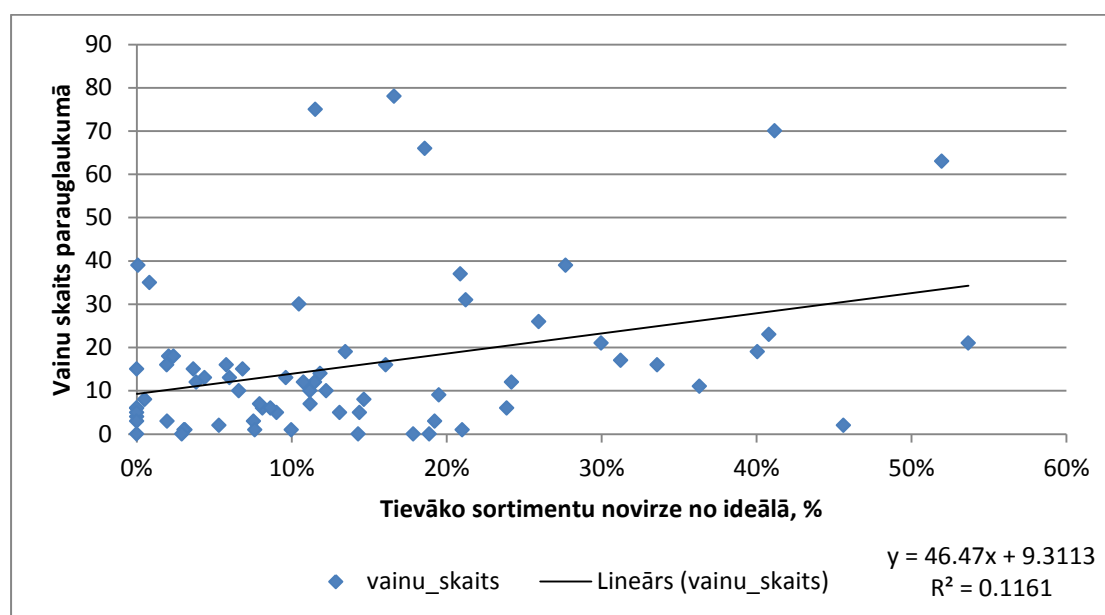
3.2. Sagatavotā resnākā un tievākā sortimenta novirze no ideālā sadalījuma dažādām koku sugām

Nākamais solis bija salīdzināt sortimentu iznākumu novirzi no ideālā sadalījuma, salīdzinot to ar ārēji redzamo vainu skaitu attiecīgās sugas kokiem aplūkotajā parauglaukumā (sk. 3.3.att).



3.3. Ārēji redzamo vainu ietekme uz sortimentu iznākumu, ņemot vērā visus parauglaukumus

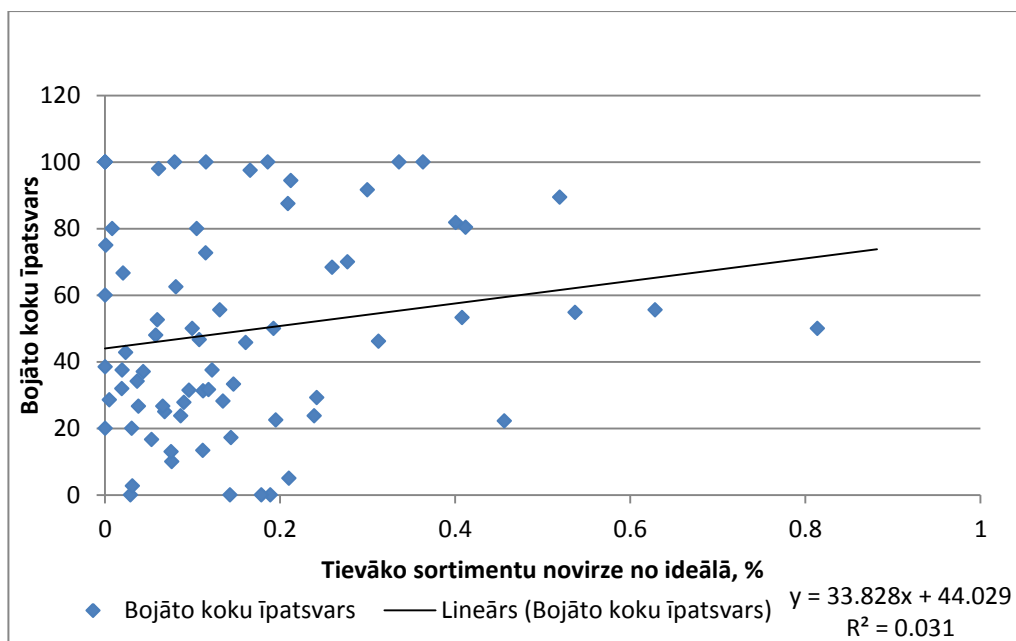
Attēlā redzams, ka vainu ietekmi uz sortimentu iznākumu šādā veidā nevar pierādīt. Iespējams, sakarības neesamību šajos datos izraisa salīdzinoši lielais parauglaukumu skaits, kuros nav konstatēta neviena ārēji redzamā vaina. Tā kā šajā pētījuma posmā tiek aplūkota vainu ietekme, no kopējā datu apjoma tika nofiltrēti tie parauglaukumi, kuros nav konstatēta neviena vaina. Rezultātā (sk. 3.4. att.) redzams, ka sakarība ir nedaudz ciešāka, tomēr joprojām to nevar uzskatīt par būtisku.



3.4. Ārēji redzamo vainu ietekme uz sortimentu iznākumu, ņemot vērā parauglaukumus, kuros konstatēta vismaz viena vaina

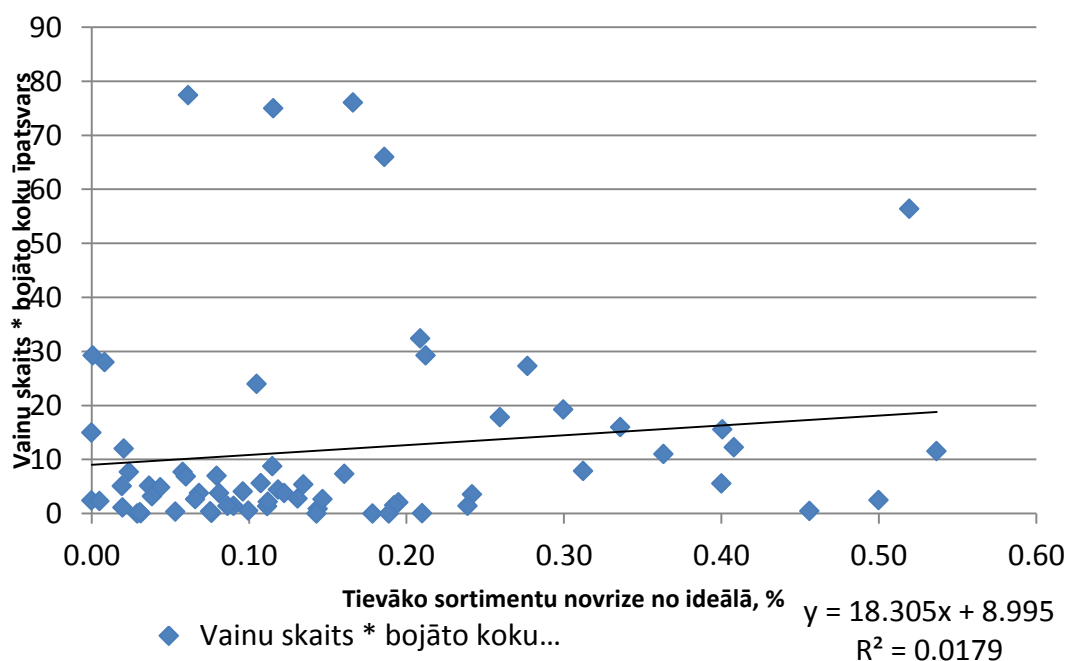
Viens no iespējamajiem iemesliem, kāpēc konstatēto vainu skaitam parauglaukumā nav ietekmes uz sortimentu iznākumu varētu būt vainu nevienmērīgais sadalījums uz kokiem. Kā piemēru var minēt situāciju, kad no 20 parauglaukumā esošiem kokiem 19 ir bez vainām un atlikušajam vienam ir saskatāmas vairākas vainas. Šādā gadījumā lielais vainu skaits rada ietekmi uz sortimentu iznākumu tikai šim vienam kokam.

Nākamais solis bija noteikt bojāto koku īpatsvaru parauglaukumos un šos datus pielīdzināt sortimenta sadalījuma novirzei no ideālā. Bojāto koku īpatsvars tiek izteikts kā koku ar vismaz vienu vainu attiecība pret visiem parauglaukuma kokiem. Rezultātā (sk. 3.5.att) tika secināts, ka arī šādā veidā vainu ietekmi uz sortimentu iznākumu nav izdevies pierādīt.



3.5. Bojāto koku īpatsvara ietekme uz sortimentu iznākumu sadalījumu

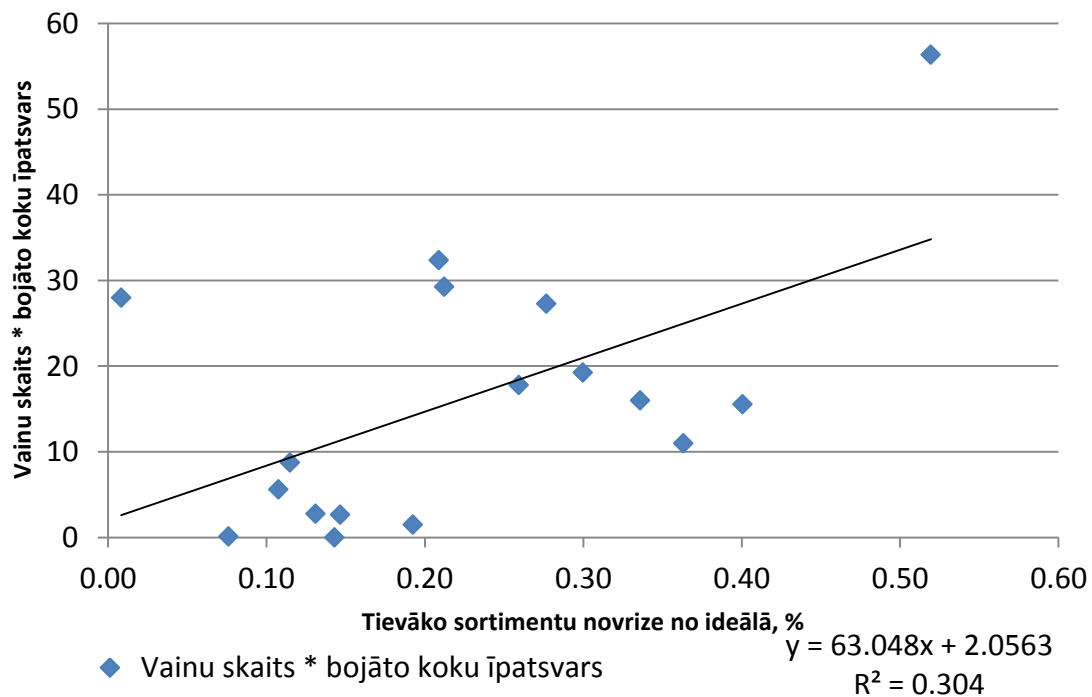
Tā kā ne kopējais vainu skaits parauglaukumā, ne arī bojāto koku īpatsvars kā atsevišķi faktori neietekmē sortimentu iznākumu, kā nākamais datu analīzes gadījums tika aplūkots abu iepriekš minēto variantu apvienojums. Sareizinot kopējo vainu skaitu parauglaukumā ar bojāto koku īpatsvaru var tik izslēgti gadījumi, kad kādam atsevišķam kokam ir krietni lielāks skaits vainu, nekā pārējiem. Salīdzinot iegūto rezultātu ar tievākā sortimenta novirzi no ideālā sadalījuma (sk. 3.6.att) var secināt, ka arī šādā datu griezumā sakarība nav novērota.



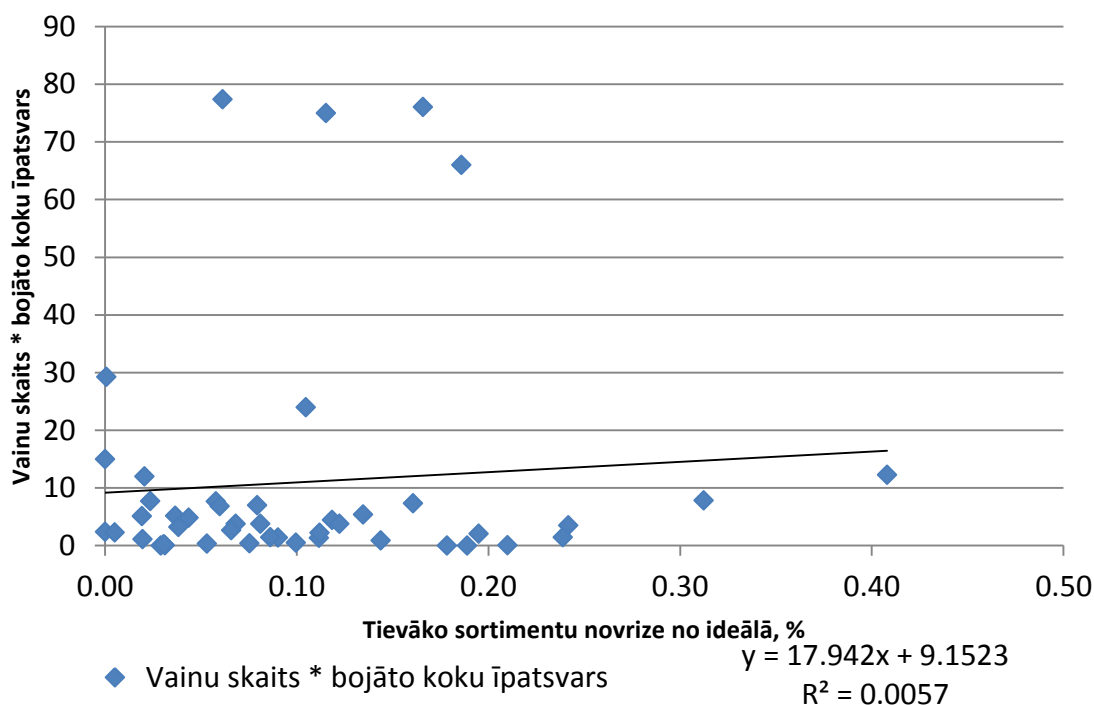
3.6. Parauglaukumā konstatēto koku vainu skaita un bojāto koku īpatsvara reizinājuma salīdzinājums ar tievākā sortimenta novirzi no ideālā

Vainu ietekme uz sortimentu iznākumu šī pētījuma ietvaros tika aplūkota neatkarīgi no koku sugas. Bet grafikā 3.2. izteikti redzams, ka sortimentu iznākumu novirze no ideālā ir atšķirīga dažādām koku sugām. Līdz ar to tika izveidota datu kopa, kura satur informāciju par divām koku sugām ar vislielāko sortimentu sadalījuma novirzi no ideālā – apsi un bērzu. Rezultātā (sk.3.7.att.) redzams, ka nosauktajām koku sugām ir novērojama sakarība starp koku vainām sortimentu iznākumu.

Papildus tam tika izveidota datu kopa ar informāciju par skujkokiem, priedi un egli, jo šīm sugām konstatēta vismazākā sortimentu iznākumu novirze no ideālā. Rezultātā tika secināts, ka priedei un eglei nav novērotas sakarības starp koku vainām un sortimentu iznākumu.



3.7. Parauglaukumā konstatēto koku vainu skaita un bojāto koku īpatsvara reizinājuma salīdzinājums ar tievākā sortimenta novirzi no ideālā apsei un bērzam



3.8. Parauglaukumā konstatēto koku vainu skaita un bojāto koku īpatsvara reizinājuma salīdzinājums ar tievākā sortimenta novirzi no ideālā priedei un eglei

Grafikā 3.7. izmantotajiem kokiem vidēji tievākais sortiments tika sagatavots par 21.45% vairāk, savukārt grafikā 3.8. izmantotajiem kokiem šī novirze ir 10.58%. No tā izriet, ka sagatavojot līdz 10% vairāk tievo sortimentu, nekā ideāla sadalījuma gadījumā, šī novirze nav radusies ārēji redzamo vainu ietekmē. Savukārt, ja novirze ir lielāka, to var izskaidrot ar koku vainu ietekmi.

Tika izvirzītas trīs papildus hipotēzes par to, kas varētu ietekmēt sortimenta iznākumu, ņemot vērā ārēji redzamās vainas. Pirmā no tām būtu tāda, ka harvestera darba uzdevums neatbilst optimālajam sortimentu iznākumam dotajā cirtē. Otrais iemesls varētu būt harvestera operatoru darba kvalitātes kontroles sistēmas ietekme. Galvenokārt tas attiecināms uz to, ka harvestera operatori piesardzības nolūkos sagatavo zemākas kvalitātes sortimentu. Un kā pēdējo hipotēzi var izvirzīt sortimentu skaitu, ko nepieciešams sagatavot cirtē.

Secinājumi

1. Resnākie sortimenti tiek sagatavoti vidēji par 20.5% mazāk, bet tievākie par 17.4% vairāk nekā ideālā sadalījuma gadījumā
2. Vislielākā novirze no ideālā sortimentu sadalījuma ir apsei (-36.5% resnākajam sortimentam un +31.3% tievākajam), bet vismazākā – priedei (attiecīgi -6.3% resnākajam sortimentam un +6.1% tievākajam sortimentam).

3. Ārēji redzamo vainu kopējam skaitam cirtē nav būtiska ietekme uz sortimentu iznākumu sadalījumu.
4. Bojāto koku īpatsvaram cirtē nav būtiska ietekme uz sortimenta iznākumu sadalījumu.
5. Apsei un bērzam konstatēta sakarība starp ārēji redzamajām vainām un sortimenta iznākumu. Nepieciešams turpināt pētījumu un palielināt datu apjomu par aprakstītajām un pārējām biežāk sastopamajām koku sugām.
6. Sagatavojot līdz 10% vairāk tievo sortimentu, nekā ideāla sadalījuma gadījumā, šī novirze nav radusies ārēji redzamo vainu ietekmē. Savukārt, ja novirze ir lielāka, to var izskaidrot ar koku vainu ietekmi.
7. Nepieciešams turpināt pētījumu, lai noskaidrotu, kādi vēl faktori varētu ietekmēt sortimenta iznākumu sadalījuma novirzi no ideālā.

Sortimentu un to tilpuma aprēķināšanai tiek izmantoti R. Ozoliņa ieteiktie raukuma līkņu vienādojumi.

Malkai minimālais tievgaļa caurmērs noteiktam augstumam tiek aprēķināts ar mizu:

$$d = D * \frac{P_6(\frac{h}{H})}{P_6(\frac{1,3}{H})}, \quad (4.2)$$

Pārējiem sortimnetiem, tādiem kā zāģbaļķiem, sīkbaļķiem un papīrmalkai minimālais tievgaļa caurmērs noteiktam augstumam tiek rēķināts bez mizas:

$$d^* = D * \frac{P_6(\frac{h}{H})}{P_6(\frac{1,3}{H})} * \left[1 - \frac{Q_4(\frac{h}{H})}{100} \right], \quad (4.3)$$

kur: D - stumbra krūšaugstuma caurmērs;

H - tieši izmērītais vai izlīdzinātais koka augstums atbilstošajā caurmēra pakāpē, m;

h - brīvi izvēlēts griezuma augstums jeb aplūkojamās koka stumbra vietas attālums līdz sakņu kaklam, metros; $0 < h < H$;

d - brīvi izvēlētajam augstumam h atbilstošais stumbra caurmērs ar mizu, cm;

d^* - stumbra caurmērs bez mizas brīvi izvēlētajā augstumā h , cm;

$P_6(x)$ - sestās kārtas polinoms, kas raksturo transformēta statistiski vidējas formas koka stumbra formu (4.5.):

$$P_6(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + \dots + a_6 \cdot x^6, \quad (4.4)$$

kur x - relatīvais augstums ($x = h/H$, $0 < x < 1$).

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_6$ - sestās kārtas polinoma koeficienti (1. vai 2. tabulu):

Mērogojot stumbra caurmēru, galotnes vērtība ir 0. Resgalis tiek mērogots pie 10% no stumbra garuma, jeb pie koeficienta 0.1, kur tā vērtība pieņemta vienāda ar 100%, tādēļ celma daļā caurmērs ir ievērojami lielāks par 100%. Šāda caurmēru mērogošanas metodika lietota, jo celma daļas caurmērs vienādiem stumbriem mēdz būt atšķirīgs.

Pētījuma ietvaros tika aprēķinātas stumbra veidules galvenajām koku sugām, tās salīdzinātas ar iepriekš aprēķinātajiem rezultātiem un ražošanā lietotajām prof. R.Ozoliņa aprēķinātajām stumbra veidulēm. Veidules tika aprēķinātas arī katrai koku sugai dažādās edafiskajās rindās.

Lai pārbaudītu meža augšanas apstākļu tipu ietekmi uz stumbru veiduli, dati tika sagrupēti (4.1.tabula) edafiskajās rindās: sausieņi, slapjaini, purvaini, āreņi un kūdreņi.4.1.tabula.

4.1.tabula

Meža augšanas apstākļu tipu grupēšana

Edafiskā rinda	Meža augšanas apstākļu tips
Sausieņi	Sils
	Mētrājs
	Lāns
	Damaksnis
	Vēris
	Gārša
Slapjaini	Grīnis
	Slapjais mētrājs
	Slapjais damaksnis
	Slapjais vēris
	Slapja gārša
Purvaini	Purvājs
	Niedrājs
	Dumbrājs
	Liekņa
Āreņi	Viršu ārenis
	Mētru ārenis
	Šaurlapju ārenis
	Platlapju ārenis
Kūdreņi	Viršu kūdrenis
	Mētru kūdrenis
	Šaurlapju kūdrenis
	Platlapju kūdrenis

Stumbra veiduļu atšķirību noteikšanai stumbra veidules tika salīdzinātas ar maksimālo noviržu metodi, sadalot stumbru 10 vienādās daļās pēc to garumiem. Katrā desmitdaļā tika noteikta maksimālā atšķirība starp stumbra veidulēm dažādās edafiskajās rindās. Iegūtie rezultāti tika savstarpēji salīdzināti. Kopā tika analizētas 85 cirsma, no tām sausieņos 69, slapjainos 21, purvainos 2, āreņos 27, kūdreņos 13. Iegūtie dati tika salīdzināti arī reģionu griezumā. Reģionu griezumā tika salīdzinātas līdzīgos apstākļos augušu koku

veidules. Iegūtie dati no cirmsmām reģionu griezumā sadalās šādi: Latgale 3, Kurzeme 37, Pierīga 41, Vidzeme 22, Zemgale 25.

Korelācijas analīze veikta ar mērķi noteikt sakarību, kas veidojas starp dažādu koku stumbru mērījumu rezultātiem un aprēķināto veiduli, kā arī, lai noteiktu pastāvošās sakarības ciešumu.

Korelācijas analīze veikta, izmantojot statistiskās datu apstrādes programmatūras paketi MS Excel. Korelācijas koeficienta kvadrāts (determinācijas koeficients R^2) rāda, cik lielu daļu no y izkries izskaidro x ietekme. Lineārās korelācijas koeficientu aprēķina pēc formulas 4.6.

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}, \quad (4.5)$$

kur x_i un y_i - pazīmes X un Y atsevišķo rezultātu vai mērījumu vērtības;

n – paraugkopas rezultātu vai mērījumu skaits.

Korelācijas koeficienta sakarības ciešuma raksturojums

4.2. Koku stumbru veidules koeficienti

Kā pirmais pētījuma uzdevums tika izvirzīts noskaidrot, vai starp uzmērīto stumbru veidulēm pastāv sakarības. Pētījumu rezultāti liecina par sakarību ciešumu. Visām koku sugām 3 standartnoviržu intervālā (sigma) saglabājās ciešas sakarības (R^2) (skatīt 4.2.tabulu). Divām koku sugām, ozolam un baltalksnim paraugkoku skaits bija neliels un statistiski maznozīmīgs, tāpēc šīm koku sugām tika noteikts sakarību ciešums neveicot standartnovirzes aprēķinus. Rezultāti liecina par sakarību ciešumu (skatīt 4.3.tabulu), tomēr turpmākajā pētījumā būtu nepieciešams ievākt papildus mērījumus šīm koku sugām.

4.2. tabula

Prof. R.Ozoliņa stumbra tilpuma formulai aprēķinātie 6.kārtas polinoma koeficienti priedei, eglei, bērzam, melnalksnim, apsei, osim.

Suga	Sigma	Skaits	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	R^2
Priede	1	143	134.8902	-591.2142	3287.9569	-9767.8612	15088.2135	-11686.6183	3536.129	0.9772
Priede	2	301	135.3607	-597.15	3327.6393	-9875.163	15197.8701	-11696.47	3509.3031	0.9606

				68		3		38		
Priede	3	333	134.62 39	- 583.01 19	3231.83 56	- 9557.058 7	14645.9 805	- 11223.70 98	3352.56 52	0.95 48
Egle	1	145	139.59 53	- 655.58 03	3604.26 07	- 10367.65 25	15272.2 544	- 11243.29 38	3252.76 36	0.97 13
Egle	2	293	140.97 43	- 680.34 85	3757.65 09	- 10765.04 55	15721.7 955	- 11424.88 09	3252.54 82	0.95 02
Egle	3	327	141.05 31	- 679.47 97	3718.47 48	- 10565.13 08	15295.0 275	- 11007.75 88	3100.55 77	0.93 77
Berzs	1	79	145.76 6	- 776.87 15	4355.84 5	- 12978.73 02	20258.9 939	- 15944.07 91	4941.56 87	0.96 19
Berzs	2	176	144.55 39	- 754.31 27	4181.78 99	- 12248.05 29	18738.4 586	- 14450.14 58	4390.39 14	0.94 2
Berzs	3	188	144.77 35	- 761.37 12	4233.57 02	- 12418.03 91	18992.0 688	- 14612.62 22	4424.33 42	0.93 36
Melnalks nis	1	31	151.58 24	- 895.80 04	5289.35 07	- 16372.28 8	26439.4 03	- 21350.17 81	6740.16 92	0.95 82
Melnalks nis	2	66	152.03 87	- 904.06 9	5320.63 49	- 16396.57 47	26381.3 39	- 21232.17 08	6680.78 15	0.94 63
Melnalks nis	3	75	153.23 66	- 930.50 95	5501.50 61	- 16941.26 14	27180.6 872	- 21792.38 16	6830.59 28	0.93 86
Apse	1	35	127.74 24	- 480.44 16	2788.51 79	- 8822.343 2	14387.7 222	- 11765.57 28	3767.13 26	0.96 87
Apse	2	70	128.29 37	- 495.83 98	2906.87 99	- 9222.098 6	15072.2 639	- 12338.16 55	3951.14 82	0.94 66
Apse	3	76	128.23 7	- 491.52 83	2841.77 76	- 8925.326 6	14447.5 957	- 11713.12 57	3714.73 18	0.93 58
Osis	1	7	133.86 14	- 514.41 74	2520.66 49	- 7157.106	10865.5 465	- 8428.085 2	2582.08 43	0.95 71
Osis	2	24	150.93	-	4999.09	-	23643.7	-	5807.26	0.93

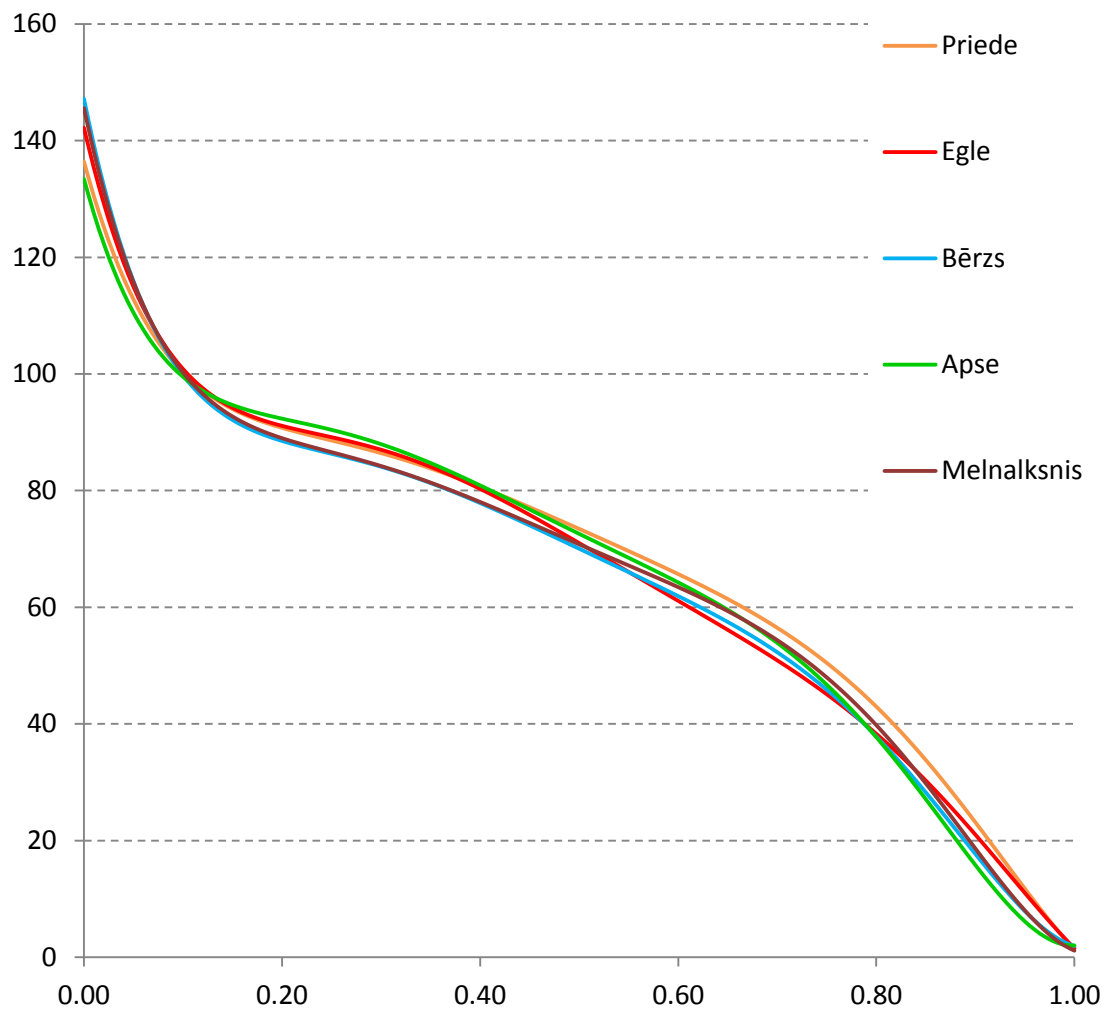
			67	875.46 9	28	15020.48 74	088	18701.63 08	13	14
Osis	3	25	149.05 33	- 841.30 72	4801.68 64	- 14488.76 34	22887.2 97	- 18151.43 58	5646.81 76	0.92 81

4.3.tabula

Prof. R.Ozoliņa stumbra tilpuma formulai aprēķinātie 6.kārtas polinoma koeficienti
baltalksnim un ozolam

	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	R^2
Ba	128.991	- 500.957	2908.743	-9122.539	14717.156	- 11869.225	3740.118	0.947
Oz	141.441	- 696.373	3869.309	- 11721.433	18804.875	- 15250.640	4855.866	0.932

Iegūtie rezultāti liecina, ka vairākām koku sugām stumbru veidules ir līdzīgas. Piemēram, bērza un melnalkšņa stumbru veidules ir ļoti līdzīgas (skatīt 4.1.attēlu)

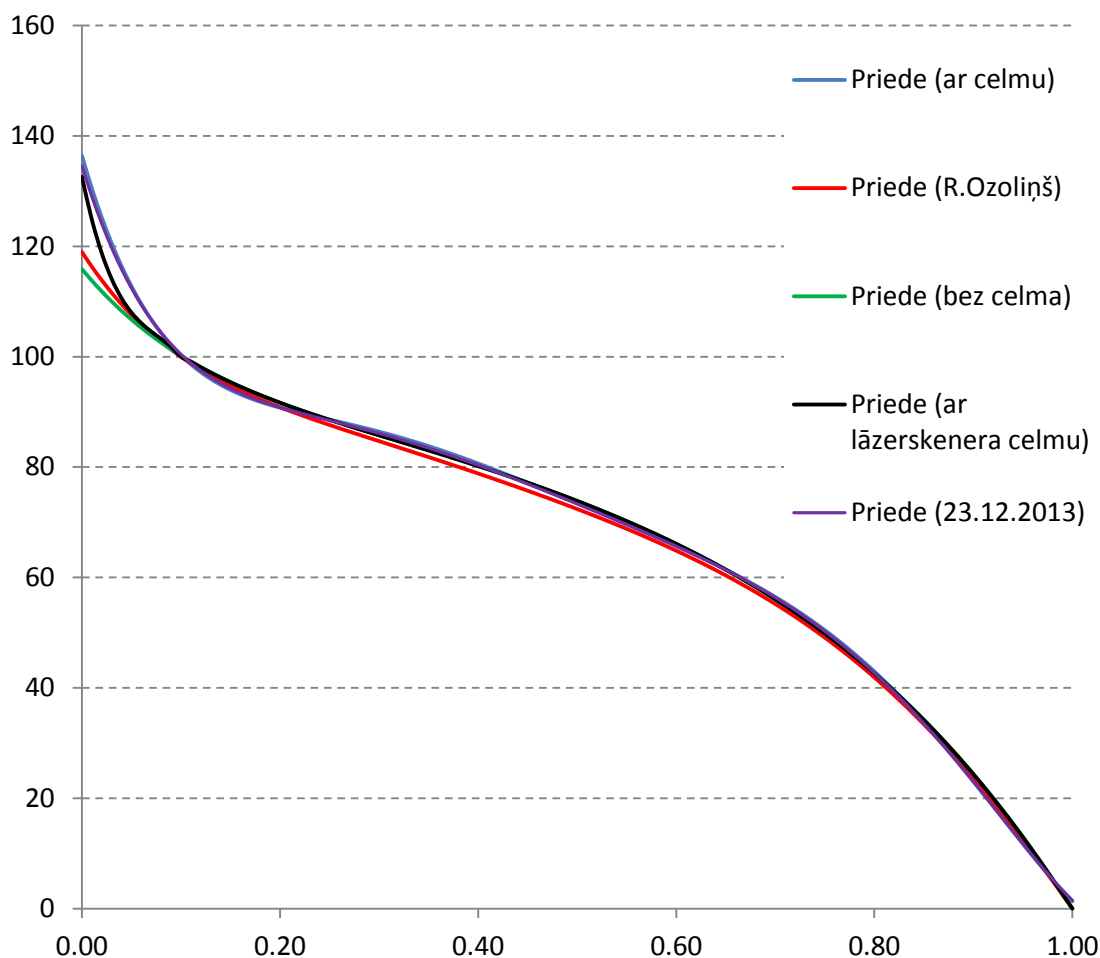


4.1. attēls. Priedes, egles, bērza, apses, melnalkšņa koku stumbru veiduļu salīdzinājums.

Salīdzinot piecu pārstāvētāko sugu stumbru veidules, tika konstatēts, ka lielākās atšķirības ir stumbra resgalī, kur R.Ozoliņa stumbra veidulēm ir ievērojami mazāks caurmērs. Šo faktu var izskaidrot ar iespējamību, ka prof. R.Ozoliņa aprēķinātajās veidulēs nav ņemta vērā celma daļa, jo aprēķini veikti balstoties uz nogāztu koku stumbru mērījumiem. Lai pārliecinātos par šo faktu, grafikos ievietotas piecas stumbra veidules (4.2.-4.5.att.):

- 1) Stumbra veidule ar celma daļas mērījumu;
- 2) Stumbra veidule bez celma daļas (atmesti celma daļas mērījumi)
- 3) R.Ozoliņa stumbra veidule
- 4) Stumbra veidule iegūta ar lāzerskenēšanu;
- 5) Aprēķinātais priedes veidules vienādojums 23.12.2012.

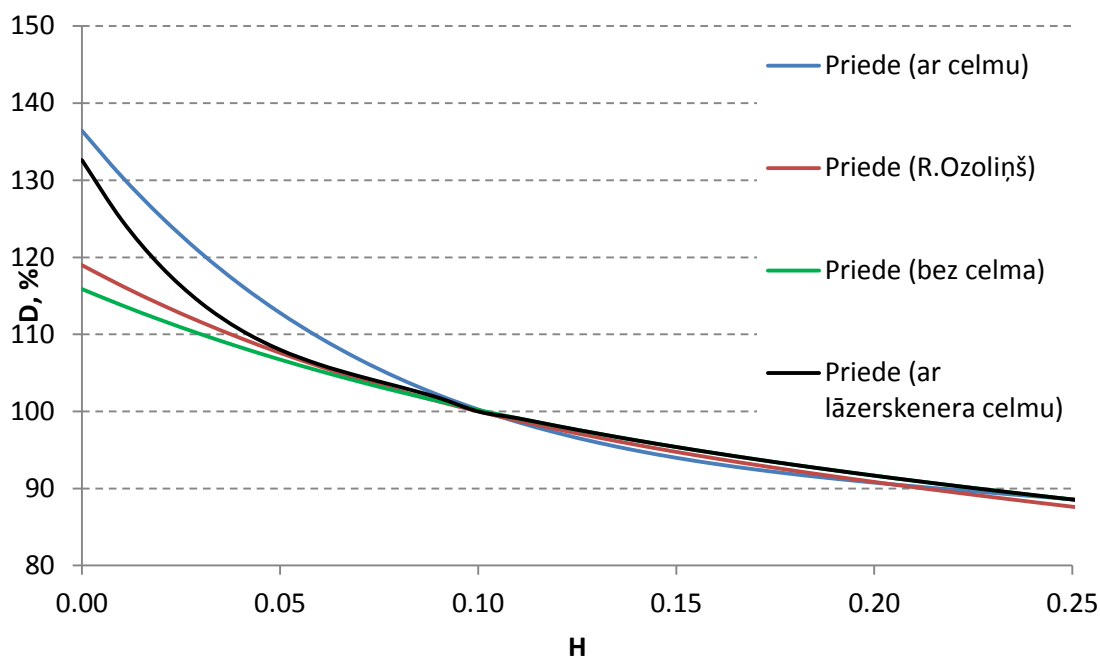
Rezultāti liecina, ka projekta ietvaros uzmērīto stumbru veiduļu atšķirības no prof. R.Ozoliņa veidulēm galvenokārt ir sakņu kaklā un stumbra resgalī, respektīvi pirmajos 10% no stumbra garuma (skatīt 4.6.attēlu). Priedei pastāv atšķirības arī stumbra nogrieznī 0.20-0.80 no stumbra garuma vidēji 1.54%. Priedes veidules vidēji atšķiras par 1.5%. Eglei vidējās atšķirības ir nelielas 0.58%, tomēr stumbra galotnes daļā sasniedz pat 7%. Bērzam novērotas lielākās atšķirības, vidēji 4%. Īpaši ielas atšķirības ir stumbra tievgalī, intervālā 0.6-1, vidējās atšķirības ir 8.56%.



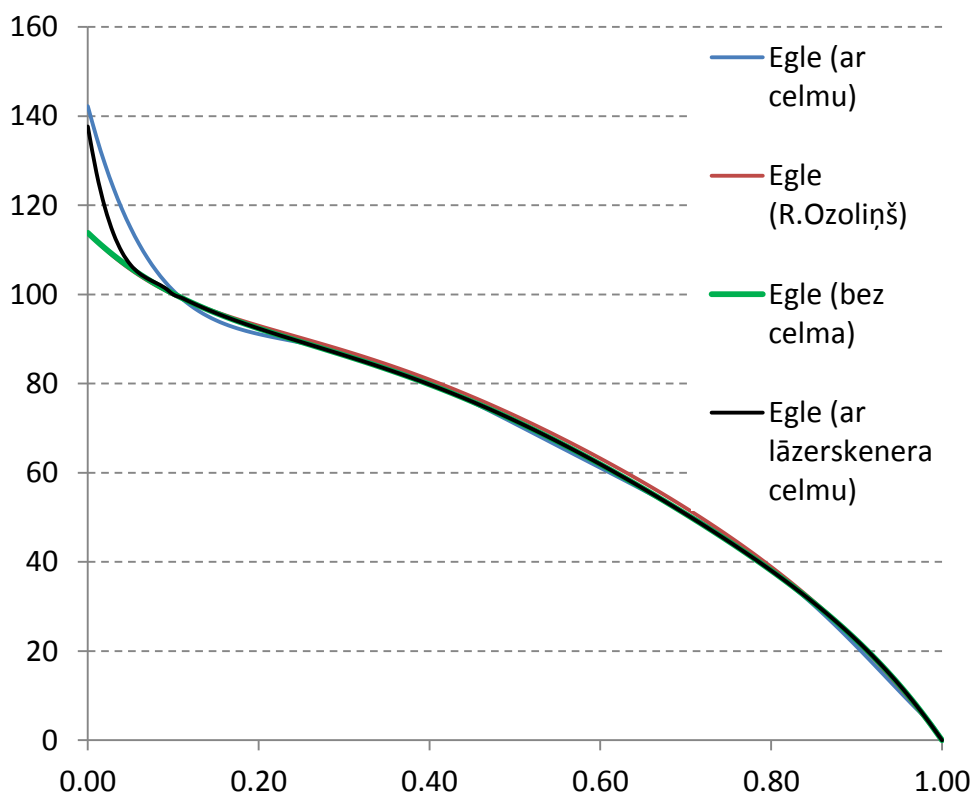
4.2.attēls. Priedes stumbra veiduļu grafiskais salīdzinājums

Grafiski attēlotajos datos var novērot, ka salīdzinoši liela izkliede ir stumbra celma daļā. To var izskaidrot ar faktu, ka harvesters pirmo mērījumu veic tikai 60-100 cm attālumā (atkarībā no harvestera galvas modeļa) no pirmā sortimenta resgaļa griezuma vietas, tāpēc resgaļa caurmēru nevis fiziski nomēra, bet aprēķina pēc formulām. Šī mērīšanas specifika ir lielākai daļai harvesteru modeļu, jo pirmie atzarošanas naži ir ar lielāku saspiešanas spiedienu, kā rezultātā ir iegūstami precīzāki caurmēra mērījumi. Līdz ar to vienīgais veids, kā uzprojicēt stumbra iepriekšējo daļu ir matemātiski aprēķināt. Pēc paraugkoku pilnas

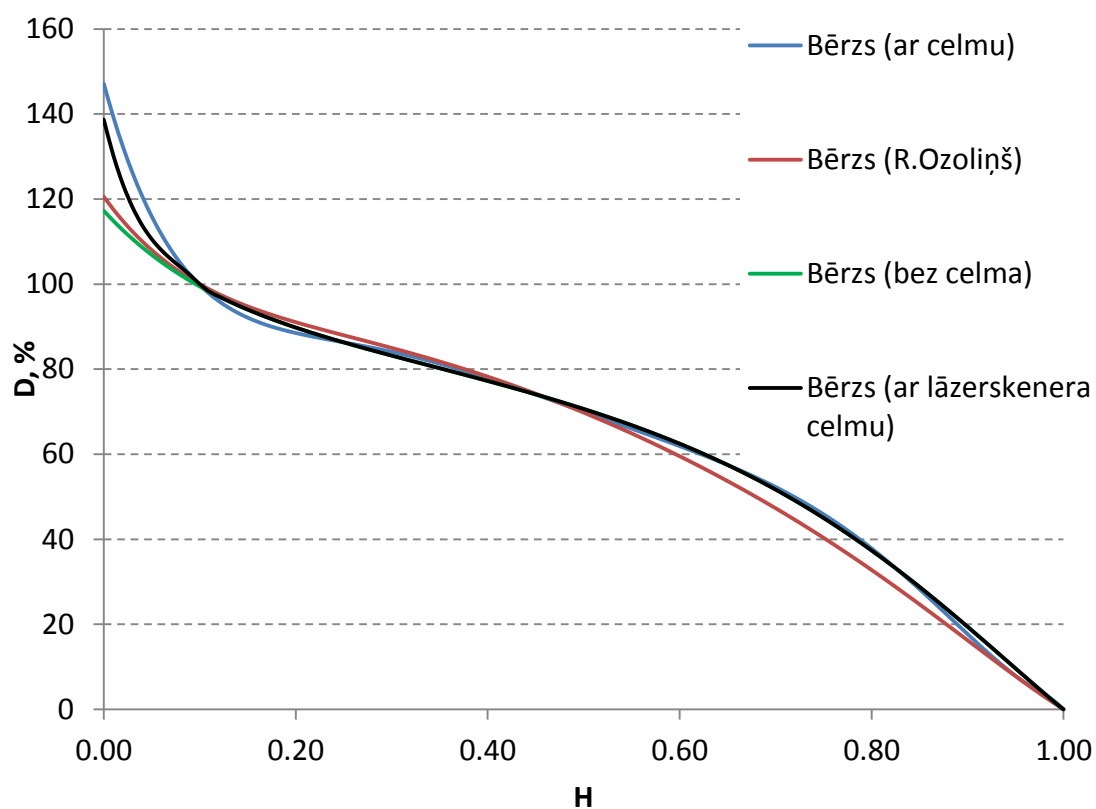
uzmērīšanas tika secināts, ka šīs harvesteros pielietotās resgaļa aprēķina formulas dod samazinātu koka stumbra resgaļa caurmēra skaitlisko lielumu, kas arī ir cēlonis salīdzinoši lielajai resgali raksturojošo datu izkliedei. Lai praktiski pārliecinātos un izvērtētu stumbra raukuma pielietotos koeficientus Latvijas apstākļiem, būtu nepieciešams manuāli pārmērīt pirmo sagatavoto sortimentu (skatīt 4.3.attēlu).



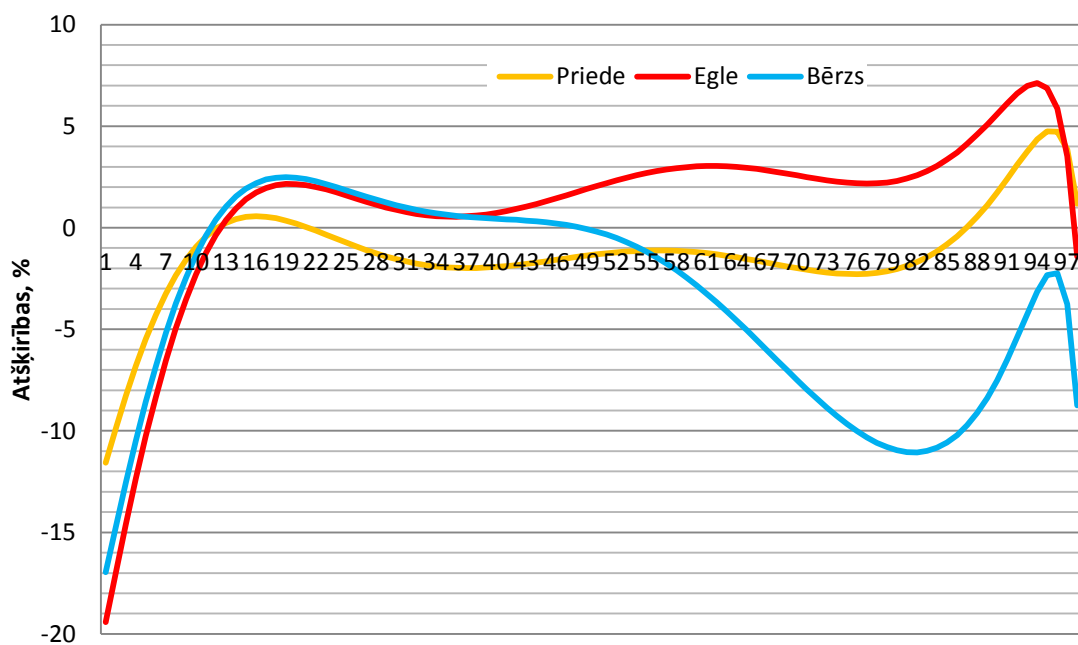
4.3. attēls. Priedes stumbra resgaļa daļas analīze



4.4.attēls. Egles veiduļu grafiskais salīdzinājums



4.5.attēls. Bērza stumbra veiduļu grafiskais salīdzinājums



4.6.attēls. Atšķirības starp prof.R.Ozoliņa veidules koeficientiem un pētījumā veikto mērījumu rezultātiem.

Celma daļas raukuma ietekme uz stumbra veidulēm tika konstatēta arī pārējām koku sugām. Attēlā 4.4. un 4.5 parādītas atšķirības kādas konstatētas eglei un bērzam. Celma daļas atšķirības lielākās konstatētas eglei, līdz 20%, bērzam līdz 17% un priedei līdz 12% (skatīt 4.6.attēlu). Bērzam tika konstatētas līdz 11% atšķirības stumbra tievgalī. Mazākās atšķirības ir konstatētas priedei, kur lielākajā stumbra daļā atšķirības svārstījās 2% robežās un galotnes daļā nepārsniedza 5%. Tika konstatēts, ka priedei prof. R.Ozoliņa formulā līdz šim lietotie stumbra veidules koeficienti uzrāda nedaudz mazāku stumbra caurmēru (2%), savukārt par eglei nedaudz lielāku (2-5% atkarībā no stumbra daļas). Savukārt bērzam stumbra galotnes daļā lietotie koeficienti uzrāda ievērojami mazāku caurmēru (līdz pat 10%) par faktisko. Šādas atšķirības skaidrojamas ar to, ka Latvijā tiek izmantoti vienoti stumbra veidules koeficienti 2 bērza sugām, kas aug atšķirīgos augšanas apstākļos.

4.2. Meža augšanas apstākļu tipu ietekme uz koku stumbru veidulēm.

Koku stumbra veidules tika aprēķinātas priedei, eglei, bērzam, melnalksnim visās edefiskajās rindās, lai gan atsevišķos gadījumos uzmērīto skaits nebija liels. Īpaši neliels uzmērīto koku skaits bija purvaiņos. Tas izskaidrojams ar ierobežoto cirsma izvēli šajos augšanas apstākļos. Šo pašu apsvērumu dēļ, visos augšanas apstākļos neizdevās ievākt datus par apsi, ozolu, osi un baltalksni. Rezultāti liecina par sakarību ciešumu (skatīt 4.4.tabulu).

4.4.tabula

Meža augšanas apstākļu ietekme uz stumbra veidulēm

S	Edaf. rinda	Koku skaits	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	R ²
P	sausieņi	165	135.5868	-601.6361	3 363.9911	-10 063.8861	15 685.2838	-12 254.2968	3 736.3428	0.9714
P	slapjaini	19	129.4329	-481.1301	2 570.1422	-7 720.1198	12 338.2059	-10 034.2547	3 199.3428	0.9676
P	purvaiņi	15	135.8745	-575.7748	2 974.9783	-8 357.9395	12 324.6284	-9 216.8160	2 716.3801	0.9597
P	āreņi	59	131.4545	-534.0967	2 980.4592	-9 039.9124	14 238.8416	-11 232.3022	3 457.0908	0.9557
E	sausieņi	187	142.7877	-714.8628	4 029.2786	-11 712.5234	17 394.3241	-12 868.8892	3 732.3582	0.9566
E	slapjaini	43	133.5362	-538.0413	2 753.0289	-7 556.0645	10 683.0382	-7 658.5170	2 185.2123	0.965
E	purvaiņi	7	131.5992	-503.02	2 470.4797	-6 528.8539	8 631.2465	-5 580.0321	1 379.6145	0.9296
E	āreņi	66	139.5088	-668.1525	3 750.0961	-10 899.5631	16 114.0463	-11 842.0689	3 407.7250	0.9607
B	sausieņi	116	143.38	-726.7958	3 937.6626	-11 288.9316	16 943.0219	-12 880.0334	3 874.2072	0.9341
B	slapjaini	93	142.3427	-725.8759	4 074.6705	-12 240.0561	19 285.2121	-15 343.4423	4 808.5490	0.9596
B	purvaiņi	5	161.5983	1152.6949	7 453.3497	-24 073.4788	39 358.3068	-31 545.1581	9 799.0890	0.8983
B	āreņi	40	147.463	-833.6534	4 896.1148	-14 829.9322	23 197.7080	-18 122.1378	5 546.4081	0.9424
Ma	sausieņi	28	155.9401	-934.1085	5 364.5016	-16 374.2243	26 246.3050	-21 043.3535	6 586.3445	0.9457

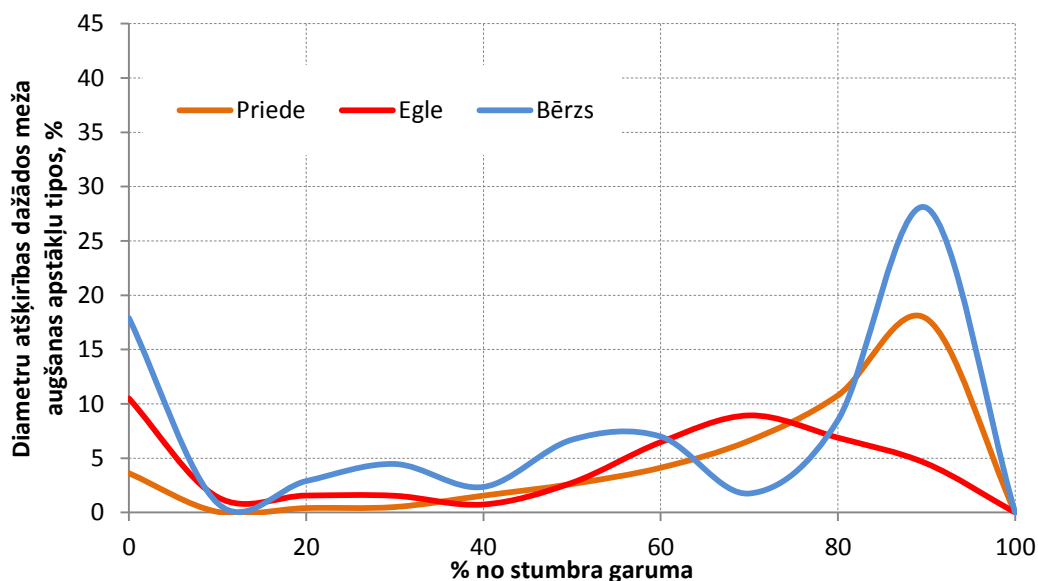
Ma	slapjaini	57	142.1102	-725.285	4 158.6376	-12 766.1828	20 507.1757	-16 523.0329	5 207.9016	0.9567
Ma	purvaini	2	173.5201	-	6 358.2978	-17 488.9874	25 213.8348	-18 418.1056	5 353.3673	0.9735
Ma	āreņi	33	150.1892	-884.1964	5 342.7603	-16 897.3419	27 784.2857	-22 758.6317	7 265.8009	0.943
A	sausieņi	64	133.4077	-577.0765	3 338.7404	-10 223.6067	16 057.4496	-12 553.1370	3 826.8687	0.9425
A	slapjaini	26	122.1942	-370.1268	2 058.5110	-6 695.6105	11 416.6537	-9 812.4425	3 282.0219	0.9612
A	āreņi	28	125.9591	-463.8158	2 820.0139	-9 155.4377	15 159.7657	-12 543.6858	4 059.6861	0.9553
Ba	sausieņi	6	161.5599	-	6 850.5599	-21 631.9215	35 070.4151	-28 080.5859	8 743.2216	0.9619
Ba	slapjaini	4	150.6367	-749.9559	3 372.2690	-8 010.5690	10 449.0599	-7 456.4680	2 247.1353	0.9548
Oz	sausieņi	11	152.2787	-939.4745	5 650.3355	-17 360.8460	27 703.6924	-22 024.4996	6 822.7331	0.8956
Oz	āreņi	2	117.1035	-229.9073	1 015.5100	-3 420.3138	6 580.9716	-6 576.0259	2 515.3939	0.9908
Os	sausieņi	42	142.2748	-722.5845	4 086.4229	-12 551.5137	20 365.7406	-16 634.5351	5 317.2765	0.9376
Os	slapjaini	4	104.1839	30.9423	1 201.2220	5 269.2725	10 626.3184	9 756.5642	-3 332.5502	0.9141
Os	āreņi	3	134.1852	-476.9359	1 932.7079	-4 236.8815	4 740.3656	-2 738.4212	645.3753	0.9499

Veicot veiduļu salīdzināšanu starp edafiskajām rindām, tika konstatētas ciešas sakarības, lai gan tika novērotas nelielas veiduļu atšķirības (skatīt 4.5.tabulu). Statistiski lielākās atšķirības ir bērzam (vidēji 6.95% visam stumbram, 5.86% pirmajai pusei no stumbra) Priedei vidēji atšķirības ir 4.94%, pirmajā stumbra pusē 1.46%. Attiecīgi eglei vidējās atšķirības 3.86%, pusē stumbra garuma 3.08%, Tātad 3-7% caurmēra atšķirības lietderīgā sortimenta stumbra daļā, var atstāt būtisku ietekmi uz sortimentu iznākumu. Lielākas atšķirības ir novērojamas celma daļā 5-18% no stumbra diametra un vislielākās stumbra diametru svārstības ir stumbra galotnes daļā - pie 80-90% no stumbra garuma šīs atšķirības sastāda 10-44% no stumbra galotnes daļas diametra (skatīt 4.7.attēlu).

4.5.tabula

Stumbra nogrieznis, % no lejas daļas	Stumbra nogrieznis, 1/10 no lejas daļas	Atšķirības, % Priede	Atšķirības, % Egle	Atšķirības, % Bērzs
0	0.00	3.61	10.49	17.90
10	0.10	0.06	1.41	0.85
20	0.20	0.40	1.56	2.89
30	0.30	0.50	1.54	4.46
40	0.40	1.55	0.73	2.35
50	0.50	2.62	2.73	6.70

60	0.60	4.12	6.47	6.99
70	0.70	6.61	8.93	1.75
80	0.80	10.77	6.88	8.49
90	0.90	17.84	4.51	28.04
100	1.00	0.00	0.00	0.00
100% stumbra garums		4.94	3.86	6.95
50% stumbra garums		1.46	3.08	5.86



4.7.attēls. Augšanas apstākļu ietekmē novērotās stumbra veiduļu atšķirības.

4.3. Koku augšanas vietas ietekme uz koku stumbru veidulēm

Koku augšanas vietas ietekme tika pētīta, veicot koku augšanas vietu reģionālo salīdzinājumu. Stumbra veidules netika salīdzinātas izvērtējot augšanas apstākļu ietekmi salīdzinot veidules starp reģioniem, jo šādu uzdevumu veikšanai paraugkoku skaits ir nepietiekams. Šobrīd trūkst ievāktu datu par konkrētām koku sugām dažādos Latvijas reģionos. Turpinot šo pētījumu, šāds salīdzinājums tiks veikts nākamajā etapā. Iegūtie rezultāti liecina par reģionālajām atšķirībām (skatīt 4.6. tabulu). Starp reģionos uzmērīto koku veidulēm konstatētas ciešas sakarības.

4.6.tabula

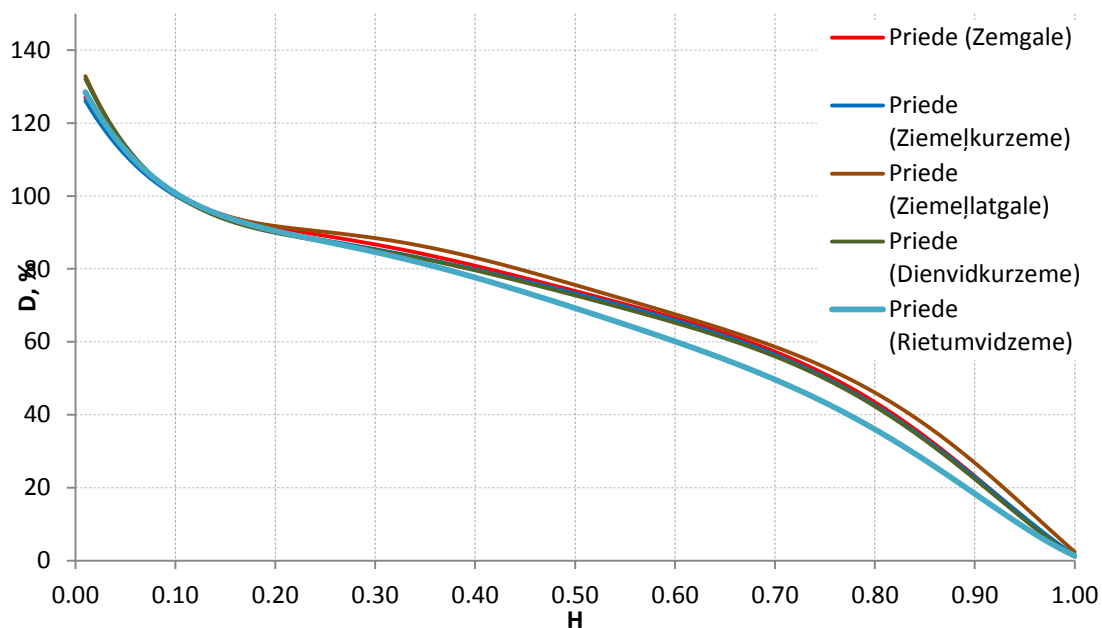
Koku stumbru veidules parametri dažādos Latvijas reģionos

SUGA	REGIO NS	KOK U SKAI TS	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	R ²
PRIEDE	Kurzeme	94	135.0	-	3 179.85	-	14 442.4	-	3 412.60	0.9

			233	584.436	79	9 359.40	253	11 224.5	16	68
				9		52		630		
PRIEDE	Zemgale	25	132.6	568.171	3 194.86	9 546.94	14 772.6	11 467.9	3 484.59	0.9
			72	4	32	69	616	724	94	74
PRIEDE	Vidzeme	33	130.3	505.507	2 758.00	8 031.19	12 031.1	8 991.94	2 611.20	0.9
			379	3	66	26	406	66	26	43
PRIEDE	Pierīga	127	135.6	599.585	3 362.17	10 091.7	15 729.3	12 257.0	3 722.63	0.9
			313	4	07	211	108	143	04	67
EGLE	Kurzeme	116	138.6	654.576	3 728.65	10 950.7	16 284.3	11 994.1	3 449.38	0.9
			967	6	44	980	788	076	45	52
EGLE	Zemgale	42	151.1	874.184	5 085.01	15 051.7	22 760.6	17 102.2	5 033.66	0.9
			095	1	27	843	572	899	42	62
EGLE	Vidzeme	52	139.1	625.833	3 289.95	9 025.74	12 548.4	8 668.97	2 345.75	0.9
			918	4	47	63	543	94	38	52
EGLE	Pierīga	118	141.1	683.583	3 763.26	10 794.7	15 917.8	11 772.0	3 430.62	0.9
			959	4	76	386	322	327	04	66
BERZS	Kurzeme	59	147.1	821.855	4 659.62	13 889.6	21 592.5	16 894.4	5 208.11	0.9
			751	3	12	567	571	281	01	4
BERZS	Latgale	11	142.0	754.886	4 461.31	13 275.7	20 054.5	15 038.4	4 412.38	0.9
			54	8	74	319	976	956	09	38
BERZS	Zemgale	81	147.4	825.572	4 816.56	14 763.2	23 599.7	18 913.6	5 940.62	0.9
			48	6	42	785	925	089	28	52
BERZS	Vidzeme	68	148.8	806.132	4 459.35	12 828.0	19 098.6	14 228.0	4 161.09	0.9
			513	2	15	450	159	206	51	33
BERZS	Pierīga	101	138.0	-	3 532.13	10 407.3	16 205.5	12 860.1	4 042.09	0.9
			557	648.395	63	581	058	970	86	48
MELNALK SNIS	Kurzeme	41	156.5	958.051	5 566.22	17 084.3	27 536.4	22 234.0	7 019.29	0.9
			621	4	30	663	606	368	94	43
MELNALK SNIS	Zemgale	41	146.1	809.919	4 771.83	14 826.7	23 989.1	19 367.8	6 099.29	0.9
			455	1	54	093	470	566	07	46
MELNALK SNIS	Vidzeme	14	150.7	841.105	4 794.94	14 611.8	23 487.5	19 006.2	6 027.81	0.9
			832	8	17	044	282	509	72	43
MELNALK SNIS	Pierīga	46	142.0	-	4 154.49	-	20 617.8	-	5 228.00	0.9
			996	721.135	87	12 812.9	238	16 607.1	93	55

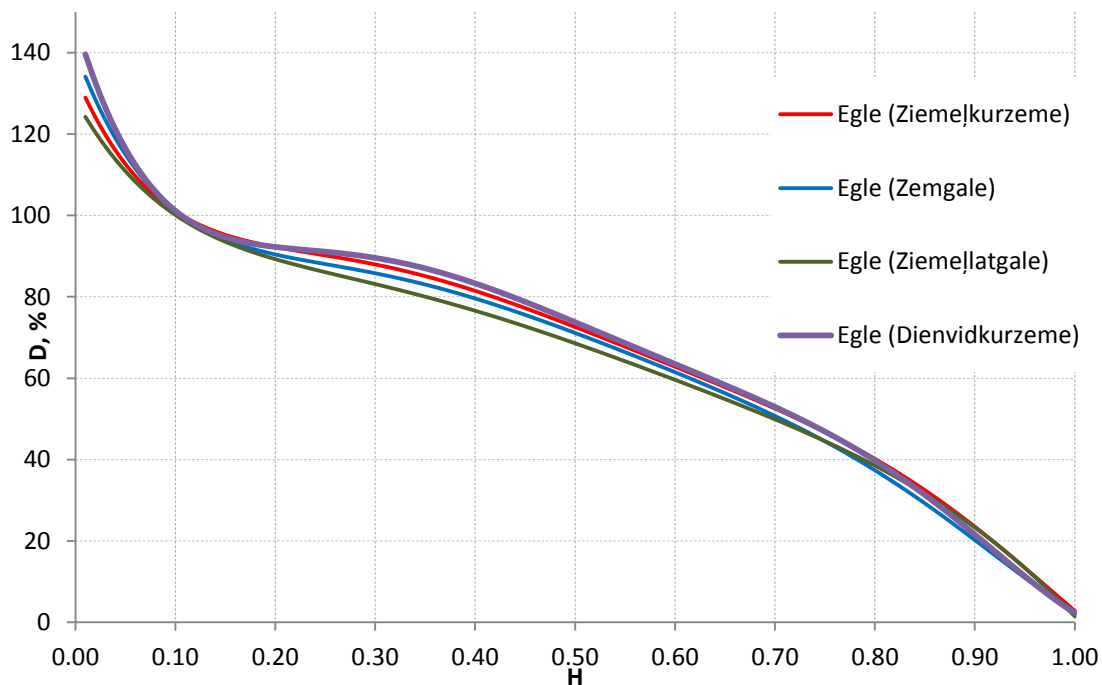
				4		371		514		
APSE	Kurzeme	39	129.0 238	- 497.725 6	2 852.86 86	- 8 901.01 98	14 408.2 879	- 11 726.7 767	3 736.27 24	0.9 57
APSE	Latgale	6	136.5 433	- 670.767 9	4 293.34 12	- 14 036.0 072	23 058.0 582	- 18 595.3 735	5 815.63 32	0.9 44
APSE	Zemgale	22	132.0 867	- 563.826 2	3 404.40 53	- 10 914.3 799	17 946.8 328	- 14 714.9 465	4 712.38 20	0.9 42
APSE	Vidzeme	24	119.6 838	- 268.532 3	915.910 3	- 1 168.22 56	818.463 1	2 538.91 29	- 1 312.32 76	0.9 04
APSE	Pierīga	40	128.7 874	- 500.414 4	2 901.88 01	- 9 203.02 47	15 067.6 177	- 12 329.2 019	3 936.67 89	0.9 6
BALTALK SNIS	Kurzeme	8	158.7 385	- 998.801	5 712.41 97	- 17 068.1 178	26 692.6 585	- 20 983.6 866	6 488.31 90	0.9 48
BALTALK SNIS	Zemgale	2	155.1 176	- 972.862 9	5 668.48 47	- 17 137.4 392	26 843.6 010	- 20 960.4 711	6 405.34 86	0.9 84
OZOLS	Kurzeme	4	206.2 779	- 1 979.0 651	12 676.1 298	- 40 618.4 185	67 175.2 417	- 54 793.4 366	17 338.0 836	0.8 58
OZOLS	Zemgale	2	117.1 035	- 229.907 3	1 015.51 00	- 3 420.31 38	6 580.97 16	- 6 576.02 59	2 515.39 39	0.9 91
OZOLS	Pierīga	8	137.0 71	- 658.773 1	3 763.07 36	- 11 211.6 136	17 384.4 194	- 13 488.6 929	4 078.74 59	0.8 86
OSIS	Kurzeme	11	150.0 66	- 879.646	5 274.26 45	- 16 689.1 804	27 553.1 804	- 22 644.3 357	7 237.74 27	0.9 33
OSIS	Zemgale	35	138.9 598	- 653.332 1	3 548.88 67	- 10 553.4 186	16 644.8 928	- 13 318.1 503	4 194.97 85	0.9 34
OSIS	Pierīga	4	104.1 839	- 30.9423	1 201.22 20	- 5 269.27 25	10 626.3 184	- 9 756.56 42	3 332.55 02	0.9 14

Priedes stumbru veidules vienādojumu datu analīze liecina par samērā līdzīgām stumbru veidulēm Zemgalē, Ziemeļkurzemē, Dienvidkurzemē. Tomēr Rietumvidzemē konstatētas ievērojamas atšķirības salīdzinājumā ar pārējiem reģioniem (skatīt 4.8.attēlu)



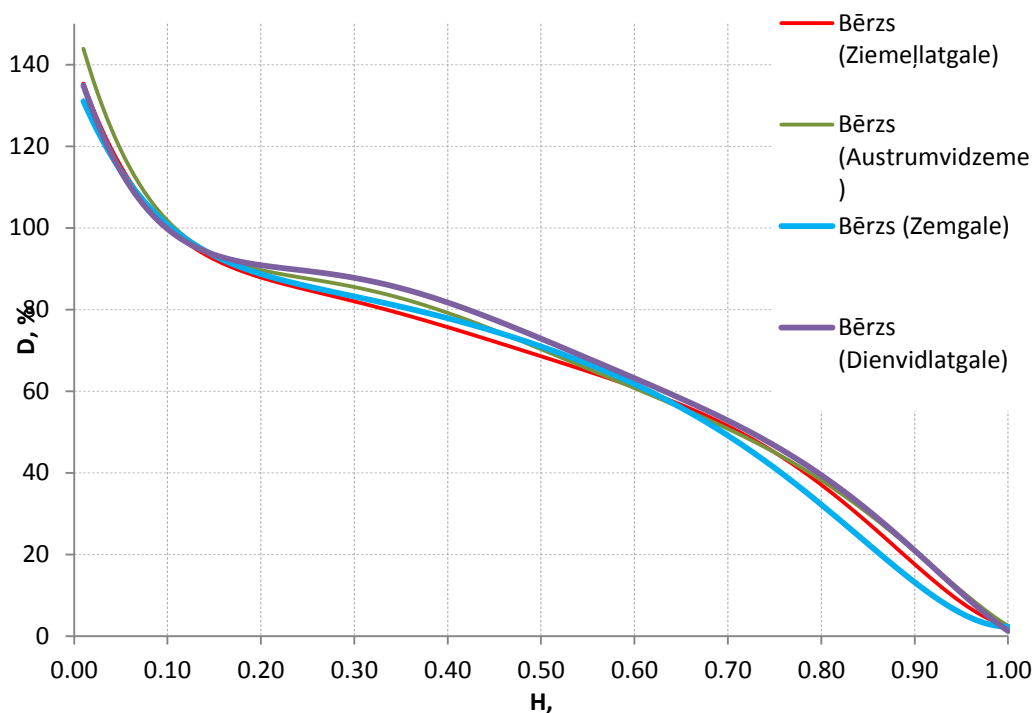
4.8. attēls. Priedes stumbru veidules dažādos Latvijas reģionos

Egļu veidules rezultāti liecina par reģionālajām atšķirībām rietumu austrumu virzienā. Tā piemēram egļu Ziemeļlatgalē relatīvi ir mazāk rauktas par egļiem Kurzemes reģionā (skatīt 4.9.attēlu).



4.9. attēls. Egļu stumbru veidules dažādos Latvijas reģionos

Bērzam novērotas salīdzinoši lielākās atšķirības stumbra tievgalī (skatīt 4.10. attēlu). Tās sasniedz 60%. Ievērojamas atšķirības konstatētas arī stumbra vidusdaļā. Lai precizētu šo atšķirību iemeslus, jāturpina pētījumi par koku augšanas atšķirībām augšanas apstākļu un reģionu griezumā.



4.10. attēls. Bērza stumbru veidules dažādos Latvijas reģionos

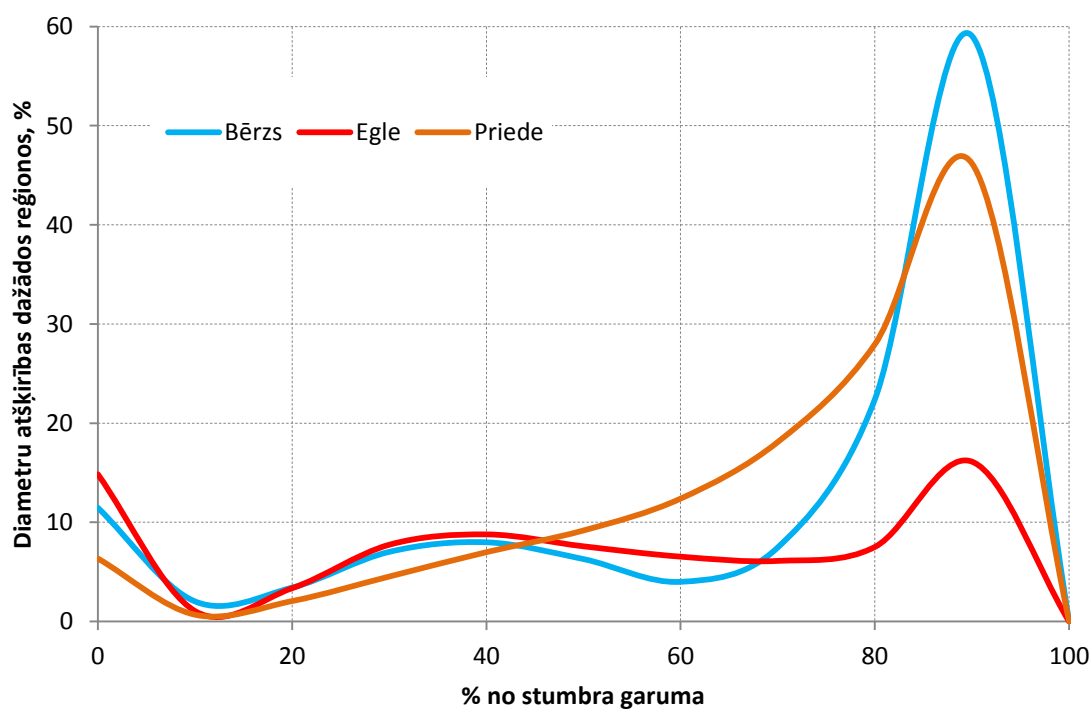
Pētījuma rezultāti liecina, ka starp dažādos reģionos augošiem kokiem pastāv veiduļu atšķirības (skatīt 4.7.tabulu). Konstatēts, ka reģionālajam novietojumam, salīdzinot ar augšanas apstākļiem, ir lielāka ietekme. Atšķirības konstatētas visām koku sugām celma (0-10) un galotnes (70-100) daļās. Priecī vidējā atšķirība visa stumbra garumā ir 14%, īpaši liela tā ir stumbra tievgalī (60-100). Bērzam atšķirības veido 13%, atšķirības konstatētas visā stumbra garumā. Lai arī eglei atšķirības konstatētas salīdzinoši mazākas, vidēji 7%, tomēr tās ir būtiskas visā stumbra garumā (skatīt 4.11.attēlu).

4.7.tabula

Koku stumbru veiduļu reģionālās atšķirības

Stumbra garums, %	Stumbra garums 1/10	Atšķirības, % Bērzs	Atšķirības, % Egle	Atšķirības, % Priede
0	0.00	11.47	14.85	6.35
10	0.10	2.02	1.05	0.69

20	0.20	3.42	3.36	2.06
30	0.30	7.02	7.74	4.54
40	0.40	7.99	8.79	6.99
50	0.50	6.29	7.58	9.18
60	0.60	4.00	6.54	12.39
70	0.70	7.47	6.11	18.10
80	0.80	22.41	7.52	27.95
90	0.90	59.05	16.12	46.19
100	1.00	0.00	0.00	0.00
Vidējās atšķirības visā stumbra garumā		13	7	14
Vidējās atšķirības pusē no stumbra garuma		6	7	5



4.11. attēls. Koku stumbru veiduļu reģionālās atšķirības

4.4. Koku augšanas vietas un augšanas apstākļu ietekme uz koku stumbru veidulēm

Lai konstatētu, vai pastāv atšķirības starp līdzīgos augšanas apstākļos augušiem kokiem dažādos Latvijas reģionos, tika salīdzinātas dažādos reģionos līdzīgos augšanas apstākļos augošu koku stumbru veidules. Tika atlasīti tikai tās edafiskās rindas un reģioni,

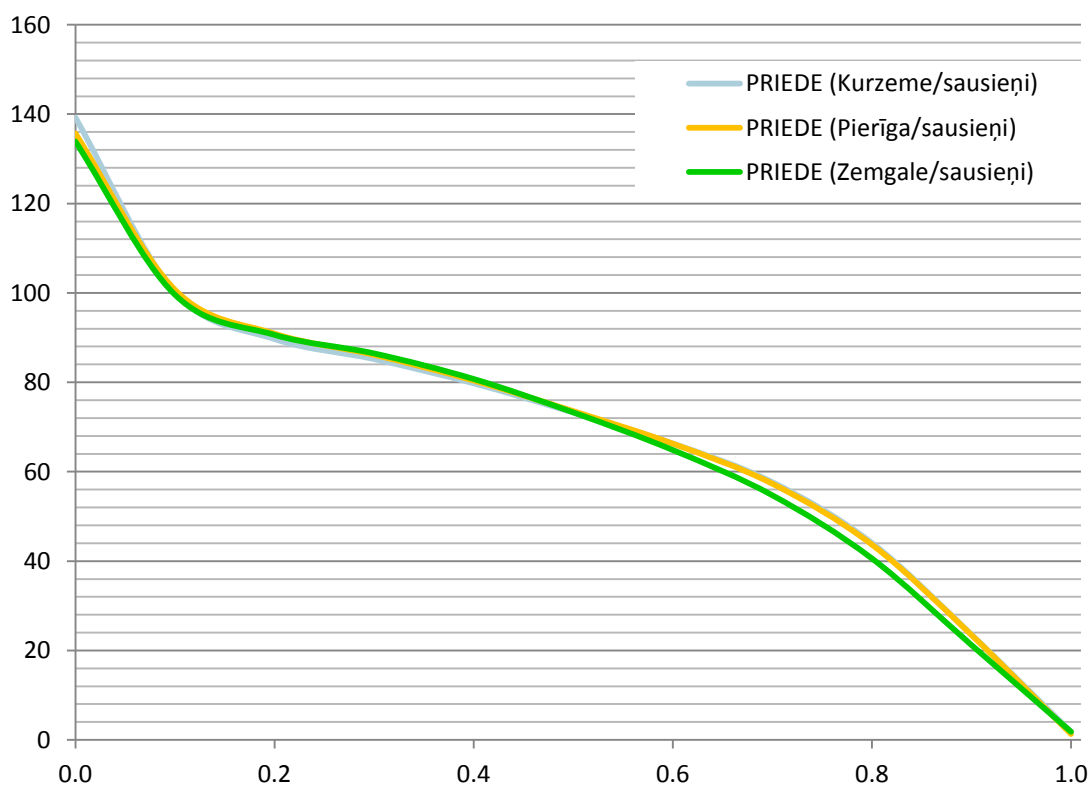
kuros bija tāds uzmērīto stumbru skaits, kas nodrošina iegūto rezultātu ticamību. Tika pieņemts, ka šādu ticamību nodrošina ne mazāk kā 30 koku stumbru mērījumi katrā reģionā un edafiskajā rindā. Šī iemesla dēļ nebija iespējams salīdzināt visu reģionu datus, tomēr iegūtie rezultāti sniedz priekšstatu par sakarībām.

Iegūtie rezultāti liecina, ka priedes stumbra veidules sausienos Kurzemes un Pierīgas reģionos neatšķiras, bet tās ir atšķirīgas no Zemgales reģionā stumbra galotnes daļā, garuma intervālā 0.6-0.9 stumbra caurmērs ir par vidēji 5% mazāks (skatīt tabulu, 4.12. attēlu).

4.8.tabula

Priedes stumbra veidules koeficientu atšķirības sausieņu augšanas apstākļos Kurzemes, Pierīgas un Zemgales reģionos

Reģions	Relatīvais stumbra garums decimāldaļās										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Kurzeme	139.2 5	100.1 6	89.6 8	85.2 0	79.7 7	73.2 4	66.3 1	57.6 5	44.0 5	23.5 8	1.7 7
Pierīga	135.7 0	100.7 0	90.8 9	86.1 5	80.4 0	73.5 6	66.2 7	57.3 1	43.6 9	23.4 7	1.3 1
Zemgale	133.8 7	99.60	90.6 2	86.4 7	80.7 5	73.2 7	64.8 5	54.7 3	40.5 9	21.2 3	1.8 2
Novirze, %	2.62	-0.54	-1.33	-1.11	-0.78	0.40	2.25	5.34	8.52	11.0 6	



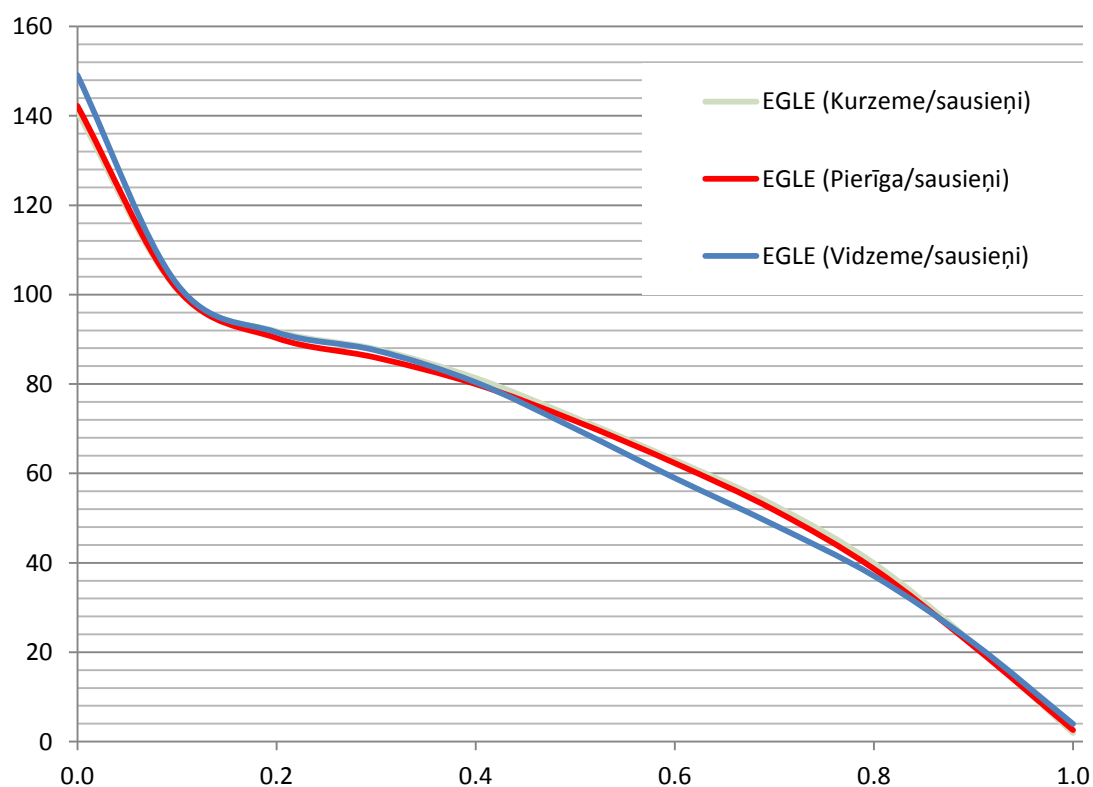
4.12.attēls. Priedes stumbra veidules sausieņu meža augšanas apstākļu tipos

Līdzīgas tendences tika novērotas arī analizējot egles stumbru veidules koeficientus sausieņu augšanas apstākļos Kurzemē, Pierīgā un Vidzemē. Tika konstatēts, ka egles veidules Kurzemes un Pierīgas reģionā sakrīt, savukārt Vidzemes reģionā stumbra vidusdaļā (relatīvā garuma intervālā 0.5-0.8, stumbra caurmērs ir mazāks vidēji par 6% (skatīt 4.9.tabulu, 4.13.attēlu).

4.9.tabula

Egles stumbra veidules koeficientu atšķirības sausieņu augšanas apstākļos Kurzemes, Pierīgas un Zemgales reģionos

Reģions	Relatīvais stumbra garums decimāldaļās										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Kurzeme	140.8 4	101.1 8	91.7 9	87.8 0	81.3 5	72.4 9	62.9 9	52.8 7	39.9 0	21.9 2	1.93
Pierīga	142.2 3	101.3 4	90.3 0	85.9 0	80.0 0	71.7 5	62.3 0	51.7 8	38.6 4	21.3 6	2.58
Vidzeme	149.1 3	102.3 8	91.5 9	87.5 3	80.3 9	70.0 0	58.9 6	48.4 7	37.0 6	22.0 6	3.96
Novirze, %	-0.97	-0.15	1.66	2.21	1.19	3.56	6.83	9.07	7.67	-0.67	- 51.1 3



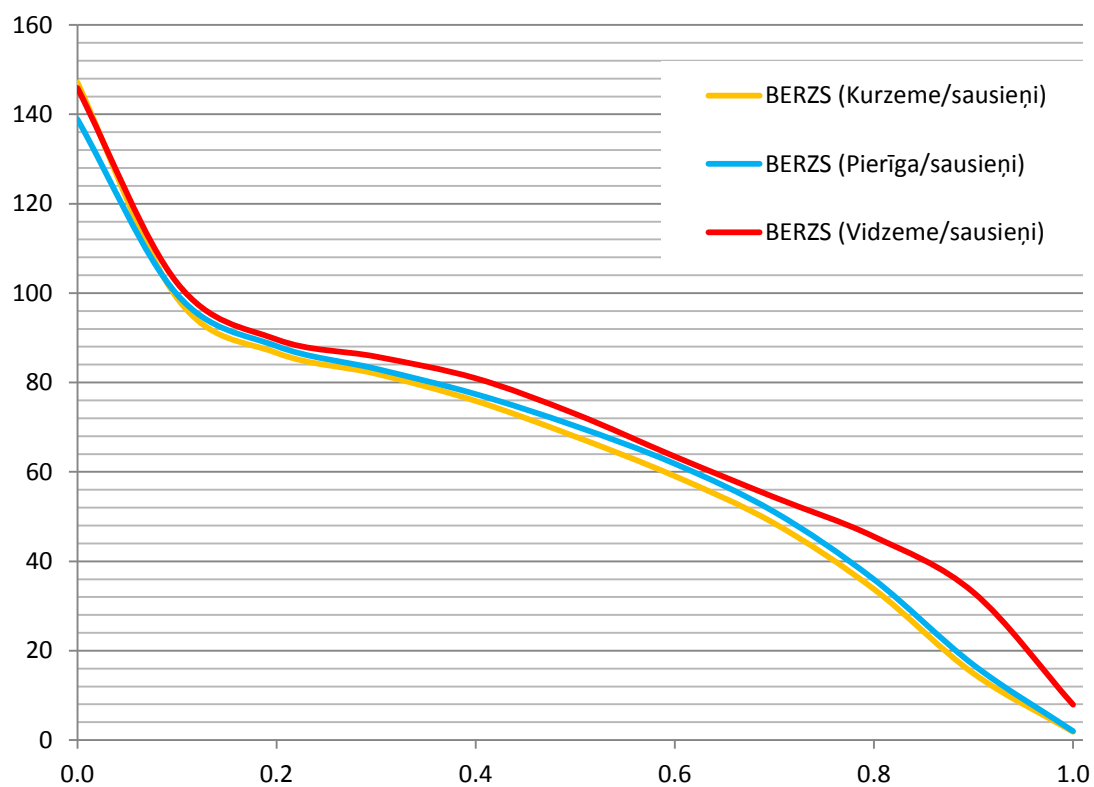
4.13.attēls. Egles stumbra veidules sausieņu meža augšanas apstākļu tips

Iegūtie dati liecina, ka arī bērza stumbra veidules sausieņos Kurzemes un Pierīgas reģionos ir līdzīgi, lai gan atšķirības ir lielākas, kā skujokiem. Īpašas atšķirības vērojamas stumbra galotnes daļā (relatīvais stumbra garums 0.7-1.0. (skatīt 4.10.tab. un 4.13.att.). Bērzam Vidzemē konstatēts lielāks caurmērs, vidēji pat par 9%. Bērza stumbru analīzes rezultāti slapjajos liecina, ka stumbra veidules Pierīgā un Zemgalē ir līdzīgas (skatīt 4.14.attēlu). Tātad, var secināt, ka atsevišķos reģionos līdzīgos apstākļos augošu koku veidules skujokiem ir līdzīgas (Kurzeme, Pierīga), savukārt tās ir līdzīgas slapjajos, bet sausieņos tās ir atšķirīgas. Lai iegūtu pārliecinošus pierādījumus par reģionu ietekmi uz stumbru veidulēm nepieciešams veikt koku mērījumus arī pārējos reģionos, kuros šobrīd nav uzkrāts pietiekoši daudz datu.

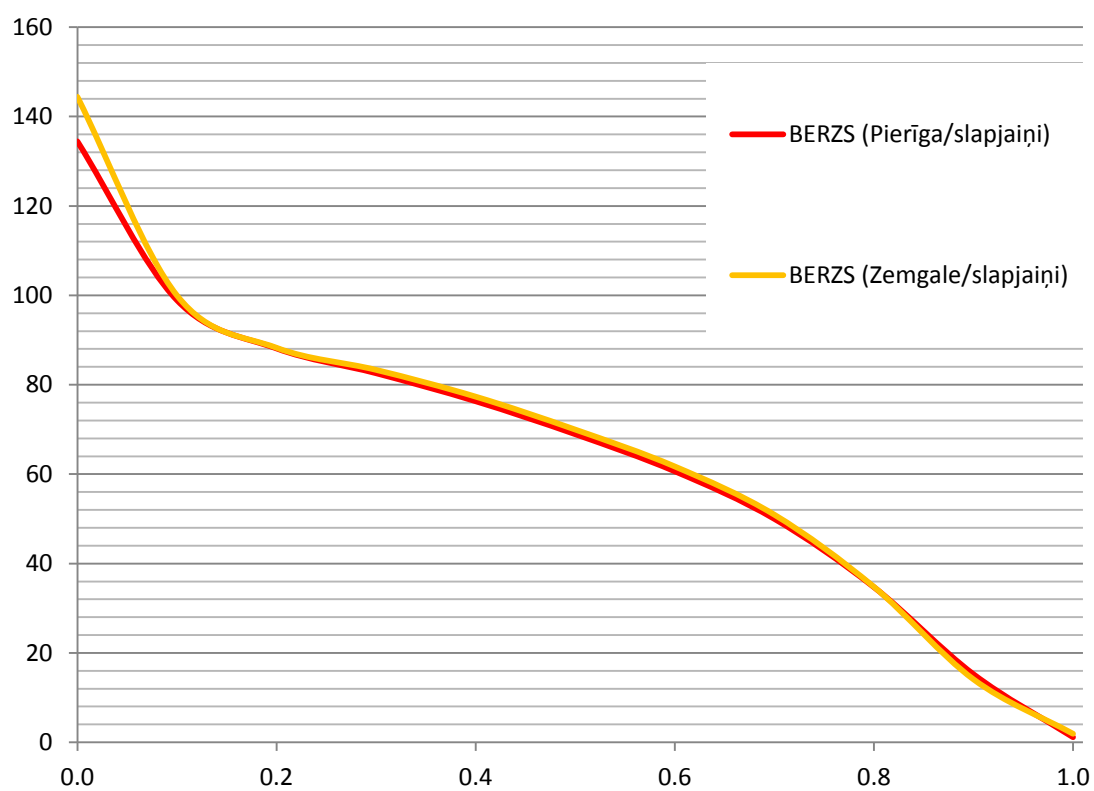
4.10.tabula

Bērza stumbra veidules koeficientu atšķirības sausieņu augšanas apstākļos Kurzemes, Pierīgas un Zemgales reģionos

Reģions	Relatīvais stumbra garums decimāldaļās										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Kurzeme	147. 15	98.9 3	86.6 3	81.9 6	75.8 8	67.9 0	59.0 5	48.4 8	33.7 8	14.9 1	1.86
Pierīga	138. 90	99.7 3	88.1 5	83.0 8	77.4 1	70.2 6	61.8 3	51.0 4	35.9 5	16.8 3	2.01
Vidzeme	145. 90	102. 32	89.6 5	85.7 9	80.9 5	72.9 9	63.4 5	54.3 3	45.5 2	33.0 5	7.93
Novirze, %	-0.85	3.43	3.49	4.67	6.68	7.49	7.45	12.0 6	34.7 8	121. 67	326. 56



4.13.attēls. Bērza stumbra veidules sausieņu meža augšanas apstākļu tipos



4.13.attēls. Bērza stumbra veidules slapjainu meža augšanas apstākļu tipos

Secinājumi

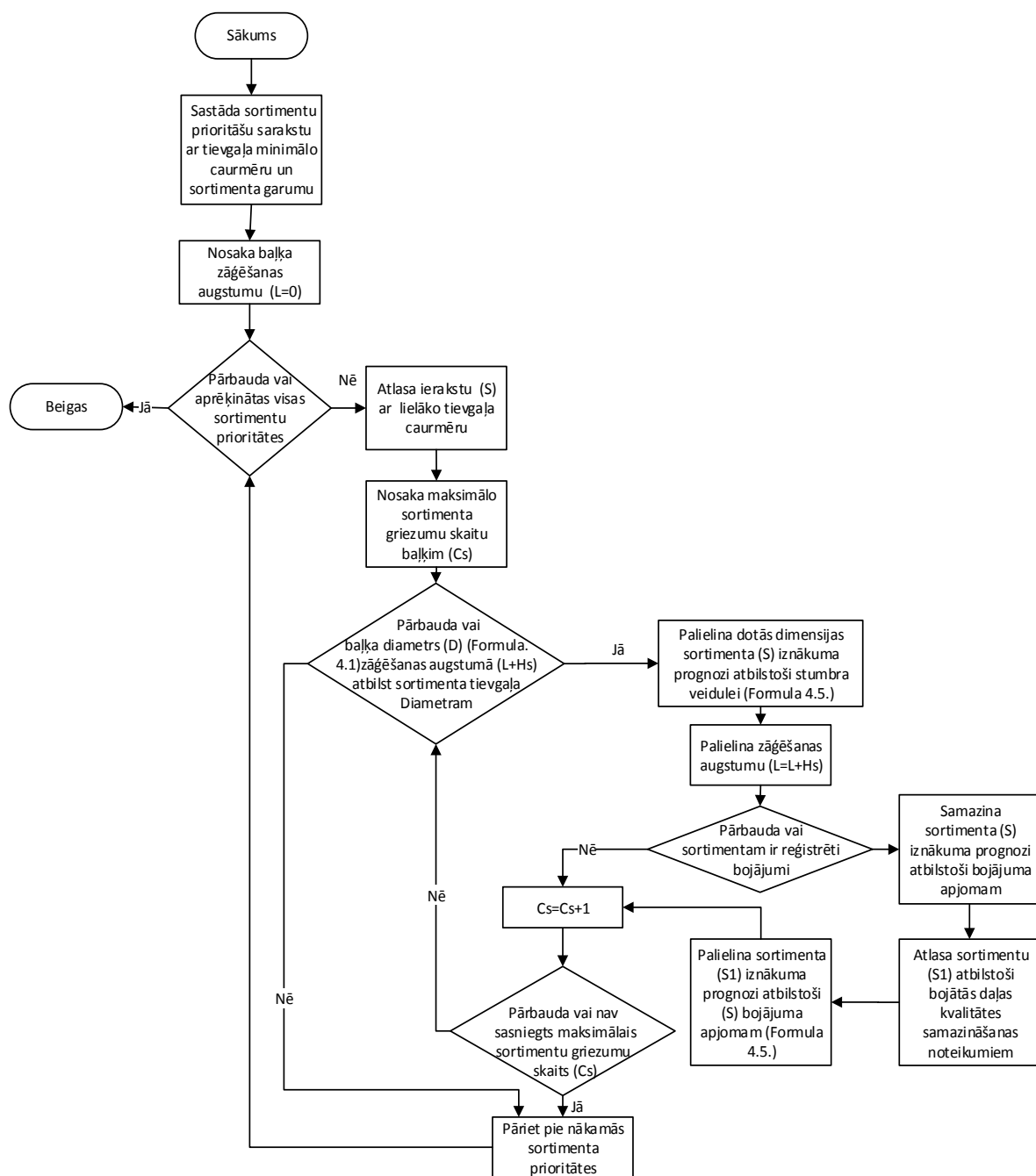
1. Profesora R.Ozoliņa izvirzītā hipotēze, ka pastāv ciešas sakarības starp koku stumbru veidulēm apstiprinājās. Tomēr nepieciešams turpināt pētījumus, lai pārbaudītu hipotēzi par fotorobota principu izmantošanu sastādot stumbru veidules vienādojums. Pētījumā tika konstatēts, ka pastāv augšanas apstākļu un reģionālā novietojuma ietekme. Šīs ietekmes pārbaudei nepieciešams palielināt uzmērīto koku skaitu un veikt dentālāku analīzi.
2. Pastāv būtiskas stumbra veiduļu atšķirības stumbra resgalī (0-10% no stumbra garuma) un stumbra galotnes daļās. Šādas atšķirības konstatētas visām koku sugām. Īpaši lielas atšķirības, līdz 10% tievgalī (60%-100% no stumbra garuma) konstatētas bērzam. Pētījuma starprezultāti izmantojami līdz šim lietoto stumbra veiduļu aizstāšanai.
3. Pastāv būtiska augšanas apstākļu ietekme uz koku stumbru veiduli. Veicot veiduļu salīdzināšanu starp edafiskajām rindām, tika konstatētas ciešas sakarības, lai gan tika novērotas nelielas veiduļu atšķirības. Statistiski lielākās atšķirības ir bērzam (vidēji 6.95% visam stumbram, 5.86% pirmajai pusei no stumbra) Priedei vidēji atšķirības ir 4.94%, pirmajā stumbra pusē 1.46%. Attiecīgi eglei vidējās atšķirības 3.86%, pusē stumbra garuma 3.08%, Tātad 3-7% caurmēra atšķirības lietderīgā sortimenta stumbra daļā, var atstāt būtisku ietekmi uz sortimentu iznākumu. Lielākas atšķirības ir novērojamas celma daļā 5-18% no stumbra diametra un vislielākās stumbra diametru svārstības ir stumbra galotnes daļā - pie 80-90% no stumbra garuma šīs atšķirības sastāda 10-44% no stumbra galotnes daļas diametra.
4. Starp dažādos reģionos augošiem kokiem pastāv veiduļu atšķirības. Konstatēts, ka reģionālajam novietojumam ir ietekme. Atšķirības konstatētas visām koku sugām celma (0-10) un galotnes (70-100) daļās. Priedei vidējā atšķirība visa stumbra garumā ir 14%, īpaši liela tā ir stumbra tievgalī (60-100). Bērza atšķirības veido 13%, lielas atšķirības konstatētas visā stumbra garumā. Lai arī eglei atšķirības konstatētas vismazākās, vidēji 7%, tomēr tās ir būtiskas praktiski visā stumbra garumā.
5. Tika konstatēts, ka līdzīgos augšanas apstākļos augušu koku veidules Kurzemes un Pierīgas reģionos skujkokiem ir līdzīgas, tomēr pastāv atšķirības priedei Zemgalē un eglei Vidzemē. Bērzam sausieņos augušu koku veidules dažādos reģionos ievērojami atšķiras, lai gan slapjajiem sakrīt. Lai noskaidrotu šīs sakarības, jāturpina veikt pētījumi par augšanas apstākļu un reģionālā novietojuma ietekmi uz stumbra veidulēm. Šobrīd pieejamais mērījumu datu apjoms ir nepietiekams aptverošu secinājumu veikšanai.

5. Vienādojumu un koeficientu noteikšanas algoritmu izstrāde faktiski saražojamā sortimentu iznākuma noteikšanai galvenajā cirtē un krājas kopšanas cirtē

Sortimentācijas algoritms veic stumbra vai vienādu parametru stumbru grupas sadalīšanu sortimentos. Ieejas informācija, kas nepieciešama algoritma realizācijai ir: suga, garums, diametrs 1.3 metru augstumā, veidules koeficienti (atbilstoši sugai), informācija par bojājumiem, sagatavojamo sortimentu tievgaļa caurmērs un garums. Bojājumu dati var tikt reģistrēti ar atšķirīgu detalizācijas pakāpi - procentuāli novērtējot katram sortimentam atbilstošo bojājumu pakāpi, vai raksturojot bojājumus katram stumbram individuāli. Atkarībā no izvēlētajā bojājuma aprakstīšanas metodes var tikt realizēti divi algoritmi

Sortimentācijas algoritms ar procentuālu bojājumu novērtēšanu:

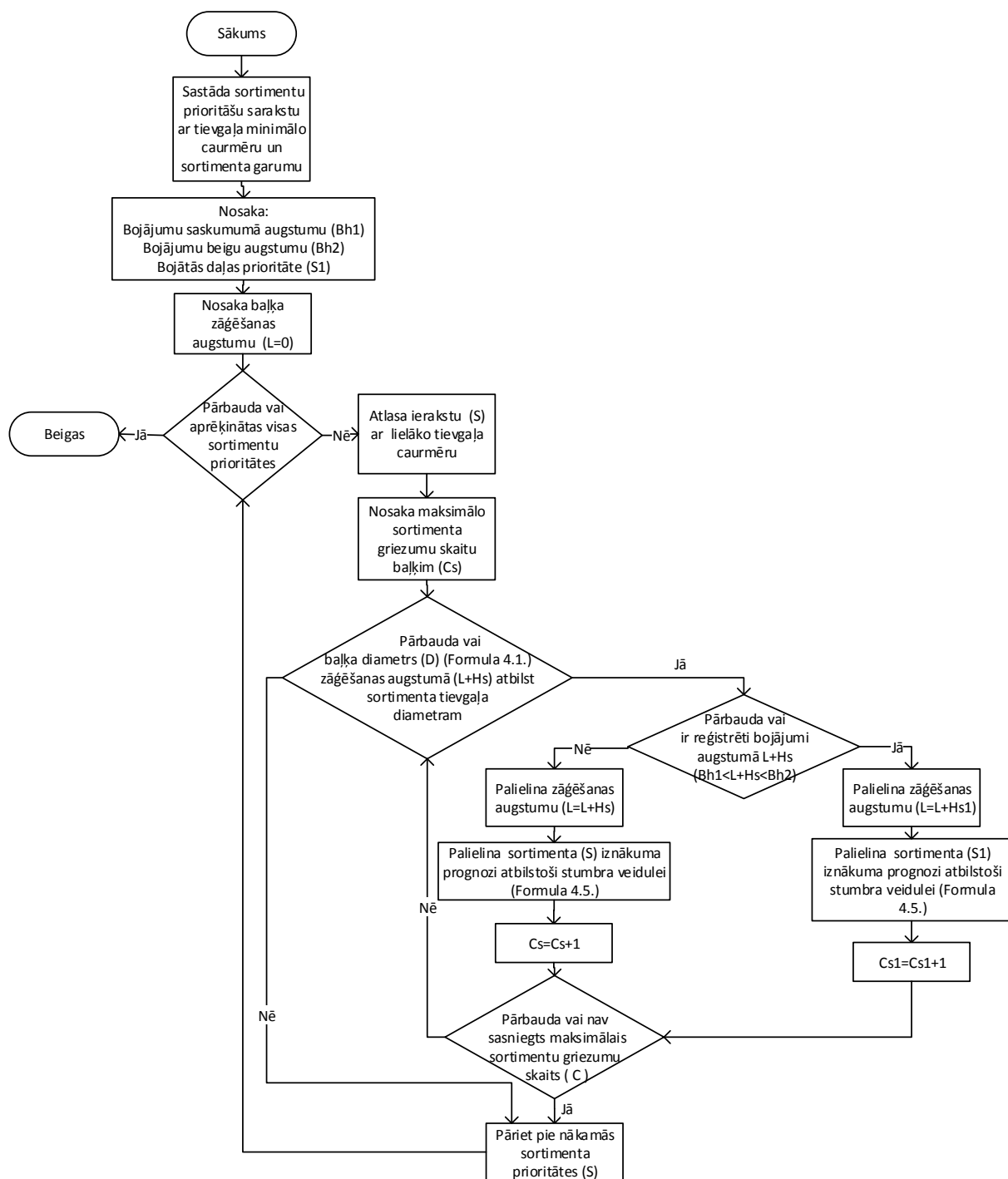
Algoritma ietvaros (attēls 5.1.), atbilstoši pieprasījumam, tiek sastādīta sortimentu tabula, kuras ieraksti sakārtoti prioritārā secībā pēc dimensijām. Šis saraksts tiek lietots iegūstamo sortimentu noteikšanai. Secīgi caurskatot sarakstu tiek aprēķināta iespējamība iegūt vajadzīgā izmēra nogriezni (sortimentu) un pozitīva rezultāta gadījumā tiek palielināta tā iznākuma prognoze, kā arī noteikta jauna baļķa zāģēšanas vieta. Vainu vērtēšana tiek realizēta pieskaitot daļu no bojātā sortimenta apjomu zemākas kvalitātes klases sortimentam.



5.1. attēls. Sortimentācijas algoritms ar procentuālu bojājumu novērtēšanu

Sortimentācijas algoritms ar bojājumu novērtēšanu katram stumbram:

Būtiskākā atšķirība šī algoritma realizācijā (attēls 5.2.) ir saistīta ar bojātās daļas aprakstu, kas tiek definēts katram baļķim atsevišķi un tiek analizēts sortimentācijas iznākuma noteikšanas procesā.



5.2. attēls. Sortimentācijas algoritms ar bojājumu novērtēšanu katram stumbram

Izmantoto apzīmējumu skaidrojums:

L - zāģēšanas augstums (m)

S - sortimenta prioritāte

$S1$ - alternatīvā sortimenta prioritāte

Hs - sortimenta S augstums (m)

Ds - sortimenta tievgaļa diametrs (cm)

Vs - sortimenta iznākuma prognoze (m³)

C_s - maksimālais nogriežņu skaits no viena baļķa sortimentam S (gab)

C_s - maksimālais nogriežņu skaits no viena baļķa sortimentam S_1 (gab)

B_s - bojājumu apjoms sortimentam S (%)

Diametra noteikšanai uz stumbra tiek lietotas šādas sakarības:

$$D(h, h_{max}, d, a_0..a_6) = \frac{P}{P} \frac{H_r}{H_{13}} \frac{h_{max}, h, a_0..a_6 * d}{h_{max}, a_0..a_6}, \text{ kur} \quad (5.1)$$

$$H_{13} h_{max} = \frac{1.3}{h_{max}} \quad (5.2)$$

$$H_r h_{max}, h = \frac{h}{h_{max}} \quad (5.3)$$

$$P x, a_0..a_6 = a_0 + x a_1 + x^2 a_2 + x^3 a_3 + x^4 a_4 + x^5 a_5 + x^6 a_6 \quad (4.4)$$

d - diametrs 1.3 (m) augstumā (m)

h - koka augstums

h_{max} - koka garums (m)

$a_0..a_6$ - polinoma koeficienti (atbilstoši sugai)

Tilpuma noteikšanai tiek lietota šāda sakarības:

$$V(h_0, h_1, h_{max}, d, a_0..a_6, st) = \frac{h_1}{n=h_0} \pi \frac{D(n, h_{max}, d, a_0..a_6) + D(n+st, h_{max}, d, a_0..a_6)}{400}^2, \quad (5.4)$$

kur

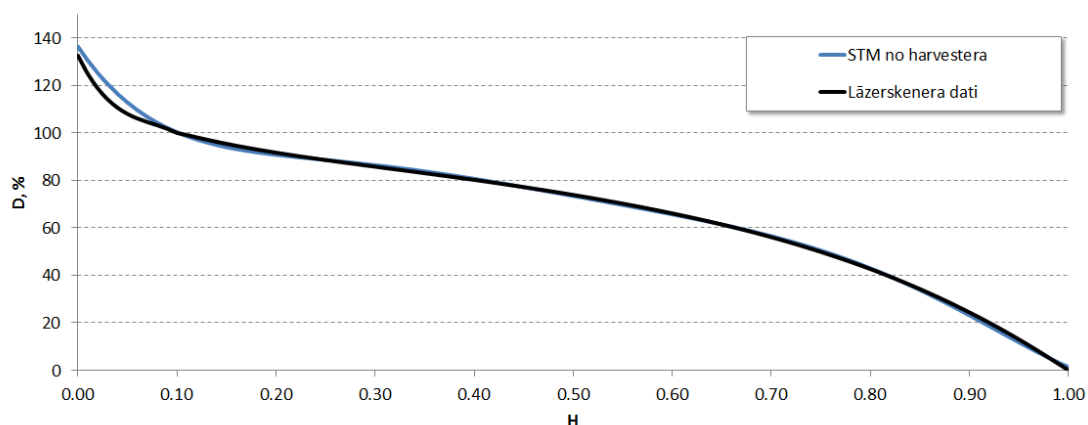
st - tilpuma aprēķināšanas solis

h_0 - nogriežņa (sortimenta) sākuma augstums

h_1 - nogriežņa (sortimenta) beigu augstums

6. Latvijas kokiem atbilstošu stumbra pirmā nogriežņa un galotnes daļas modelēšanas algoritmu tālākā izstrāde izmantošanai harvesteru programmās.

Mežizstrādē pielietojot harvesterus, augošu koku gāšanā, sagarumošanā koku stumbra prognozēšanai pielieto modeļus/algoritmus, kuri izstrādāti Skandināvijas apstākļiem (Räsänen, 2007). Līdz ar to ir novērojamas atšķirības īpaši lielāku dimensiju pirmā nogriežņa daļā (sk. 6.1.att.), kur harvesteri koku atspoguļo mazākas dimensijas, nekā tas ir patiesībā. Šādu situāciju ir iespējas skaidrot ar harvesteru uzmērīšanas sistēmu īpatnībām, kur atkarībā no ražotāja, kā arī galvas modeļa, mērījumi sākas pie ~1.2 m (harvesters koka caurmēru mēra ar augšējiem nažiem vai padeves veltņiem). Līdz ar to koka sadalījumu ar soli 10 cm aprēķina automātiski līdz šim attālumam. Lai panāktu precīzāku koksnes apjomu uzmērīšanu Latvijā būtu jāmeklē risinājumi jā pielāgot vai izmainīt algoritmus. Atskaites 4 punktā „No harvesteru mērījumu datiem iegūtu stumbra veidules vienādojumu precizēšana, ievērtējot celma un galotnes daļu parametrus 8 koku sugām” ir dotas stumbra veidules, kuras būtu izmantojamas Latvijas apstākļiem.



6.1.att. Datu salīdzināšana starp harvestera izveidoto STM failu un zemes lāzera skeneri

7. Metodikas tālākā izstrāde STM failu uzkrāšanai un izmantošanai stumbra veiduļu pamatošanai pa reģioniem

Mūsdienās mežistrādes darbu nodrošināšanai tiek lietotas dažādas modernās tehnoloģijas ar kuru palīdzību ir iespējams veikt precīzu plānošanu un uzdevumu izpildi. Ļoti svarīgs šo darbu etaps ir stumbra sagarumošana atbilstoši specificētajām saimnieciskajām prasībām. Cīsmās, kuru izstrāde tiek veikta, lietojot mežizstrādes vairākoperāciju pašgājēja mašīnas (Harvesterus), plānotā kokmateriālu sortimentācija un izvirzīto prasību kritēriji tiek norādīti īpašā sagarumošanas uzdevumā, kas tiek ievadīts mašīnas borta datorā (APT fails). Izstrādes darbu laikā Harvestera dators vadoties pēc sastādītā uzdevuma (sortimentu pieprasījuma) piedāvā stumbra sagarumošanas scenārijus operatoram, kā arī veic dažādu mērierīču datu apkopošanu un saglabāšanu. Pēc izstrādes darbu pabeigšanas no Harvestera datora ir iespējams izgūt datus, kas raksturo iegūto produkciju, kā arī detalizētu informāciju par katru nozāgēto koku (STM fails). Tieši informācija par individuāliem kokiem var tikt lietota dažādiem pētījumiem. Protams, harvesteram ir jābūt tehniski labā kārtībā un tā mērierīču darbībā nav pieļaujamas novirzes. Arī par datu lietojamību ir iespējams pārliecināties, analizējot harvestera datorā uzkrāto informāciju (KTR failu). Projekta ietvaros izvēlētie pakalpojuma sniedzēji sadarbībā ar pasūtītāju nodrošināja atbilstošu tehniku un tās darba kārtību, lai tiktu izslēgta kļūda datu ievākšanā.

Koka gāšanas un atzarošanas laikā stumbrs ar padeves veltņu palīdzību tiek izvilks cauri tehnoloģiskai galvai. Ik pēc desmit centimetriem, sākot mērīšanu no padeves veltņiem vai augšējiem nažiem, harvestera datorā tiek saglabāts mazākais sortimenta caurmēra mērījums. Tā kā harvestera tehnoloģiskā galva nevar veikt koka uzmērīšanu „0” punktā (t.i., griezuma vietā celma augstumā), tā stumbra caurmēra uzmērīšanu sāk aptuveni 90 cm attālumā no stumbra resgaļa griezuma (atkarībā no harvestera galvas modeļa). Stumbra garuma daļā no „0” līdz caurmēra uzmērīšanas sākuma vietai harvestera dators aprēķina pielietojot tā programmatūras veidotāja izstrādātos algoritmus. Ar biežāk izmantoto algoritmu aprakstiem ir iespējams iepazīties "Spp-file in StanForD" (Räsänen, 2007) publikācijā. Harvestera sagarumošanas vadības programma iegūto informāciju par stumbra caurmēru un nogriežņu garumiem apkopo pa sortimentiem un saglabā PRD failā.

Pētījumu veikšanai ir svarīgi saglabāt tālākai izmantošanai visas iepriekš aprakstītās informācijas vienības, kuras darba procesā var tikt uzkrātas, izmantojot harvestera borta datoru. STM failus dators izveido un uzglabā daļēji automātiski. Ja ir nepieciešams ievākt STM failus, tad dažām mežizstrādes mašīnām pirms cīsmas izstrādes uzsākšanas šī funkcija ir jāaktivizē.

7.1 Caurmēru datu saglabāšanas aktivizēšana dažādās mežistrādes mašīnu datorprogrammās

Dažādu mežizstrādes mašīnu ražotāju, pat viena ražotāja dažādiem modeļiem, programmatūras var būtiski atšķirties, tāpēc arī STM datu vākšanas aktivizēšana var izpausties dažādi.

Ponsse

Datorprogrammā Ponsse caurmēru datu saglabāšana „STM” failā ir aktīva pēc noklusējuma, un nekādas uzstādījumu izmaiņas veikt nav nepieciešamas. Lai būtu iespējams nošķirt marķētos kokus no pārējās cirsma, pirms marķēto koku izstrādes datorprogrammā ir jāizveido jauna cirsmas. Jaunizveidotās cirsma nosaukumu vēlams atstāt tādu pašu, kā pamatcirsmā, tikai nosaukuma beigās pieliekot „atstarpe” I. Pēc visu koku izstrādes un cirsma noslēgšanas ir nepieciešams aktivizēt jebkuru citu cirsmu, jo pie cirsmu maiņas datorprogramma piedāvā izveidot arhīvu, kurā tiek saglabāta visa informācija par konkrēto cirsmu. Kad cirsma arhīvs ir izveidots, tas ir pieejams, atverot adresi „C:\Program Files\OptiWin\OptiData\Archives”. To var nosūtīt uz e-pastu vai iekopēt zibatmiņā.

JohnDeereClass-D

Datorprogrammā John Deere Class-D jaunu cirsmu veidot nav nepieciešams, jo ir iespēja cirsmu sadalīt blokos. Lai „PRD” failā būtu iespējams nošķirt marķētos kokus no pārējās cirsma, pirms marķēto koku izstrādes datorprogrammā ir jāizveido jauns cirsma bloks. Lai to izdarītu, uzstādījumu režīmā ir jāizvēlas „Cirma ->Cirma->Pievienot bloku”. Dialogā ir jānorāda bloka nosaukums un jāapstiprina bloka izveide. Jaunizveidotais bloks automātiski tiek aktivizēts. Pēc jauna bloka izveides ir nepieciešams aktivizēt stubru caurmēra datu vākšanu. Lai to izdarītu, uzstādījumu režīmā ir jāizvēlas „Cirma->Faili->Stubru faili(*.stm)”. Stubru failu uzstādījumu dialogā jāizdara sekojošas izmaiņas:

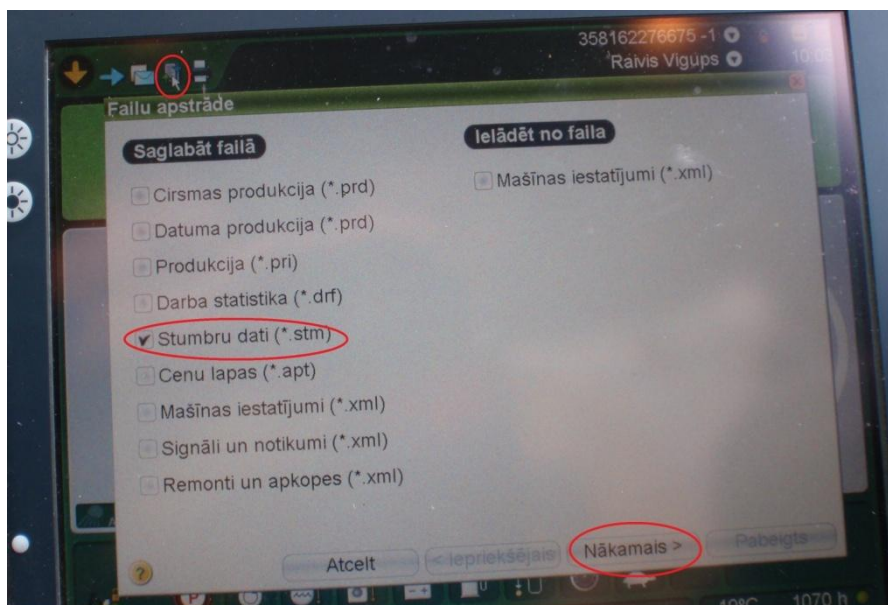
- Jāizvēlas „Vākt stubrus uz atsevišķiem failiem”.
- „Stubru faila sākšanas Nr.” jāievada „1”.
- „Stubra faila nosaukums” – jāievada vēlams „stm” faila nosaukums.
- Visām vēlām sugām „intervāls” jāievada „1”.

Kad visas izmaiņas ir izdarītas, jāizvēlas „Aizvērt”, un var sākt izstrādi. Kad marķētie koki ir izstrādāti, tad ir jāzaglabā bloka produkcijas fails. Lai to izdarītu, uzstādījumu režīmā ir jāizvēlas „Cirma ->Faili->Saglabāt produkciju (*.PRD)”. Dialogā ir jāizvēlas nepieciešamā cirmā (pēc noklusējuma piedāvās aktīvo cirsmu), ir jāizķeksē „Produkcijas fails (PRD) veselai cirmā” (pēc noklusējuma šis ķeksītis ir ieķeksēts), jāatzīmē tikai

interesējošais bloks un jāapstiprina faila izveide. Caurmēru datu faili (.STM) ir pieejami atverot adresi „C:\TIMBERMATIC FILES\Stm\” ,bet produkcijas fails (.PRD) ir pieejami atverot adresi „C:\TIMBERMATIC FILES\Prd\”, tos var nosūtīt uz e-pastu vai iekopēt zibatmiņā.

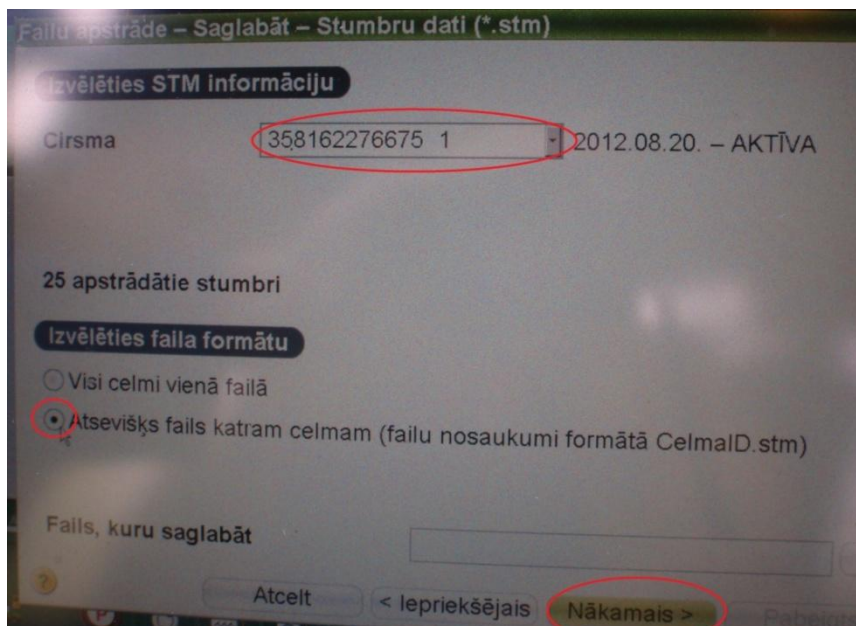
JohnDeereClass-E

Datorprogrammā John Deere Class-E, lai būtu iespējams nošķirt marķētos kokus no pārējiem kokiem cirsma, pirms marķēto koku izstrādes datorprogrammā ir jāizveido jaunas cirsmas ieraksts. Jaunizveidotās cirsmas nosaukumu vēlams atstāt tādu pašu, kā pamatcirsmā, tikai nosaukuma beigās pieliekot „atstarpe” 1 . Stumbra caurmēra datu vākšana ir aktīva pēc noklusējuma, bet to saglabāšana pēc izstrādes ir jāveic manuāli. Pēc marķēto koku izstrādes datorprogrammā ir jāatver „Failu apstrāde” sadaļa, kur jāatzīmē „Stumbru dati (*.STM)”(sk.7.1.att.) un jāizvēlas „Nākamais”.

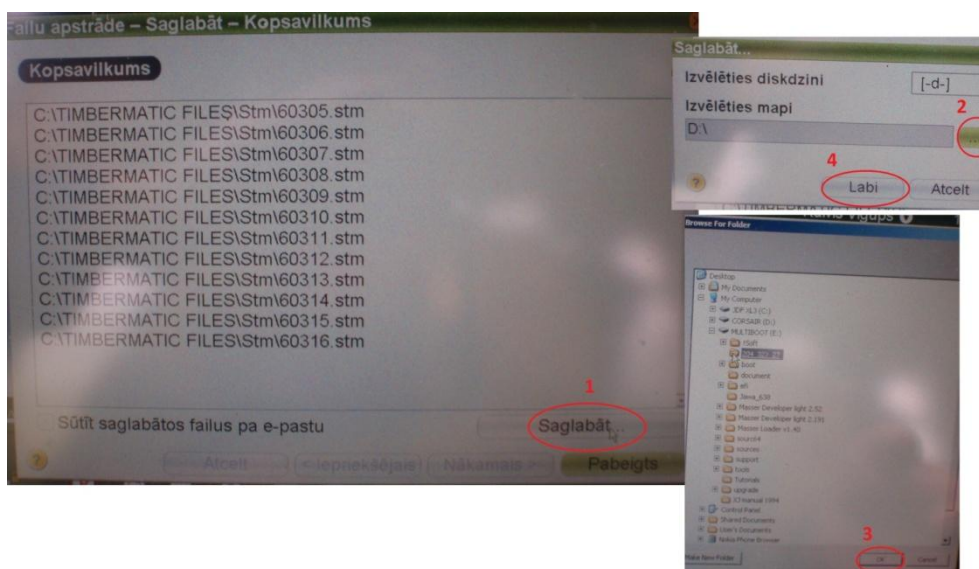


7.1.att. Stumbra dati. (M. Krūmiņš).

Logā „Failu apstrāde” jāatzīmē „Atsevišķs fails katram celmam...” (7.2.att) un jāizvēlas „Nākamais”, tad jānorāda „STM” failu saglabāšanas vieta, piemēram, zibatmiņa un jāizvēlas „Saglabāt” (7.3.att).



7.2.att. Atsevišķs fails katram celmam (M. Krūmiņš).



7.3.att. Failu saglabāšana (M. Krūmiņš).

Kad cirsmā noslēgta, tad uz zibatmiņu ir jāpārkopē produkcijas fails (.PRD), kurš pēc noslēgšanas ir saglabāts mapē „C:\TIMBERMATIC FILES\Prd”.

DASA4

Datorprogrammā DASA4, kura var būt uzstādīta uz Rottne un Gremo ražotām mežistrādes mašīnām, stumbru caurmēra datu vākšana var būt neaktīva. Lai būtu iespējams nošķirt marķētos kokus no pārējās cirsmas, pirms marķēto koku izstrādes datorprogrammā ir jāizveido jauna cirsmā. Jaunizveidotās cirsmas nosaukumu vēlams atstāt tādu pašu, kā pamatcirsmā, tikai nosaukuma beigās pieliekot „atstarpe” 1 (/). Caurmēra datu vākšanu var

aktivizēt, atverot „*Settings->Result-> Settings trunk profile*”, kur dialogā jāveic sekojošas izmaiņas:

- Jānorāda (.stm) faila nosaukuma sākums.
- Jānorāda (.stm) failu numerācijas sākums - „0” (lai sāktu .stm failu numerāciju ar 1).
- „*interval*” jānorāda „1”, lai veidotu .stm failu katram kokam.
- „*Auto storage*” jāatzīmē, lai ir „x” (savādāk faili netiek saglabāti).
- Pēdējais lauks var palikt tukšs.

Pēc visu koku izstrādes un cirsmas noslēgšanas, koku stumbru caurmēra dati ir pieejami, atverot adresi „C:\DASA4\User\Stm\”, bet produkcijas fails (.prd) ir pieejams, atverot adresi „C:\DASA4\User\Prd\”. Tos var nosūtīt uz e-pastu vai iekopēt zibatmiņā.

Valmet

Datorprogrammā Valmet pirms marķēto koku izstrādes ir jāizveido jauna cirsmā, lai būtu iespējams nošķirt marķētos kokus no pārējās cirsmas kokiem. Pirms darbu uzsākšanas ir jāpārbauda, vai ir aktivizēta stumbru caurmēra datu vākšana. Lai to izdarītu, ir jāatver „*Productions->Stemsorting*”, kur jāizdara sekojošas izmaiņas:

- „*Stemsortinginterval*” jānorāda „1”, lai veidotu (.stm) failu katram kokam.
- „*Prefixfor STM file*” jānorāda (.stm) faila nosaukuma sākums.
- „*Indexfor STM file*” „1”, lai sāktu (.stm) failu numerāciju ar 1.

Pēc visu koku izstrādes un cirsmas noslēgšanas ir jāizveido produkcijas fails, ko var izdarīt, atverot „*Productions-> Save prduction file-> Save PRD production file...-> PC*”. Koku stumbru caurmēra dati un produkcijas fails ir pieejami, atverot adresi „C:\data\”.

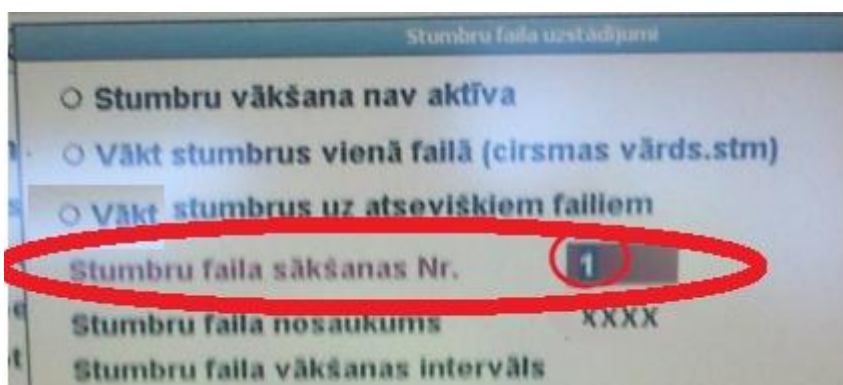
7.2 STM numerācijas pārbaude

Notiekot mežizstrādei, atsevišķu koku stumbru apstrādē operatori saprot, ja datorā „pārlec” STM numerācija (piemēram, apstrādājot stumbru ar dubultgalotni u.tml.). Tādēļ ik pēc 5 apstrādātiem kokiem ir jāsalīdzina operatora pieraksts ar koku skaitu datorā. Ik pēc 5 kokiem tas ir jādara tāpēc, lai kļūmes gadījumā varētu noteikt nobīdes rašanās iemeslus. Var arī dot operatoriem norādījumus, kuros gadījumos nedrīkst atsākt mērījumus jaunam kokam, ja vēl nav pabeigta kārtējā koka apstrāde.

John Deere

Pēc katra STM faila izveidošanas uz ekrāna parādās paziņojums: „*Fails xxx001.stm izveidots*”. Tad ir jāsalīdzina, vai operatora pierakstos numerācija sakrīt ar datora rādījumu. Paziņojums par faila izveidi citreiz pazūd. Tādā gadījumā ir jāatver „*Stumbra faila*”.

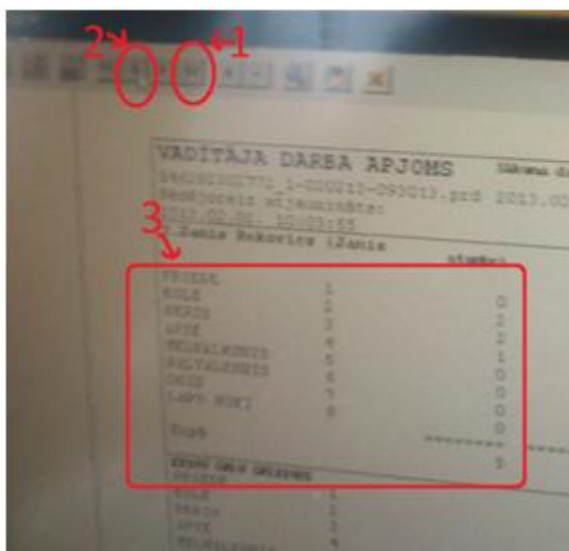
uzstādījumi” un laukā „Stumbru faila sākšanas Nr.”, tiek rādīts, kurš fails tiks izveidots nākamais (sk.7.4.att.).



7.4.att. Stumbru faila numerācija (M. Krūmiņš).

Ponsse

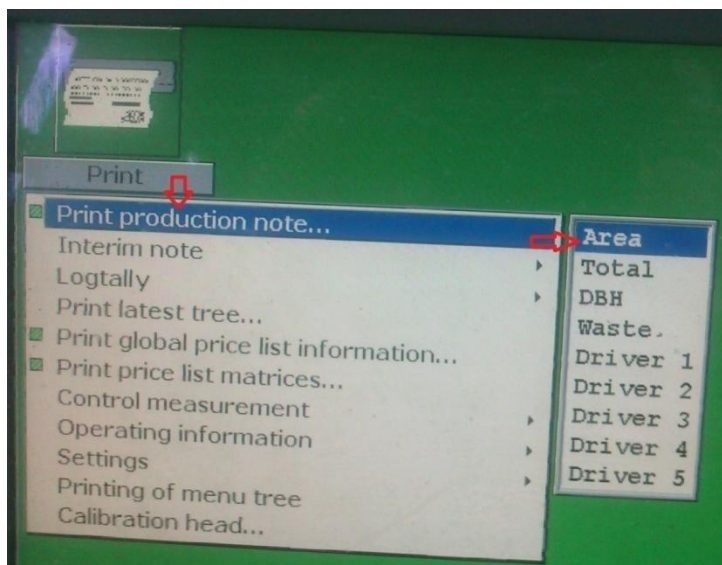
Jāatver sadaļa *Ziņošana->Ziņošana*. Atveras dažādi pārskati. Uz vajadzīgo var nonākt, nospiežot pogu „1” (bultiņa pa labi, ar svītriņu), tad pogu „2” (bultiņa pa kreisi). Ekrānā parādās attēlā (sk. 5.att.) redzamais pārskats. Pārskata pirmajā tabulā ir redzami līdz šim apstrādātie koki sadalījumā pa sugām. Ja operatoram liek tabulā piefiksēt arī koka sugu, tad nobīdi atrast ir vēl vieglāk (sk. 7.5.att.).



7.5.att. Stumbru faila numerācija (M. Krūmiņš).

Valmet 9.11

Vispirms jāatver cirsmas pārskats. To var izdarīt, atverot „Print” sadaļu, tad „Print production note...”, un tad nākamā izvēlne ir „Area”. Atvērsies pārskats, kurā varēs redzēt kopējo koku skaitu cirsma, tai skaitā pa sugām (sk. 7.6.att.).

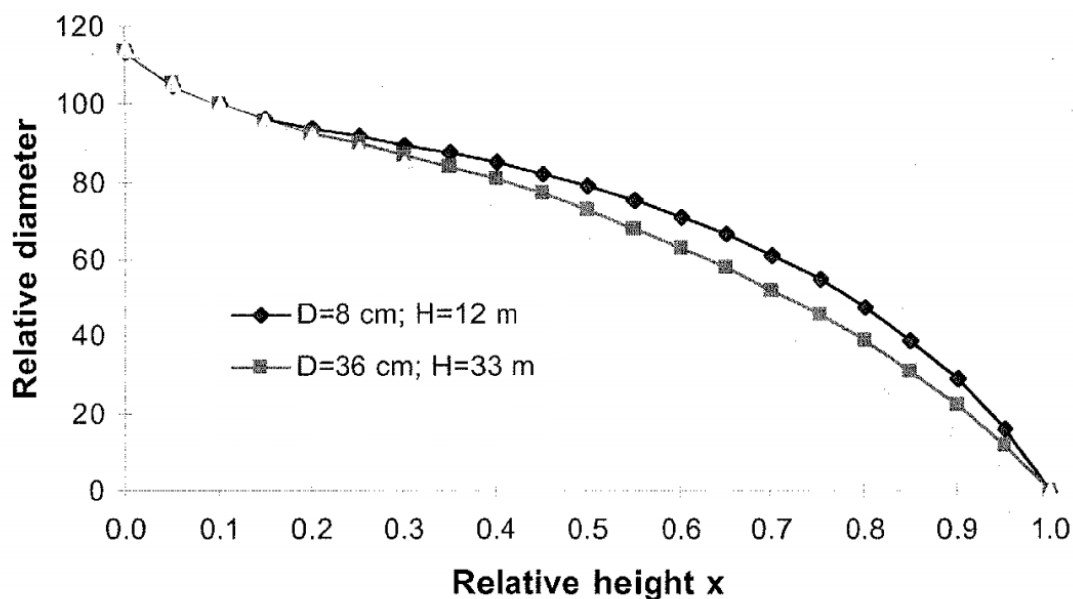


7.6.att. Stumbra faila numerācija (M.Krūmiņš).

8. Pielietot zemes lāzerskeneri līdz 20% no stumbra garuma, resgaļa koeficientu noteikšana un pielietošanas metodes izstrāde Latvijas apstākļiem

8.1. Metodika

Profesors Rūdolfs Ozoliņš, izstrādājot koku formu raksturojošo stumbra veidu vienādojumus, pieturējās pie fotorobota principu hipotēzes. Tas nozīmē, ka katrai koku sugai raksturīga statistiski līdzīga stumbra veidule neatkarīgi no koka vecuma un koka caurmēra, koka stumbra augstuma attiecībām. Citiem vārdiem sakot – pārrēķinot stumbru reālos dimensiju mērījumus relatīvos lielumos (relatīvais stumbra caurmērs atkarībā no relatīvā koka augstuma) un attēlojot iegūtos datus grafiski, dažādu vecumu kokus aprakstošajām līknēm būtu jābūt līdzīgām. Praksē pārbaudot aprakstīto hipotēzi R.Ozoliņš secināja, ka tomēr pastāv atšķirība starp relatīvajiem diametriem dažādu vecumu vienas sugas kokiem. kokiem (sk. 8.1.att).



8.1..att. Egles stumbra veidules izmaiņa atkarībā no koka dimensijām (Ozoliņš R., Mathematical form models...)

Attēlā redzams, ka egles stumbra veidules jaunākiem kokiem atšķiras no vidējās egles stumbra formas. Lai precīzi noteiktu nesakritību, profesors Rūdolfs Ozoliņš ieviesa perturbācijas faktora jēdzienu (Ozoliņš R., Mathematical form models...). Ar to tiek saprasts

koeficients, ar kura palīdzību relatīvie diametri var tikt pārrēķināti, pietuvinot tos vidējai koka stumbra veidulei (8.1.).

$$y = 1 + x^2 - 0.01 * (p * H - H_0 + q * (D - D_0)), \quad (8.1.)$$

kur y – perturbācijas koeficients

p un q – no koku sugas atkarīgi koeficienti

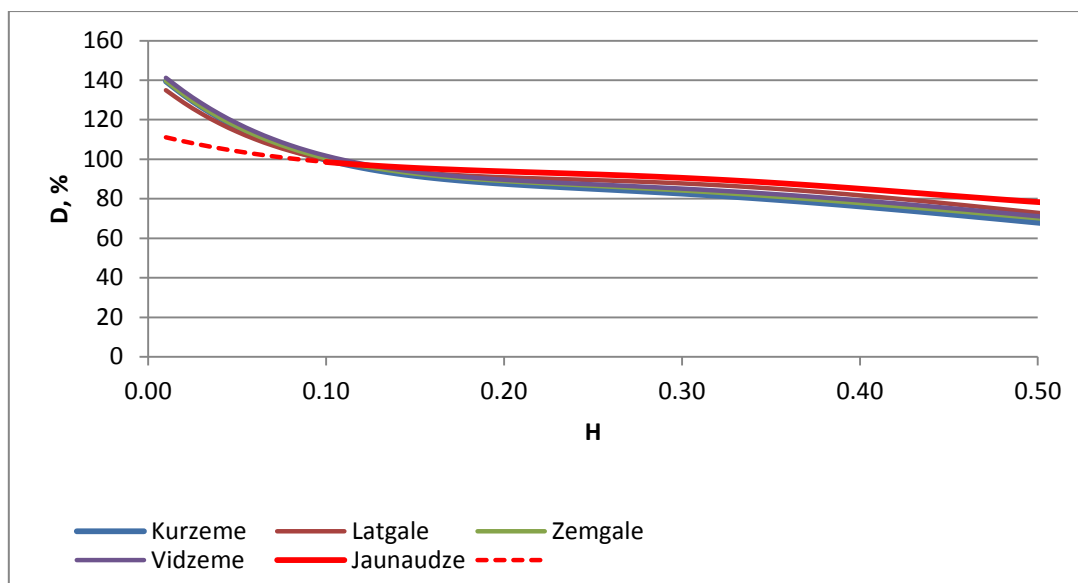
H_0 un D_0 – vidēja koka stumbra dimensijas

Lai pārliecinātos vai R.Ozoliņa piedāvātie koeficienti var tikt izmantoti darbam ar šī pētījuma gaitā izstrādātajām veidulēm, pēc gadījuma metodes tika izvēlēta viena koku suga – bērzs. Pētījumā izstrādātās bērza stumbra veidules tika sastādītas, par pamatu ņemot ciršanas vecumu sasniegušās audzēs esošus kokus. Tāpēc perturbācijas koeficienta pārbaudei bija nepieciešams esošo veiduli salīdzināt ar tādu, kas sastādīta no bērzu jaunaudzēs esošu koku mērījumiem. Lai saudzīgā veidā iegūtu veidulei nepieciešamos datus, tika izmantots 3D zemes lāzerskeneris.

Skenējumi tika veikti bērzu jaunaudzēs Skrīveru apkārtnē, kopumā iegūstot datus par 155 bērziem. Ņemot vērā jaunaudzes īpatnības, no skenera datiem par ticamiem var tikt uzskatīti mērījumi, kas apraksta koka stumbru posmā no 10 līdz 50% no tā augstuma. Datu kvalitāti par stumbru augstumā virs 50% negatīvi ietekmē koka zari, lapas un daļēji arī vēja ietekme, kas rada būtisku skenēto punktu izkliedi. Pētījuma gaitā tika konstatēts, ka, izmantojot lāzerskeneri, var tikt iegūti augstas precizitātes dati par koku apakšējām daļām un celmiem. Veicot skenēšanu jaunaudzēs, ir jāņem vērā tas, ka koku stumbru apakšējās daļas bieži vien ir blīvi nosegtas. Tas ir zemo krūmu un zem kokiem augošu zālaugu ietekmē. Līdz ar to, lai izvairītos no neprecizitātes, tika nolemts neņemt vērā mērījumu datus, kas ir par pirmajiem 10% no bērzu jaunaudzes koku stumbriem. Zinot, ka vidējais skenēto koku augstums ir ~10-12 metri, var secināt, ka netika ņemti vērā dati par stumbriem augstumā līdz 1 metram virs sakņu kakla.

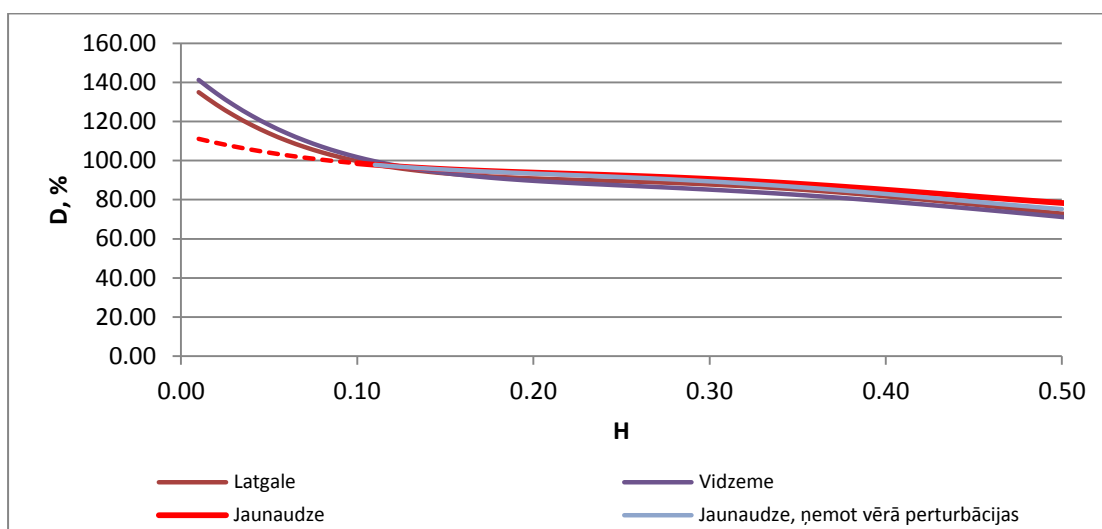
8.2. Rezultāti

Salīdzinot veiduli, kas iegūta no jaunaudzēs augošu bērzu skenējumiem (grafikā sarkanā krāsā), ar pārējām veidulēm pa reģioniem (sk.8.2.att), var secināt, ka visaugstākā sakritība ir ar veidulēm no Latgales un Vidzemes reģioniem. Tas arī ir loģiski pareizi, ņemot vērā, ka bērzu jaunaudzes tika skenētas Skrīveru apkārtnē. Grafikā ar sarkanas krāsas pārtrauktu līniju apzīmēta veidules daļa, kura, balsoties uz šajā nodaļā izklāstītajiem argumentiem, netiek ņemta vērā.



8.2.att. Bērza stumbra veidule no jaunaudzes datiem, salīdzinot ar pieaugušu koku veidulēm dažādos reģionos.

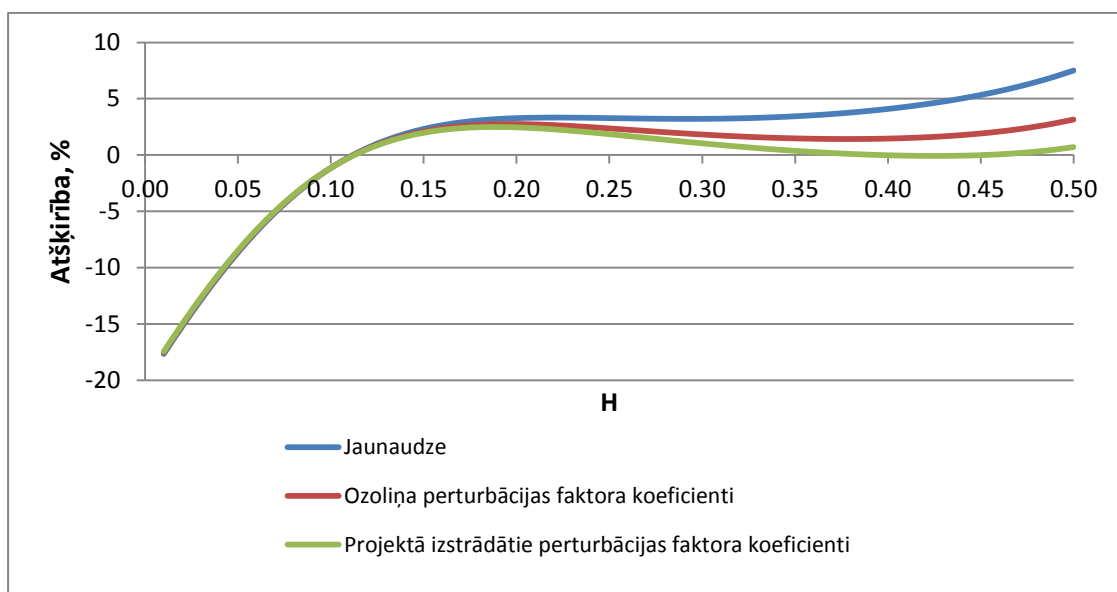
Attēlā 8.2. ir redzams, ka jaunāku koku stumbra forma atšķiras no pieaugušiem kokiem (vizuāli tā atrodas augstāk par vidējo koka stumbra veiduli). Lai novērtētu perturbācijas faktora ietekmi, izveidotā veidule no jaunaudzes bērzu datiem tika pārreķināta ņemot vērā vienādojumu (8.1.). Koeficientu p un q vērtības tika pieņemtas attiecīgi 0.0210 un 0.000, bet lielums $H_0 = 20$ (Ozoliņš R., Mathematical form models...). Koeficienta D_0 vērtība var netikt ņemta vērā, jo vienādojumā 8.1. tam ir piesaistītais reizinātājs $q = 0$. Pēc veidules pārreķināšanas vizuāli redzams, ka iegūtā veidule ir vairāk pietuvināta pieaugušu koku stumbru formai (sk. att. 8.3.).



8.3. Bērza stumbra veidule no jaunaudzes datiem un pārveidotā veidule, salīdzinot ar pieaugušu koku veidulēm dažādos reģionos

Aplūkotajai koku sugai koeficients H_0 jeb vidējais koka augstums ir 20 metri (no R.Ozoliņa publikācijas). Šajā pētījumā izstrādātās bērza veidules ir iegūtas izmantojot datus

par 670 kokiem, kuru vidējais augstums ir 24.52 metri. Šīs atšķirības dēļ tika veiktas modifikācijas vienādojumā 8.1, mainot koeficienta H_0 vērtību uz norādīto vidējo augstumu.



8.4. Jaunaudzēs augušu bērzu stumbru veidules salīdzinājumā ar pieaugušiem kokiem

Grafikā (sk. att.8.4.) ar zilas krāsas līkni norādītas atšķirības starp pētījuma gaitā izstrādāto bērza stumbra veiduli un no jaunaudzēs skenētiem kokiem iegūto. Nodaļas sākumā tika minēts, ka par ticamiem pieņemam datus ar relatīvo augstumu 10 līdz 50%. Līdz ar to var apgalvot, ka šajā apgabalā atšķirība starp veidulēm ir vidēji 3.53%. Savukārt, ja no jaunaudžu kokiem iegūto veiduli pārrēķina izmantojot R.Ozoliņa piedāvāto vienādojumu un tā koeficientus, tad šī starpība samazinās līdz 1.87%.

Labākais rezultāts (grafikā zaļa līkne) tika iegūts kā vidējo koka augstumu norādot pētījumā iegūto rezultātu – 24.52 metri. Šādā gadījumā aplūkotajā stumbra posmā atšķirība starp veidulēm ir tikai 0.938%.

9. Secinājumi

1. R.Ozoliņa izvirzītā hipotēze par to, ka koka stumbra relatīvie caurmēri ir atkarīgi no koka dimensijām (augstuma un krūšaugstuma caurmēra) tiek apstiprināta (vidēji 3.53% novirze aplūkotajā stumbra posmā, kas ir 10 līdz 50% no tā augstuma).
2. Modificējot R.Ozoliņa izstrādāto perturbācijas faktora vienādojumu, veiduļu pārveidi uz vidējās koka stumbra formas veiduli ir iespējams veikt daudz precīzāk (1.87% novirze, salīdzinot ar 0.93% izmantojot pārveidoto vienādojumu).
3. Resnākie sortimenti tiek sagatavoti vidēji par 20.5% mazāk, bet tievākie par 17.4% vairāk nekā ideālā sadalījuma gadījumā.
4. Starp dažādos reģionos augošiem kokiem pastāv veiduļu atšķirības. Konstatēts, ka reģionālajam novietojumam ir ietekme. Atšķirības konstatētas visām koku sugām celma (0-10) un galotnes (70-100) daļās. Priedei vidējā atšķirība visa stumbra garumā ir 14%, īpaši liela tā ir stumbra tievgalī (60-100). Bērza atšķirības veido 13%, lielas atšķirības konstatētas visā stumbra garumā. Lai arī eglei atšķirības konstatētas vismazākās, vidēji 7%, tomēr tās ir būtiskas praktiski visā stumbra garumā.
5. Pastāv būtiskas stumbra veiduļu atšķirības stumbra resgalī (0-10% no stumbra garuma) un stumbra galotnes daļās. Šādas atšķirības konstatētas visām koku sugām. Īpaši lielas atšķirības, līdz 10% tievgalī (60%-100% no stumbra garuma) konstatētas bērzam. Pētījuma starprezultāti izmantojami līdz šim lietoto stumbra veiduļu aizstāšanai.

10. Izmantotā literatūra

1. Dubrovskis D., Sarmulis Z., Daģis S., Lazdiņš A., Lazdāns V., Zimelis A., Šmits I. (2011) Koku stumbra formas un sortimentu iznākuma prognožu noteikšanas, pētījumu programmas izstrāde. Pieejams: http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie_petijumi/jaunami/?doc=13194. 15. Novembris 2013.
2. Räsänen T., Poikela A., Arlinger J. (2007) Spp-file in StanForD. Pieejams: <http://www.skogforsk.se/en/About-skogforsk/Collaboration-groups/StanForD/Standard-Documents/>. 15. Novembris 2013. (Angliski)
3. Ozoliņš. R. Mathematical form model of tree trunks [tiešsaiste] [skatīts 13.09.2013]. Pieejams http://nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_nc212/gtr_nc212_399.pdf