



NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

STARPATSKAITE
PĒTNIECĪBAS PROJEKTAM

**AUTOMATIZĒTO UZMĒRĪŠANAS
IERĪČU UN HARVESTERA
PROGRAMMATŪRĀ IETVERTO MIZAS
VIENĀDOJUMU IZPĒTE**

Projekta numurs: 1.2.1.1/18/A/004_P8

Starpatskaiti sagatavoja: Mareks Millers

2020. gada jūnijs

Saturs

Ievads	3
1. Metodika apaļo kokmateriālu mizas biezuma novērtēšanai mežā	4
2. Metodika tilpuma noteikšanas precizitātes novērtēšanai	12
3. Priedes, egles un bērza mizas dubultbiezuma izvērtējums	16
3.1. Priedes mizas dubultbiezuma izvērtējums	16
3.2. Egles mizas dubultbiezuma izvērtējums	24
3.3. Bērza mizas dubultbiezuma un koksnes īpatsvara koeficienta izvērtējums	28
Secinājumi.....	33
Izmantoto informācijas avotu saraksts.....	34

Ievads

Apaļo kokmateriālu caurmērus parasti mēra ar mizu, bet koksnes apjoma aprēķinā meža inventarizācijā, apaļo kokmateriālu tirgū un ciršanas optimizācijas algoritmos parasti pieņem caurmēru bez mizas, kuram ir lielāka ekonomiskā nozīme. Šādiem gadījumiem daudzām koku sugām ir izstrādāti un pielāgoti vietējie vai reģionālie algoritmi mizas biezuma un tilpuma novērtēšanai. Mizas biezumu var aprēķināt ar dažādiem vienādojumiem kā funkciju no caurmēra ar mizu. Šādos gadījumos nepieciešami akurāti un precīzi uzmērīti faktiskie caurmēri ar mizu un atbilstoši mizas reducēšanas algoritmi. Neprecīza caurmēra bez mizas prognozēšanas dēļ rodas kļūdas tilpuma aprēķinos.

Viensatvēriena harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas ierīcēm nepieciešami precīzi mizas biezuma aprēķini, lai pārietu no caurmēra ar mizu uz caurmēra bez mizas, kas uzlabo apaļo kokmateriālu šķirošanu un tilpuma noteikšanas precizitāti.

Šobrīd Latvijā lielākoties izmanto pielāgotus mizas reducēšanas algoritmus gan harvesteros, gan automatizētās uzmērīšanas ierīcēs, tādēļ tiek īstenots pētījuma projekts "Automatizēto uzmērīšanas ierīču un harvestera programmatūrā ietvertu mizas vienādojumu izpēte", kura mērķis ir izvērtēt esošos un projekta ietvaros izstrādātos mizas reducēšanas algoritmus, novērtēt to ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti un izstrādāt nepieciešamās korekcijas.

1. Metodika apaļu kokmateriālu mizas biezuma novērtēšanai mežā

Tiks pētītas galvenās Latvijā komerciāli izmantojamās koku sugas – priede, egles, bērzs, melnalksnis, apse, baltalksnis, ozols un osis. Lai novērtu mizas biezuma mainību paredzēts izvērtēt sekojošus ietekmējošos faktorus:

1. koku suga;
2. cirtes veids;
3. krūšaugstuma caurmērs;
4. vieta stumbrā;
5. apaļu kokmateriālu caurmērs;
6. bonitātes klase;
7. augšanas reģions.

Apaļu kokmateriālu caurmērs un koku suga ir galvenie kritēriji, kurus izmanto tilpuma un cenas noteikšanai. Dažāda vecuma audzēs pie dažādiem augšanas apstākļiem apaļiem kokmateriāliem var būt līdzīgs caurmērs un atšķirīgs mizas biezums, tādēļ ņemot vērā vecuma ietekmi, parauglaukumi tiks izveidoti gan galvenās cirtes, gan starpcirtes audzēs.

Priedei, ierīkojot parauglaukumus, plānots atsevišķi izdalīt 1. krājas kopšanas cirti, 2. krājas kopšanas cirti un galveno cirti. Eglei un bērzam tiks izdalīta kopšanas cirte un galvenā cirte, bet melnalksnim, apsei, baltalksnim, ozolam un osim parauglaukumi tiks ierīkoti tikai galvenajā cirtē.

Pētījuma gaitā ir paredzēts noskaidrot, vai mizas biezuma rādītājus priedei, eglei un bērzam ietekmē augšanas reģions. Lai novērtētu šī faktora būtiskumu Latvija tiks sadalīta rietumu (Kurzeme un Zemgale) un austrumu (Vidzeme un Latgale) reģionos (skat. 1.1. att.). Dati tiks ievākti izvēlētajiem reģioniem vienmērīgā izvietojumā visā Latvijas teritorijā. Iekārtojot parauglaukumus abās Latvijas daļās ar līdzīgiem augšanas apstākļiem, tiks nodrošināts pētījumu atkārtojums un reģionu ietekmes salīdzinājums. Melnalksnim, apsei, baltalksnim, ozolam un osim augšanas reģions netiks izdalīts.



1.1. att. Latvijas teritorijas dalījums rietumu un austrumu reģionos.

Priedei atsevišķi papildus paredzēts izdalīt arī piejūras zemi. Piejūras zeme ir dabas apgabals Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastē. Zeme stiepjas gar visu Latvijas piekrastes joslu 2—20 km platumā gar līča krastu un 6—25 km platumā gar jūras krastu no Igaunijas līdz Lietuvai (skat. 1.2. att.). Par piejūras zemes iekšējo (sauszemes) robežu uzskata Baltijas ledus ezera augstākās stadijas krasta līniju. Atsevišķos posmos šī līnija skaidri iezīmējas ar seno krastu kraujām un krastu vaļņiem, citur tā nemanāmi saplūst ar reljefu.



1.2. att. Latvijas fizioģeogrāfiskie rajoni (piejūras zeme).

Lai novērtētu meža augšanas apstākļu ietekmi uz mizas biezuma rādītājiem, pēc VMD statistikas datiem tika atlasīti visplašāk pārstāvētie meža augšanas apstākļu tipi katrai koku sugai, kurus iespējams sasaistīt ar bonitātes klasēm (skat. 1.1. tab.).

1.1. tabula

Bonitātes klasēm atbilstošie MAAT pa koku sugām

Koku suga	Bonitātes klase	MAAT
Priede	Ia - I	Dm, As, Ks
	II	Ln
	III - IV	Mr, Dms, Nd
Egle	Ia - I	Dm, Vr, As, Ap
	II - III	Dms
Bērzs	Ia - I	Dm, Vr, As, Ap, Ks, Kp
	II - III	Dms, Vrs
Melnalksnis	Ia - III	Vrs, Db, Lk, Ap, Kp
Apse	Ia - I	Dm, Vr, Gr, Ap
Baltalksnis	Ia - III	Dm, Vr, Gr, Vrs, Ap
Ozols	Ia - I	Dm, Vr, Gr,
Osis	Ia - I	Vr, Gr, Ap

Pie katras bonitātes klases katrai koku sugai tiek izvēlēti plašāk pārstāvētie meža augšanas apstākļu tipi pēc Valsts meža dienesta 2018. gada statistikas. Izvēloties meža augšanas apstākļu tipus, tika vērtēts vai konkrētais tips sastāda vismaz 5% no kopējā apjoma un izvēlēto tipu grupa katrai koku sugai sastāda vismaz 80% no kopējā apjoma (skat. 1.2. tab.).

1.2. tabula

Koku sugu sadalījums pa MAAT

MAAT	Rādītājs	Koku suga							
		1 P	3 E	4 B	6 Ma	8 A	9 Ba	10 Oz	11 Os
2 Mr	Apj.(m ³)	20043296	49220	77715	2199	1530	1851	87	670
	Apj.(%)	8,34	0,05	0,05	0,01	0	0,01	0	0,02
3 Ln	Apj.(m ³)	44238747	718496	583796	4553	25074	44122	13469	214
	Apj.(%)	18,4	0,67	0,38	0,02	0,07	0,15	0,56	0,01
4 Dm	Apj.(m ³)	71136239	30131045	27185334	97880	3730496	1802685	489597	86796
	Apj.(%)	29,59	27,94	17,47	0,53	10,37	5,94	20,33	2,25
5 Vr	Apj.(m ³)	879414	37215976	37488434	587480	20141089	18777657	1256889	1105903
	Apj.(%)	0,37	34,51	24,09	3,18	55,97	61,91	52,2	28,64
6 Gr	Apj.(m ³)	42666	2881793	4392370	236031	3865941	1839622	529884	1617258
	Apj.(%)	0,02	2,67	2,82	1,28	10,74	6,07	22	41,88
9 Dms	Apj.(m ³)	12947060	6359818	8700079	527318	682938	346747	6925	15162
	Apj.(%)	5,38	5,9	5,59	2,85	1,9	1,14	0,29	0,39
10 Vrs	Apj.(m ³)	165662	3899779	9278102	2501121	1620756	2496215	22962	130189
	Apj.(%)	0,07	3,62	5,96	13,53	4,5	8,23	0,95	3,37
14 Nd	Apj.(m ³)	13634228	1572459	8306118	212607	52346	24447	627	1951
	Apj.(%)	5,67	1,46	5,34	1,15	0,15	0,08	0,03	0,05
15 Db	Apj.(m ³)	149149	1037519	8597532	5885622	131690	217500	321	47078
	Apj.(%)	0,06	0,96	5,53	31,85	0,37	0,72	0,01	1,22
16 Lk	Apj.(m ³)	3813	66509	416760	958096	10088	38892	40	15169
	Apj.(%)	0	0,06	0,27	5,18	0,03	0,13	0	0,39
19 As	Apj.(m ³)	19346570	9741673	11910744	296857	1324013	715117	21700	13606
	Apj.(%)	8,05	9,03	7,65	1,61	3,68	2,36	0,9	0,35
21 Ap	Apj.(m ³)	205711	5399771	12157162	2217725	3098833	3227049	57259	460490
	Apj.(%)	0,09	5,01	7,81	12	8,61	10,64	2,38	11,92
24 Ks	Apj.(m ³)	15883610	4831989	12039455	236980	289393	94320	1348	7284
	Apj.(%)	6,61	4,48	7,74	1,28	0,8	0,31	0,06	0,19
25 Kp	Apj.(m ³)	185185	2912847	11530485	3938606	550329	403874	1687	129037
	Apj.(%)	0,08	2,7	7,41	21,31	1,53	1,33	0,07	3,34

Lai iegūtu atbilstošus mizas biezuma rādītājus, viens no metodikas uzdevumiem ir noteikt vajadzīgo apaļo kokmateriālu skaitu no dažādām stumbra daļām, lai novērtētu mizas biezuma izmaiņas stumbra garumā gan starpcirtē, gan galvenajā cirtē. Pie atbilstoša mērījuma apjoma katrā parauglaukumā (cīsmā) un reģionā ir iespējams novērtēt esošos mizas biezuma vienādojumus un nepieciešamības gadījumā izstrādāt jaunus precīzākus mizas biezuma prognozēšanas vienādojumus. Parauglaukumā nepieciešamo apaļo kokmateriālu skaitu n katrai koku sugai pa cirtes veidiem un stumbra daļām aprēķina pēc formulas:

$$n = \frac{t_{\alpha;\infty}^2 s\% ^2}{\Delta_{\bar{x}} \% ^2}, \quad (1.1.)$$

kur:

$t_{\alpha;\infty}$ - t-kritērija kritiskā vērtība atbilstoši būtiskuma līmenim α un brīvības pakāpju skaitam ∞ (1,96);

$\Delta_{\bar{x}}$ - robežklūda, %;

$s\%$ - variācijas koeficients:

$$s\% = \frac{100s}{\bar{x}}, \quad (1.2.)$$

kur:

s – standartnovirze mērītās vienībās;

$\bar{x}$ – paraugkopas vidējais aritmētiskais mērītās vienībās.

Formulā robežklūda nosaka, cik lielā mērā paraugkopas vidējais aritmētiskais $\bar{x}$ drīkst atšķirties no ģenerālkopas aritmētiskā vidējā μ . Plānojot n , robežklūdu nosaka pētījuma pasūtītājs.

Pirms pētījuma standartnovirzes s un variācijas koeficienta $s\%$ precīzas vērtības nav zināmas. Tās jāiegūst no zinātniskās literatūras vai pilotpētījuma rezultātā. Šajā gadījumā šie rādītāji iegūti no ERAF finansēta pētījuma projekta „Apaļo kokmateriālu tilpuma individuālās uzmērīšanas metožu precizitātes ietekmējošo faktoru un optimizācijas iespēju izpēte” (P13), kurš īstenots SIA „MNKC” un VA “LIAA” 08.04.2011. noslēgtā līguma Nr. L-KC-11-0004 “Meža Nozares Kompetences centrs” ietvaros.

Balstoties uz iepriekšminētā pētījuma projekta mizas biezuma izkliedes rādītājiem (standartnovirze un variācijas koeficients), ir aprēķināts paraugkopas minimālais apjoms vienā cīsmā, ievērtējot koku sugu, cirtes veidu, vietu stumbrā un iespējami pieļaujamo robežklūdu (skat. 1.3. tab.). Šajā gadījumā ieteicamā pieļaujamā robežklūda būtu 10 – 15 % (uz 10 mm biezas mizas pieļaujamā klūda 1 – 1,5 mm).

1.3. tabula

Apaļo kokmateriālu skaits parauglaukumā (cīrsmā)

Koku suga	Cirtes veids	Vieta stumbrā	Vidējais mizas dubultbiezums, mm	Standartnovirze	Variācijas koeficients	Skaits, gab. pie noteiktas robežklūdas			
						$\Delta x=5\%$	$\Delta x=10\%$	$\Delta x=15\%$	$\Delta x=20\%$
Priede	Starpcirte	Resgalis	11,0	2,2	20	61	15	7	4
		Vidusdaļa	4,5	1,1	24	89	22	10	6
		Galotnes daļa	4,1	0,8	20	61	15	7	4
	Galvenā cirte	Resgalis	18,5	6,9	37	210	53	23	13
		Vidusdaļa	7,7	4,4	57	499	125	55	31
		Galotnes daļa	5,6	1,8	32	157	39	17	10
Egle	Starpcirte	Resgalis	8,2	2,5	30	138	35	15	9
		Vidusdaļa	8,1	2,3	28	120	30	13	8
		Galotnes daļa	7,2	1,2	17	44	11	5	3
	Galvenā cirte	Resgalis	10,9	4,1	38	222	55	25	14
		Vidusdaļa	10,1	3,3	33	167	42	19	10
		Galotnes daļa	8,2	1,5	18	50	12	6	3
Bērzs	Starpcirte	Resgalis	11,7	2,1	18	50	12	6	3
		Vidusdaļa	9,4	2,0	21	68	17	8	4
		Galotnes daļa	8,0	1,9	24	89	22	10	6
	Galvenā cirte	Resgalis	16,2	3,4	21	68	17	8	4
		Vidusdaļa	14,2	3,9	27	112	28	12	7
		Galotnes daļa	13,4	3,5	26	104	26	12	6
Melnalksnis, apse, baltalksnis, ozols, osis	Galvenā cirte	Resgalis	15,8	3,5	22	74	19	8	5
		Vidusdaļa	14,1	3,3	23	81	20	9	5
		Galotnes daļa	12,5	2,5	20	61	15	7	4

Bez paraugkopas minimālā apjoma vienā cirsmā tiek novērtēts arī kopējais cirsmu (parauglaukumu) skaits, ievērtējot koku sugu, cirtes veidu, bonitātes klasi, augšanas reģionu un atkārtojumu skaits (skat. 1.4. tab.).

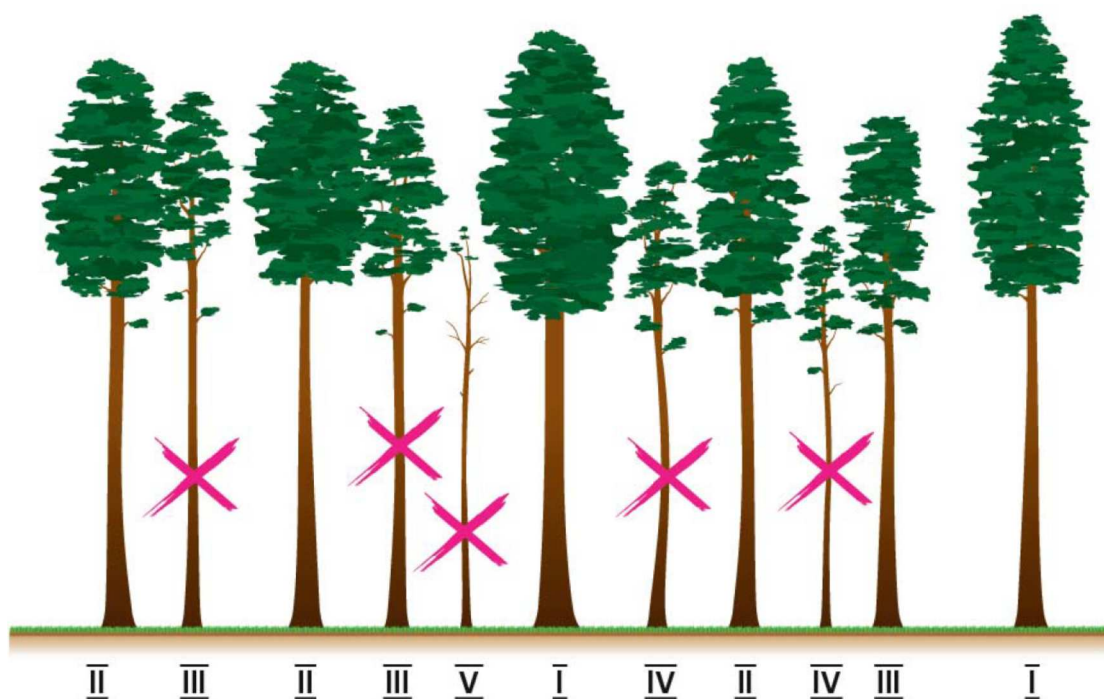
1.4. tabula

Parauglaukumu skaits pa koku sugām

Koku suga	Cirtes veidi	Bonitātes klases intervāli	Reģioni	Atkārtojumi	Parauglaukumu skaits, gab.
Priede	3	3	3	3	81
Egle	2	2	2	5	40
Bērzs	2	2	2	5	40
Melnalksnis	1	1	---	10	10
Apse	1	1	---	10	10
Baltalksnis	1	1	---	10	10
Ozols	1	1	---	10	10
Osis	1	1	---	10	10

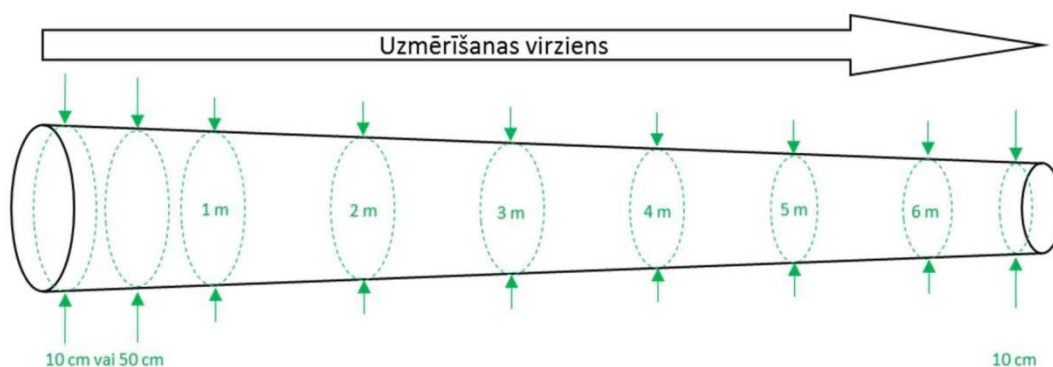
Galvenajā cirtē parauglaukumu iekārto vienā hārvestera izstrādes slejā, kas vislabāk reprezentē visu audzi, un pētāmās koku sugas koku skaits tajā nebūtu mazāks par 100. Nepieciešamības gadījumā koki tiek iezīmēti vairākās slejās. Paraugkoku izvēli iespējams uzsākt tikai pēc visu koku apsekošanas parauglaukumā. Katru atbilstošās koku sugas koku parauglaukumā numurē. Tāpat katram kokam ar dastmēru uzmēra caurmēru krūšu augstumā (pie 1,3 metriem). Pēc tam datus apkopo pa caurmēra grupām ar soli 4 cm. Ierīkotajā parauglaukumā ar noteiktu soli pēc vienmērīga izvietojuma principa izvēlas nepieciešamo koku skaitu, no kuriem tiks sagatavoti apaļie kokmateriāli. Paraugkokus sadala proporcionāli koku skaita sadalījumam caurmēra grupās. Paraugkoki jāizvēlas taisni, simetriski (apaļi), bez redzamām stumbra formas vainām.

Krājas kopšanas cirtēs parauglaukumus izvieto līdzīgi kā galvenā cirtē. Jāņem vērā mežizstrādes norādījumos norādītais kopšanas cirtes izstrāde paņēmieni. Krājas kopšanas cirtē paraugkoki tiek izvēlēti un apaļie kokmateriāli sagatavoti pēc darba uzdevumā atbilstošām caurmēru grupām (no 6 cm līdz ≥ 28 cm). Šajā gadījumā jāievērtē ražošanas apstākļi, kā rezultātā nav iespējams cirst labākos un perspektīvākos kokus. Veicot 1. kopšanas cirti cērt tievākos un augšanā atpalikšos kokus un, ja pieļaujams, arī daļu no tievākajiem vai sliktas kvalitātes valdaudzes kokiem, kā arī valdaudzes kokus uz pievešanas ceļiem (skat 1.3. att.). Attēlā zemāk norādītā izvēle ir aktuāla audzēs, kur pirms tam nav veikta kopšanas cirte. Audzēs, kur pirmā krājas kopšanas cirte jau ir veikta, uz tehnoloģiskā koridora nav koki, kurus nocirst. Papildus krājas kopšanas cirtei var būt nosacījums sugu sastāva maiņai un var veikt kombinēto vai augšējo ciršanas paņēmieni, kad izcērt nevēlamās sugas, neatkarīgi no koku Krafta klases.



**1.3. att. Augšanas gaitu raksturo koku iedalījums Krafsta klasēs
(Kopšanas ciršu rokasgrāmata - LVM).**

Pēc tam, kad pabeigti apaļo kokmateriālu sagatavošanas darbi, ar rokas mērinstrumentiem (elektroniskais dastmērs, mērlente, bīdmērs) tiks izmērīti apaļo kokmateriālu caurmēri ar mizu, garums un mizas biezums visiem no paraugkociem sagatavotiem apaļiem kokmateriāliem. Apaļo kokmateriālu caurmēra un mizas biezuma uzmērīšana tiks īstenota ar kontrolsortimentiem izmantoto uzmērīšanas paņēmieni (solis – 1 m). Resgaļa sortimentiem bez iepriekšminētiem mērījumiem caurmērs un mizas biezums jāuzmēra pie 0,5 m attāluma no resgaļa (skat. 1.4. att.). Visi caurmēru mērījumi ar mizu tiek veikti divos savstarpēji perpendikulāros virzienos. Tāpat tiks uzmērīts arī faktiskais apaļo kokmateriālu garums.



**1.4. att. Apaļo kokmateriālu caurmēra un mizas biezuma mērījuma vietas
(PROCEDŪRA Nr.VKP1/2018).**

Mizas dubultbiezuma noteikšanai nepieciešams reģistrēt šādus datus:

- sortimenta garums, cm;
- resgaļa caurmērs ar mizu, mm;
- mizas biezums resgalī, mm;
- caurmēri ar mizu un mizas biezums ik pēc 1 m no resgaļa gala plaknes, mm;
- tievgaļa caurmērs ar mizu, mm;
- mizas biezums tievgalī, mm;
- vieta stumbrā.

Nominālais sekcijas garums ir 1 m, izņēmums ir pēdējā sekcija, kuras garums var būt no 15 cm līdz 114 cm. Mizas biezumu novērtē, izcērtot 2 rombveida mizas paraugus caurmēra mērīšanas vietā vienā no diviem caurmēra uzmērīšanas virzieniem (skat. 1.5. att.).



1.5. att. Rombveida mizas paraugu sagatavošana mizas biezuma novērtēšanai.

2. Metodika tilpuma noteikšanas precizitātes novērtēšanai

Novērtējot tilpuma noteikšanas precizitāti, tiks izmantoti faktiski izmatotie mizas redukcijas vienādojumi harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas ierīcēm. Tāpat tiks izvērtēti teorētiski iespējamie mizas redukcijas vienādojumi un jaunie mizas reducēšanas vienādojumi, kuri tiks iegūti pētniecības projekta laikā. Šādā veidā tiks noteikti vispiemērotākie mizas redukcijas vienādojumi un to koeficienti harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas ierīcēm.

Lielākā daļa moderno harvesteru nosaka mizas biezumu, izmantojot četrus iebūvētos StanForD modeļus. Pielietojot dažādus mizas reducēšanas vienādojumus iespējams izmatoto arī atšķirīgus tilpuma noteikšanas algoritmus (skat. 2.1. tab.).

2.1. tabula

Tilpuma noteikšanas un mizas reducēšanas metodes (StanForD 2010)

Name	Description	Swe sub	Swe to	Fin ¹ sob	Nor ² mid	Ger mid	Ger top	Dan mid	Est mid	Fra sub
Old codes (var161_t1) Country code (var6_t1)		2 752	1 752	130 246	4 578	7 276	6 276	136 208	12 233	2 250
<u>VolumeDiamCategory</u> Diameters used in price volume calculation:	1 = Solid volume 2 = Top 3 = Mid 4 = Calculated Norwegian mid 5 = Calculated Estonian mid	1	2	1	4	3	3	3	5	1
<u>BarkFunctionCategory</u>	1=None 2=Swedish Zacco 3=German 4=Skogforsk 2004, Scots pine 5=Skogforsk 2004, Norway spruce	2/4/5	2/4/5	1	2/4/5	3	3	1	2/4/5	2/4/5

Balstoties uz StanForD 2010 vadlīnijām, mizas biezumu harvesteriem var noteikt ar šādu funkciju palīdzību:

1. mizas funkcija, ko izstrādājis Zacco (1974);
2. mizas funkcija, kuras pamatā ir caurmēra klases ar fiksētiem mizas dubultbiezumiem, pamatojoties uz Vācijā izvirzītām prasībām;
3. mizas funkcija, ko izstrādājis “Skogforsk” 2004. gadā priekš parastās priedes (*Pinus sylvestris*);
4. mizas funkcija, ko izstrādājis “Skogforsk” 2004. gadā priekš parastās egles (*Picea abies*).

Zacco (1974) izstrādātā mizas funkcija un Vācijā izvirzītām prasībām atbilstošā mizas funkcija mizas dubulbiezumu (mm) nosaka balstoties un caurmēru ar mizu (mm). Savukārt “Skogforsk” 2004. gadā izstrādās mizas funkcijas priekš priedes un egles ietver plašāku ietekmējošo faktoru klāstu:

- attālums no stumbra resgaļa līdz vietai kur jāaprēķina mizas biezums;
- koka caurmērs krūšu augstumā
- ģeogrāfiskais platums (skat. 2.2. tab.).

Mizas funkciju apraksts (StanForD)

1) Bark function developed by Zacco (1974).
 Linear function: Double bark thickness = a + b * top diameter ob
 where a is stored as the first parameter in var113_t1 and b as the second parameter.
 For example: "Bark= 3,28+0,0370*diam" is stored as "113 1 328 370~" in a StanForD file.

2) Bark function based on diameterclasses with fixed bark deductions (double), based on German requirements.

Exempel:

Bark deduction, mm Lower diameter ob, mm

30 <=320

20 >320 <=200

10 >200 <=0

is stored as "112 2 3~113 2 320 200 0~113 3 3000 2000 1000~"

3) Function developed by Skogforsk (2004) for Scots pine
 (Pinus Sylvestris)

```
dbh_b=min(dbh,590)    /* DBH maximum 590 mm. */
htg=-ln(0.12/(72.1814+0.0789*dbh_b-0.9868*lat))/(0.0078557-
0.0000132*dbh_b) /* Break point in cm calculated */
db=3.5808+0.0109*dbh_b+(72.1814+0.0789*dbh_b-0.9868*lat)*
exp(-(0.0078557-0.0000132*dbh_b)*h) /* Double bark thickness below break point
calculated, mm */
if h>htg then db=3.5808+0.0109*dbh_b+0.12-0.005*(h-htg)
/* Double barkthickness above break point calculated, mm */
db=max(db, 2) /* Bark thickness minimum 2 mm */
```

4) Function developed by Skogforsk (2004) for Norway spruce(Picea abies)
 db=0.46146+0.01386*dbh+0.03571*dia /* Double bark thickness calculated, mm */
 db=max(db, 2) /* Bark thickness minimum 2 mm */

Db = double bark thickness (mm)

H = height from butt end of stem where bark thickness is to be calculated (cm)

Dbh = breast height diameter (mm)

Dia = diameter on bark where bark thickness is to be calculated (mm)

Lat = latitude (decimal degrees).

Latvijā pašlaik vispiemērotākā un plašāk lietotā apaļo kokmateriālu mizas biezuma lineārā funkcija ir šāda:

$$MDB = b_0 + b_1 \times D_{tam}, \quad (2.1.)$$

kur:

MDB - mizas dubultbiezums (mm);

b_0 un b_1 - lietotāja noteikti koeficienti;

D_{tam} - tievgaļa caurmērs ar mizu (mm).

Šajā gadījumā mizas dubultbiezums ir atkarīgs no tievgaļa caurmēra ar mizu un lietotāja noteiktiem koeficientiem. Latvijā (A/S “LVM”) šādi lietotāja noteikti koeficienti ir norādīti “STUMBRA SAGARUMOŠANAS (APT*) FAILU UZSTĀDĪJUMU STANDARTS”. APT* failos ir noteikti mizas parametri atbilstoši koku sugām:

- PRIEDE – miza 1.97 mm, 3.54%;
- EGLE, MELNALKSNIS, BALTALKSNIS, OSIS, LAPU KOKI – miza 3.08 mm, 4.04%;
- BĒRZS, APSE – miza 3,45 mm, 4,04%.

Automatizētām uzmērīšanas ierīcēm, lai pārietu no caurmēra ar mizu uz caurmēra bez mizas, kas nepieciešams apaļo kokmateriālu šķirošanai un apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanai, arī tiek izmantoti mizas biezuma aprēķinu vienādojumi. Šajā gadījumā mizas biezums tiek aprēķināts balstoties uz tievgaļa caurmēru ar mizu, koku sugu vai koku sugu grupu un mizas tipu (skat. 2.3. tab.).

2.3. tabula

Mizas reducēšanas vienādojumi automatizētām uzmērīšanas ierīcēm

Mizas tips	Priede	Egle u.c. koku sugas	Apse
Plāna miza (1)	$2.07 + 0.0175 * D_{tam}$	---	---
Vidēja miza (2)	$1.97 + 0.0354 * D_{tam}$	$3.08 + 0.0404 * D_{tam}$	$3.45 + 0.0404 * D_{tam}$
Bieza miza (3)	$5.23 + 0.0477 * D_{tam}$	---	---

D_{tam} – tievgaļa caurmērs ar mizu

Bērza finierkluču tilpums bez mizas tiek iegūts pareizinot finierkluča tilpumu ar koksnes īpatsvara koeficientu, kas mainās atkarībā no finierkluča caurmēra. Mizas atskaitījumā izmanto tievgaļa caurmēru un nogriežņa tilpumu ar mizu.

$$V_{bm} = V_{am} \times K_{koksnes}, \quad (2.2.)$$

kur:

V_{bm} – nogriežņa tilpums bez mizas, m³;

V_{am} – nogriežņa tilpums ar mizu, m³;

$K_{koksnes}$ - koksnes īpatsvara koeficients, atbilstoši 2.4. tabulai.

2.4. tabula

Koksnes īpatsvara koeficients bērza finierklučiem

Tievgaļa caurmērs, mm	$K_{koksnes}$	Mizas tilpums, % *
Līdz 190	0.88	12
190 – 229	0.89	11
230 – 389	0.90	10
390 ≤	0.91	9

* resgaļa sortimentiem norēķina dubultu mizas apjomu.

Izvērtējot faktiski izmatotos un teorētiski iespējamās mizas redukcijas vienādojumus harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas līnijām, tiks novērtēta arī tilpuma noteikšanas precizitāte.

Novērtējot Mizas dubultbiezuma novērtēšana algoritmu ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, sortimentu tilpums tiek aprēķināts atbilstoši procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)”.

Precizitāte tiks novērtēta, salīdzinot caurmēru ar mizu, mizas dubultbiezumus (faktiskos un pēc mizas redukcijas algoritmiem) un iegūto tilpumu, izsakot faktisko un procentuālo rādītāju starpību.

3. Priedes, egles un bērza mizas dubultbiezuma izvērtējums

Šajā starpatskaitē galvenā vērība tiks pievērsta plašāk izplatīto un komerciāli nozīmīgāko koku sugu (priede, egle, bērzs) faktiskam mizas dubultbiezumam un mizas dubultbiezumam pēc dažādiem mizas redukcijas algoritmiem. Uz šo brīdi priedei, eglei, un bērzam ievērtējot cirtes veidu, bonitātes klasi un augšanas reģionu ir uzmērīti 95 parauglaukumi no 161 plānotā (skat. 3.1. tab.).

3.1. tabula

Uzmērīto parauglaukumu skaits uz 2020. gada maiju

Koku suga	Plānotais parauglaukumu skaits, gab.	Uzmērīto parauglaukumu skaits	Izpilde no kopējā, %
Priede	81	44	54
Egle	40	29	73
Bērzs	40	22	55
Kopā	161	95	59

Izmantojot līdz šim pētniecības projektā ievāktos datus, tiks izvērtēti faktiski izmatotie un teorētiski iespējamie mizas redukcijas vienādojumi harvesteriem un automatizētām uzmērīšanas ierīcēm. Izstrādāti provizoriski iespējamie harvesteru un automatizēto uzmērīšanas ierīču mizas redukcijas vienādojumi, kas uzlabo apaļo kokmateriālu šķirošanu un tilpuma noteikšanas precizitāti.

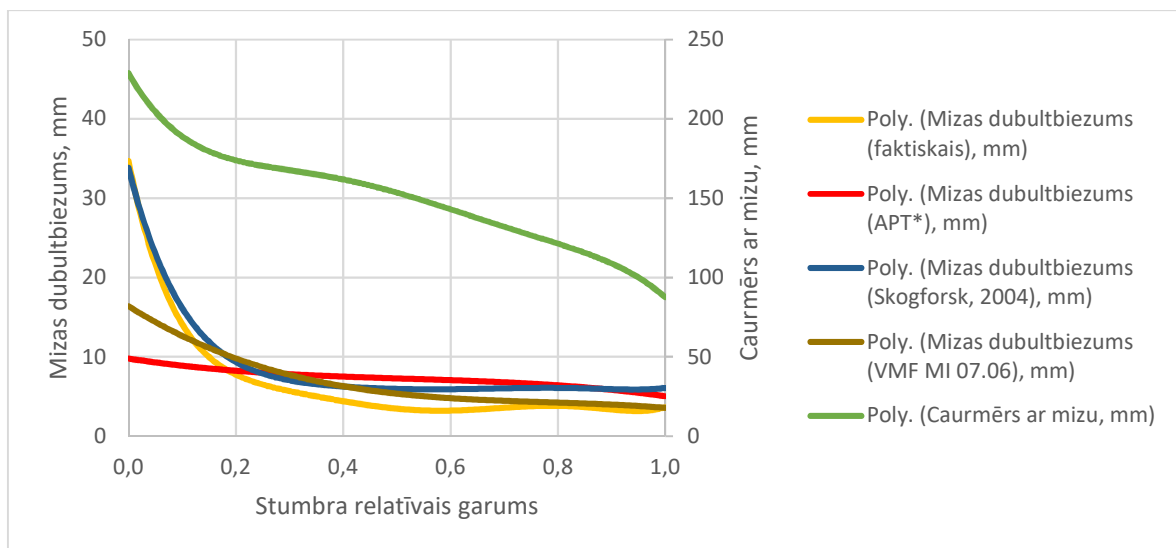
3.1. Priedes mizas dubultbiezuma izvērtējums

Izvēloties paraugkokus vienā vai nepieciešamības gadījumā divās harvestera izstrādes slejās tiek piefiksēti arī to krūšaugstuma caurmēri, kas tika ņemti vērā, veicot datu analīzi. Datu analīzē izmantotas plašāk pārstāvētās krūšaugstuma caurmēra pakāpes (20, 24, 28, 32, 36, 40, un 44 cm) priedes galvenajā cirtē. Krūšaugstuma caurmēra pakāpes lietošana nodrošina veikto mērījumu grupēšanu, tādējādi atvieglojot un vienkāršojot datu turpmāko apstrādi.

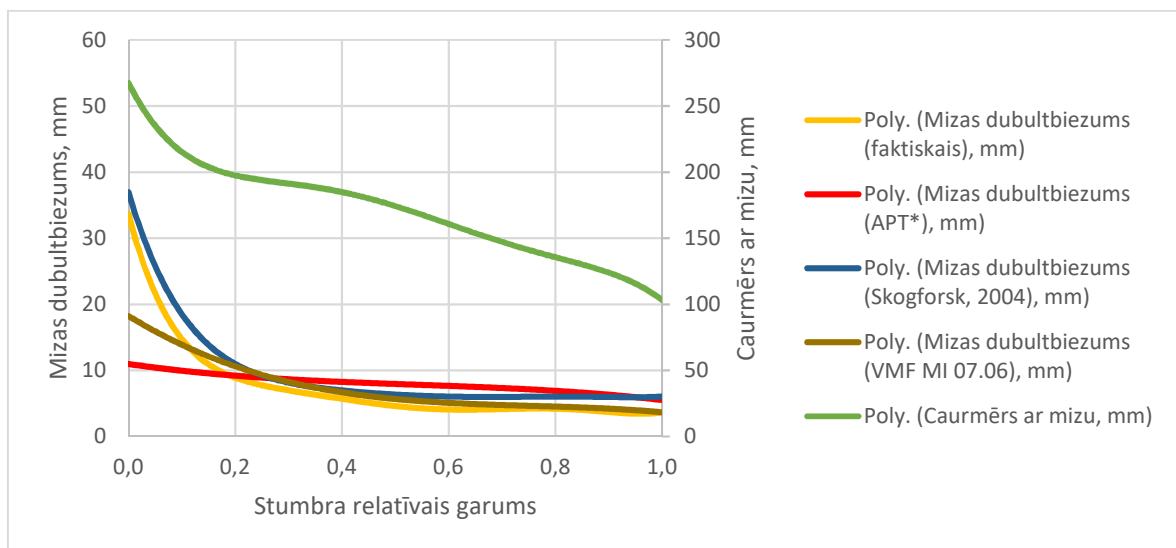
Katrai krūšaugstuma caurmēra pakāpei noteikti sekojoši raksturlielumi stumbra garumā:

- caurmērs ar mizu un faktiskais mizas dubultbiezums;
- mizas dubultbiezums pēc ATP* failā norādītiem mizas parametriem;
- mizas dubultbiezums pēc “Skogforsk” 2004. gadā sagatavotā algoritma;
- mizas dubultbiezums pēc VMF MI 07.06 instrukcijas.

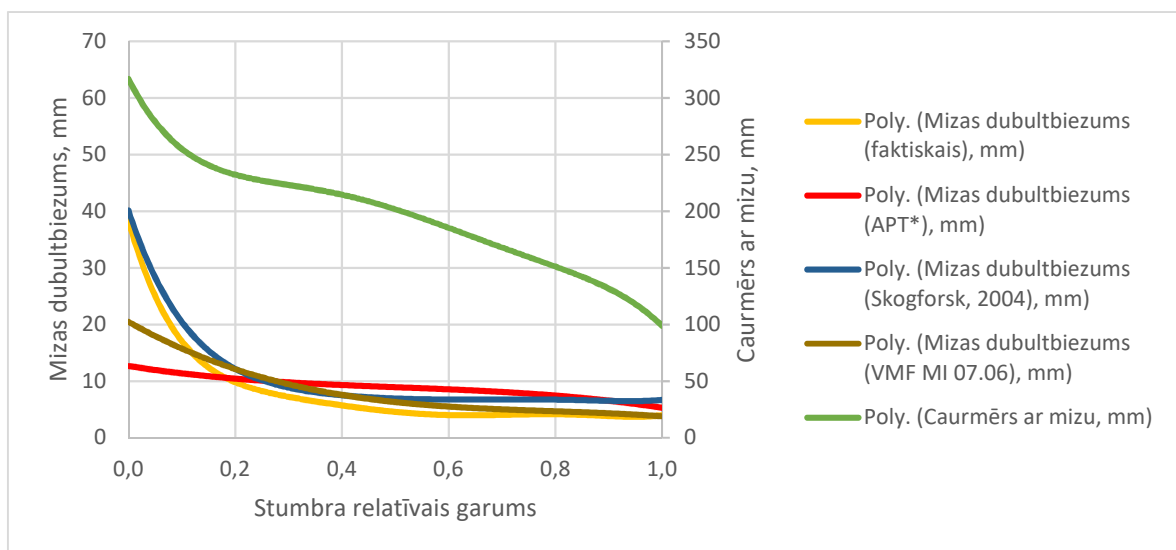
No 3.1. attēla līdz 3.7. attēlam apkopota faktiskā un pēc dažādiem matemātiskiem algoritmiem aprēķinātā priedes mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā. Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā, biezu mizu atkarībā no koka caurmēra pakāpes var novērot līdz 15–20 % no stumbra garuma. Tālāk no 15–20 % līdz 40 % no stumbra garuma novērojama vidēji bieza miza, bet atlikušajā stumbra daļā novēroja plāna miza.



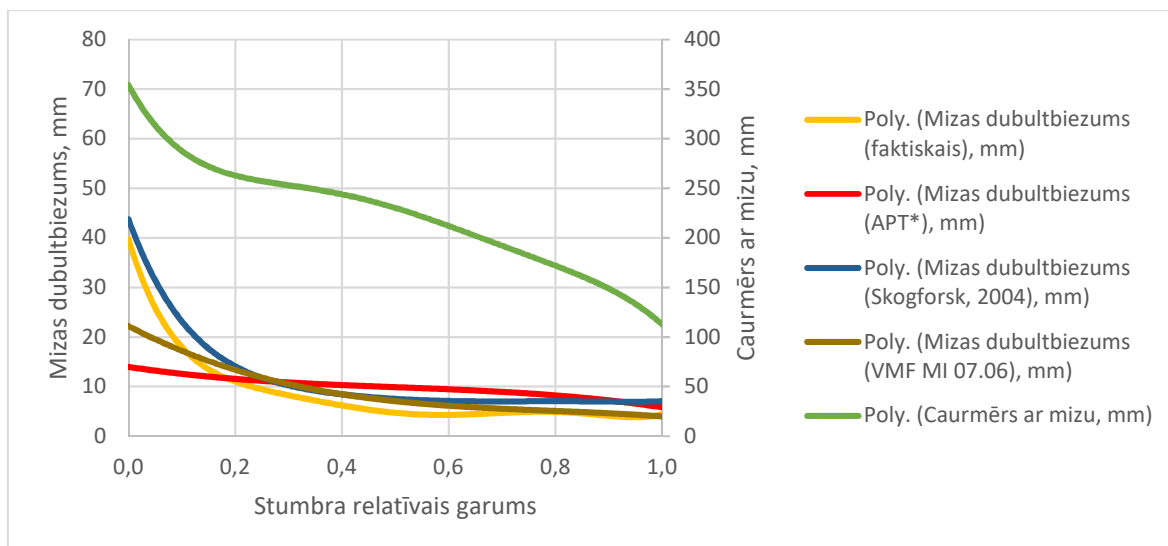
3.1. att. Vidējā priedes stumbra raksturlielumi 20 cm caurmēra pakāpē



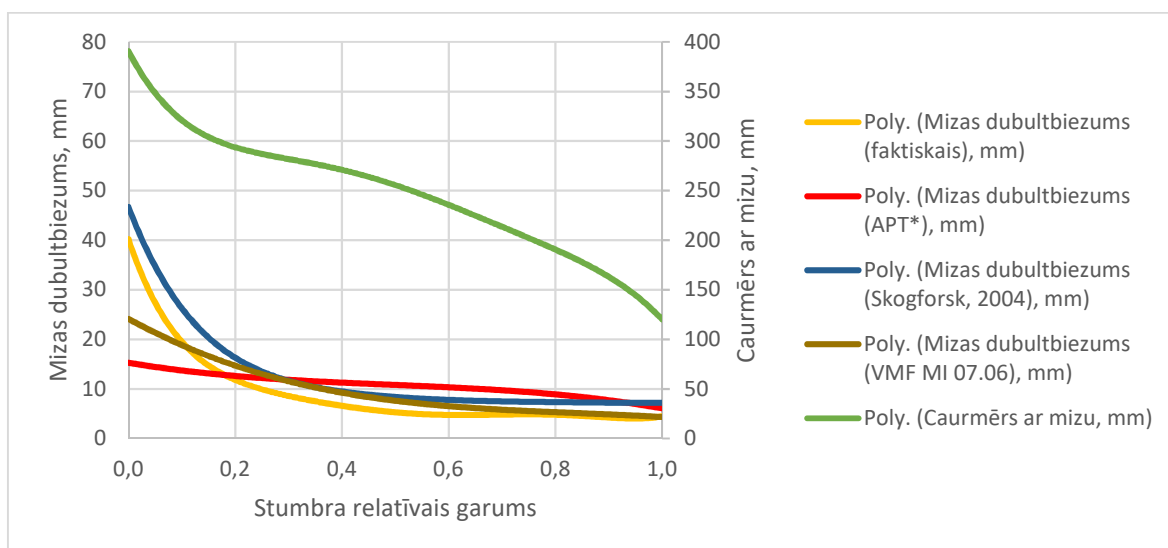
3.2. att. Vidējā priedes stumbra raksturlielumi 24 cm caurmēra pakāpē



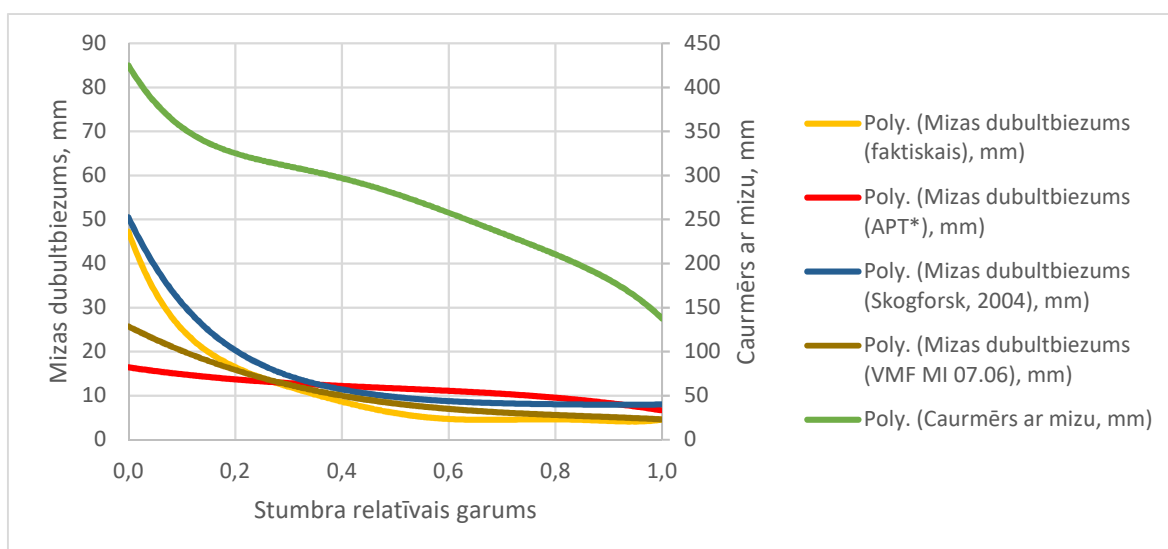
3.3. att. Vidējā priedes stumbra raksturlielumi 28 cm caurmēra pakāpē



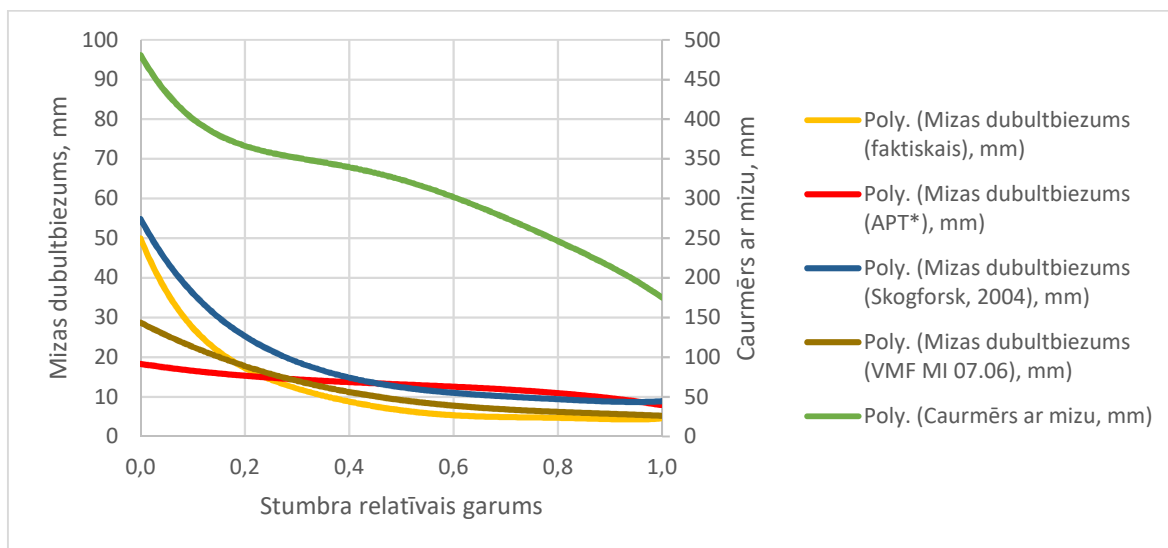
3.4. att. Vidējā priedes stumbra raksturlielumi 32 cm caurmēra pakāpē



3.5. att. Vidējā priedes stumbra raksturlielumi 36 cm caurmēra pakāpē



3.6. att. Vidējā priedes stumbra raksturlielumi 40 cm caurmēra pakāpē



3.7. att. Vidējā priedes stumbra raksturlielumi 44 cm caurmēra pakāpē

Izvērtējot dažādus mizas redukcijas algoritmus, visprecīzāk mizas biezuma izmaiņu tendences stumbra garumā attēlo mizas funkcija, ko izstrādājis “Skogforsk” 2004. gadā priekš parastās priedes (*Pinus sylvestris*). Šī ir viena no funkcijām, kas norādīta StanForD 2010 vadlīnijās un ar kuras palīdzību mizas dubultbiezumu var noteikt harvesteri. Mizas dubultbiezuma izmaiņu tendenci stumbra garumā šī funkcija aprēķina pamatojoties uz koka krūšaugstuma caurmēru, attālumu no stumbra resgaļa un ģeogrāfisko platumu. Šai funkcijai ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, kas izskaidrojams ar to ka šī funkcija sagatavota Zviedrijas apstākļiem. Atkarībā no koka caurmēra pakāpes, vietas stumburā un mizas tipa novērojamas šādas mizas dubultbiezuma atšķirības:

- biežai mizai vidēji no 2 līdz 6 mm;
- vidējai mizai vidēji no 2 līdz 4 mm;
- plānai mizai vidēji no 2 līdz 3 mm.

Šobrīd Latvijā harvesteros izmanto lineāro funkciju, kurā mizas dubultbiezums ir atkarīgs no tievgaļa caurmēra ar mizu un lietotāja noteiktiem koeficientiem. Latvijā (A/S “LVM”) šādi lietotāja noteikti koeficienti ir norādīti “STUMBRA SAGARUMOŠANAS (APT*) FAILU UZSTĀDĪJUMU STANDARTS”.

Izmantojot APT* failā norādītos koeficientus stumbra resgaļa sortimentiem tiek noteikts vidēji par 2-20 mm mazāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko, bet atlikušajā stumbra daļā tiek novērtēts vidēji par 1-7 mm lielāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko.

Automatizētām uzmērīšanas ierīcēm, lai pārietu no caurmēra ar mizu uz caurmēra bez mizas, kas nepieciešams apaļo kokmateriālu šķirošanai un apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanai, arī tiek izmantoti mizas dubultbiezuma aprēķinu vienādojumi, kas norādīti VMF MI 07.06 instrukcijā. Šajā gadījumā mizas dubultbiezums katram mizas tipam tiek rēķināts atsevišķi.

Biezas mizas funkciju izmantojot tikai resgaļa sortimenta tievgaļī vidēji tiek noteikts par 0-3 mm mazāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko, bet ja šo funkciju izmanto resgaļu sortimentu sekciju tipa uzmērīšanā tad šī starpība var sasniegt 15 mm.

Aprēķinos izmantojot vidējas mizas funkciju, ir novērojama tendence, ka tiek aprēķināts 1-3 mm lielāks mizas dubultbiezums salīdzinot ar faktisko. Līdzīga tendence novērojama plānas mizas funkcijai resnākiem sortimentiem, bet galotnes sortimentiem nav novērojamas novirzes no faktiskā mizas dubultbiezuma.

Izmantojot caurmēru ar mizu un mizas dubultbiezumus pēc dažādiem redukcijas algoritmiem, tiks novērtēta dažādu mizas redukcijas algoritmu ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti.

Novērtējot Mizas dubultbiezuma novērtēšana algoritmu ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, sortimentu tilpums tiek aprēķināts atbilstoši procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)”. Izvērtējot VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto mizas funkciju ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, izmantots sekciju tipa uzmērīšanas paņēmieni un tievgaļa uzmērīšanas paņēmieni. Tievgaļa uzmērīšanas paņēmieni izmantoti, jo VMF MI 07.06 instrukcijā norādītās mizas funkcijas paredzētas mizas dubultbiezuma novērtēšanai tievgaļī (skat. 3.1. tab.).

Izmantojot ATP* failā norādītos lineārās funkcijas koeficientus stumbra resgaļa sortimentiem tiek noteikts mazāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko līdz ar to, tilpuma starpība svārstās robežās no 7,3 līdz 11,1 %. Pārējā stumbra daļa tiek novērtēts lielāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko līdz ar to, tilpuma starpība svārstās robežās no -0,3 līdz -4,9 %. Kopējā visa stumbra tilpuma novirze atkarība no koka caurmēra pakāpes svārstās robežās no -0,3 līdz 0,8 %. Tātad ja vērtē katru stumbra daļu atsevišķi tilpuma novirze ir būtiska (pārsniedz 3 %), bet vērtējot stumbru kopumā tilpuma novirzes ar harvesteros izmanto mizas funkciju ir nebūtiskas.

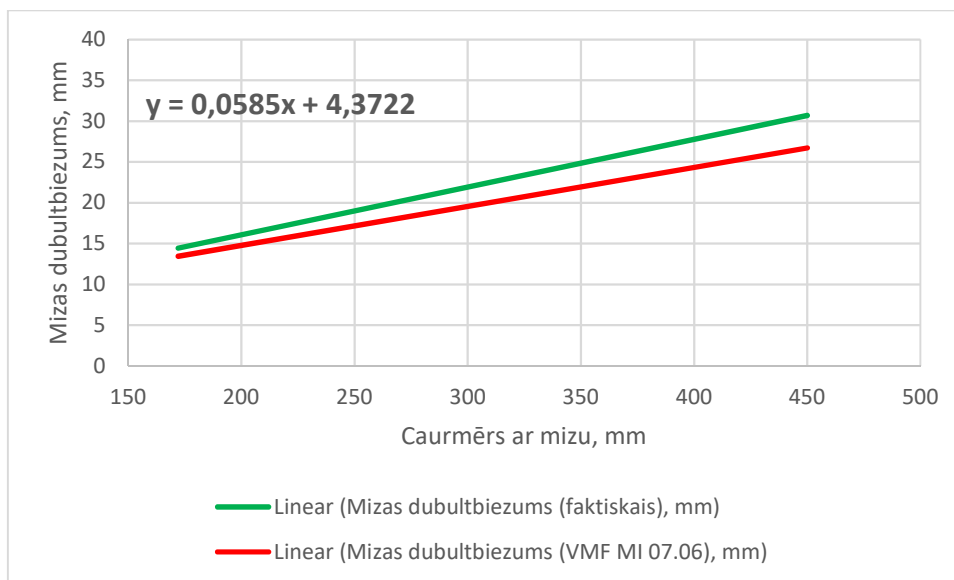
Izvērtējot Zviedrijas institūta “Skogforsk” 2004. gadā izstrādāto priedes mizas funkcija harvesteriem ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, un līdz ar to tilpuma noteikšanas precizitāte atkarībā no mizas tipa svārstās robežās no -1,4 līdz -4,4%. Izmantojot “Skogforsk” 2004. gadā sagatavoto mizas funkciju, kopējā stumbra tilpuma novirze atkarībā no koka caurmēra pakāpes svārstās robežās no -2,6 līdz -4 %. Lai arī šai mizas funkcijai ir lielāka tilpuma novirze, salīdzinot ar Latvijā izmantotiem ATP* failā norādītiem lineārās funkcijas koeficientiem, bet vērtīgāko resgaļu sortimentu tilpuma novirzes ir ievērojami mazākas. Līdz ar to arī Latvijā būtu rekomendējama Zviedrijas institūta “Skogforsk” 2004. gadā izstrādātā priedes mizas funkcija harvesteriem.

Izvērtējot VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto mizas funkciju ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti pēc sekciju tipa (1 m) uzmērīšanas paņēmiena, var novērot, ka resgaļa sortimentiem ar biezu mizu tā svārstās robežās no 3,1 līdz 6,3 %, bet pēc tievgaļa uzmērīšanas paņēmiena tilpuma uzmērīšanas precizitāte svārstās robežās no 0 līdz 2,7 %. Sortimentiem ar vidēji biezu mizu un plānu mizu neatkarīgi no uzmērīšanas paņēmiena tilpuma novirze svārstās robežās no -0,5 līdz -2,7 %.

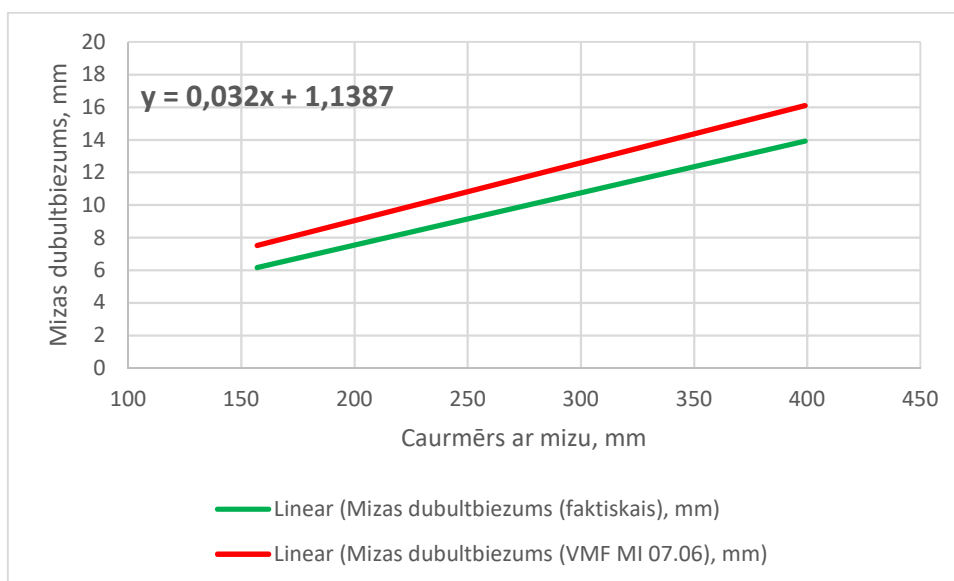
Tilpuma novirze pēc dažādiem mizas redukcijas algoritmiem

Mizas tips / stumbra daļa	Tilpuma novirze, %			
	Pēc APT* faila	Pēc Skogforsk, 2004	Pēc VMF MI 07.06 (sekciju tipa - 1 m)	Pēc VMF MI 07.07 (tievgalis)
Krūšaugstuma caurmēra pakāpe 20 cm				
Bieza miza	11,1	-1,4	6,3	0,6
Vidēja miza	-3,2	-2,2	-2,7	-2,5
Plāna miza	-4,9	-4	-1,7	-1,6
Kopā	0,4	-2,7	0,3	-1,5
Krūšaugstuma caurmēra pakāpe 24 cm				
Bieza miza	8,5	-3,4	3,7	0,5
Vidēja miza	-2,1	-1,7	-1,3	-1,4
Plāna miza	-4,4	-2,8	-1,2	-1,2
Kopā	0,3	-2,7	0,3	-1
Krūšaugstuma caurmēra pakāpe 28 cm				
Bieza miza	8,4	-2,4	4	0,4
Vidēja miza	-2,6	-1,9	-2	-2,1
Plāna miza	-4,6	-3,4	-1,3	-1,3
Kopā	0,2	-2,6	0,1	-1,3
Krūšaugstuma caurmēra pakāpe 32 cm				
Bieza miza	7,3	-3,7	3,3	0
Vidēja miza	-2	-1,8	-1,8	-1,6
Plāna miza	-4,5	-2,8	-1,2	-1,1
Kopā	-0,1	-2,7	-0,1	-1,1
Krūšaugstuma caurmēra pakāpe 36 cm				
Bieza miza	7,4	-4,4	3,1	0,4
Vidēja miza	-2,1	-2,7	-2,1	-2,2
Plāna miza	-4,4	-2,7	-1,2	-1,2
Kopā	-0,3	-3,2	-0,3	-1,3
Krūšaugstuma caurmēra pakāpe 40 cm				
Bieza miza	9,3	-3	5,5	2,5
Vidēja miza	-0,3	-2	-0,3	-0,5
Plāna miza	-4,5	-3,1	-1,4	-1,4
Kopā	0,8	-2,7	0,9	-0,4
Krūšaugstuma caurmēra pakāpe 44 cm				
Bieza miza	9,1	-3,8	5,1	2,7
Vidēja miza	-1	-4,2	-0,9	-1,1
Plāna miza	-4,7	-3,9	-1,5	-1,4
Kopā	0,3	-4	0,5	-0,6

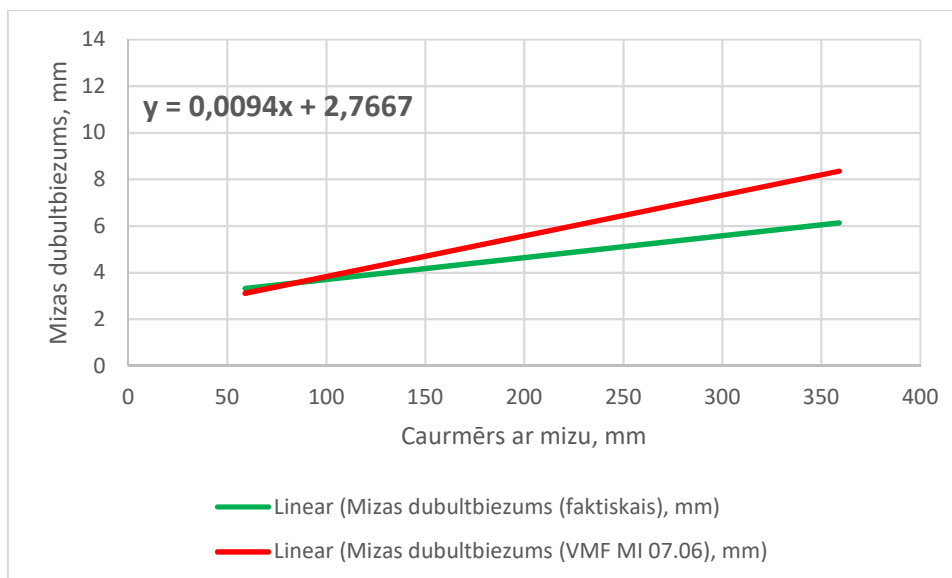
Zviedru zinātnieks Tonijs Kubenka veicis mērījumus skujkoku zāgbaļķiem Kurzemē un piedāvā mizas dubultbiezuma aprēķinam Latvijas apstākļiem piemērotas formulas, kuras visbiežāk arī izmanto automatizētās uzmērīšanas ierīcēs. Tāpēc lietderīgi salīdzināt mizas dubultbiezuma rādītājus pēc pētniecības projekta uz šo brīdi iegūtām formulām ar T. Kubenkas formulām, kas norādītas VMF MI 07.06 instrukcijā (skat 3.8. – 3.10. att.).



3.8. att. Priedes biezas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.



3.9. att. Priedes vidējas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.



3.10. att. Priedes plānas mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra.

Kā redzams no 3.2. tabulas, biezas mizas dubultbiezuma starpība palielinās palielinoties caurmēram. Pie caurmēra ar mizu 150 mm mizas dubultbiezums pēc projektā iegūtās funkcijas ir lielāks par 1 mm, bet pie caurmēra 450 mm pēc projektā iegūtās funkcijas ir lielāks par 4 mm. Vidējai mizai pēc projektā iegūtās funkcijas dubultbiezums ir mazāks par 1 – 2 mm pie visiem caurmēriem. Plānai mizai dubultbiezuma rādītāji pie 50 un 100 mm sakrīt, bet tālāk palielinoties caurmēram mizas dubultbiezums pēc projektā iegūtās funkcijas ir mazāks.

3.2. tabula

Priedes mizas dubultbiezumi

Caurmērs ar mizu mērīšanas vietā, mm	Mizas dubultbiezumi dažādiem tipiem, mm					
	Bieza miza		Vidēja miza		Plāna miza	
	Projekts	VMF MI 07.06	Projekts	VMF MI 07.06	Projekts	VMF MI 07.06
50	---	---	---	---	3	3
100	---	---	4	6	4	4
150	13	12	6	7	4	5
200	16	15	8	9	5	6
250	19	17	9	11	5	6
300	22	20	11	13	6	7
350	25	22	12	14	6	8
400	28	24	14	16	---	---
450	31	27	16	18	---	---

Lai iegūtu augstāku uzmērīšanas precizitāti priedes sortimentiem no dažādām stumbra daļām ar dažādiem mizas tipiem, būtu ieteicams izmantot projekta ietvaros iegūtās mizas funkcijas, kā rezultātā tilpuma novirze dēļ mizas redukcijas tiektos uz 0 %.

3.2. Egles mizas dubultbiezuma izvērtējums

Analizējot mizas dubultbiezumu eglei, datu analīzē izmantotas plašāk pārstāvētās krūšaugstuma caurmēra pakāpes (16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, un 48 cm) galvenajā cirtē. Izvēlētās caurmēru pakāpes tiek sadalītas 3 grupās:

- II stāva koki - 16, 20 un 24 cm;
- I stāva koki - 28, 32 un 36 cm;
- virsvaldes koki - 40, 44, un 48 cm.

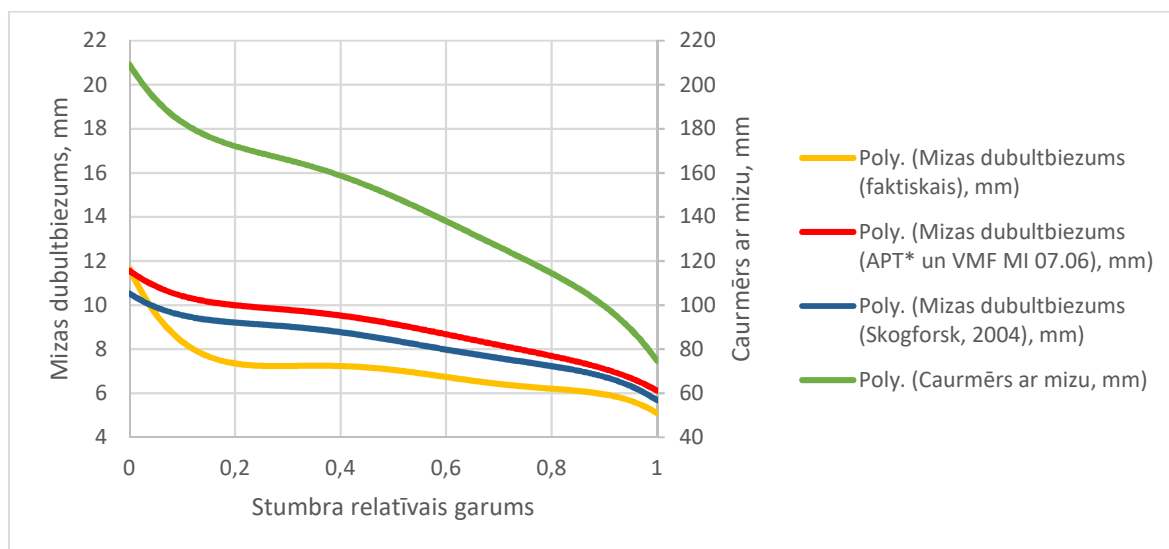
Katrai krūšaugstuma caurmēra pakāpju grupai noteikti sekojoši raksturlielumi stumbra garumā:

- caurmērs ar mizu un faktiskais mizas dubultbiezums;
- mizas dubultbiezums pēc ATP* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītiem lineārās funkcijas koeficientiem;
- mizas dubultbiezums pēc “Skogforsk” 2004. gadā sagatavotā algoritma.

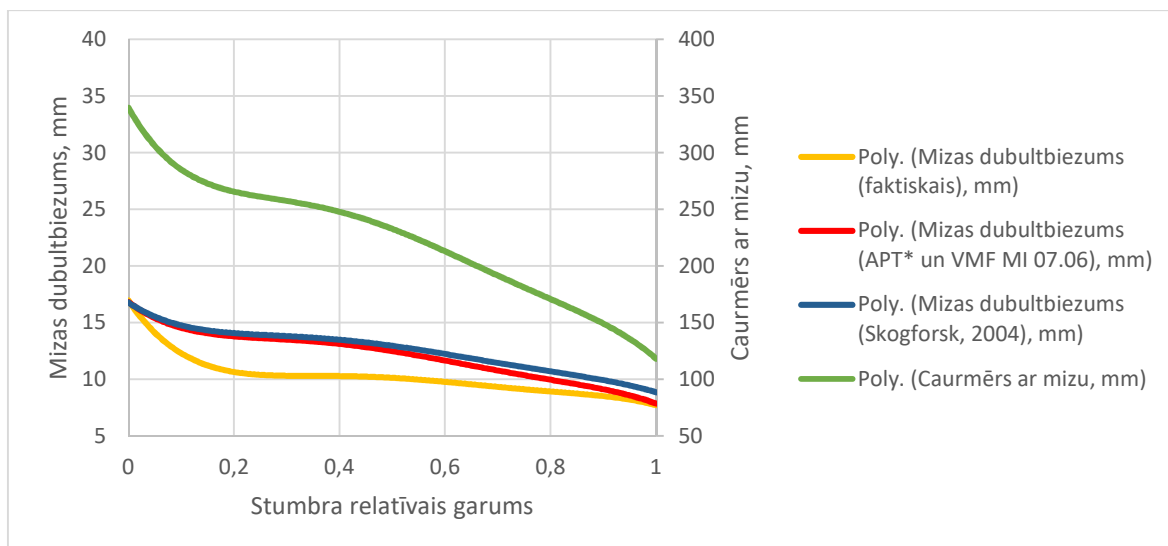
Eglei mizas redukcijas lineārās funkcijas koeficienti ir identiski ATP* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā tādēļ turpmākā datu analīze tie netiks izdalīti atsevišķi.

No 3.11. attēla līdz 3.13. attēlam apkopota faktiskā un pēc dažādiem matemātiskiem algoritmiem aprēķinātā egles mizas dubultbiezuma izmaiņas stumbra garumā. Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā, var novērot tā pakāpenisku samazināšanos stumbra garenvirzienā.

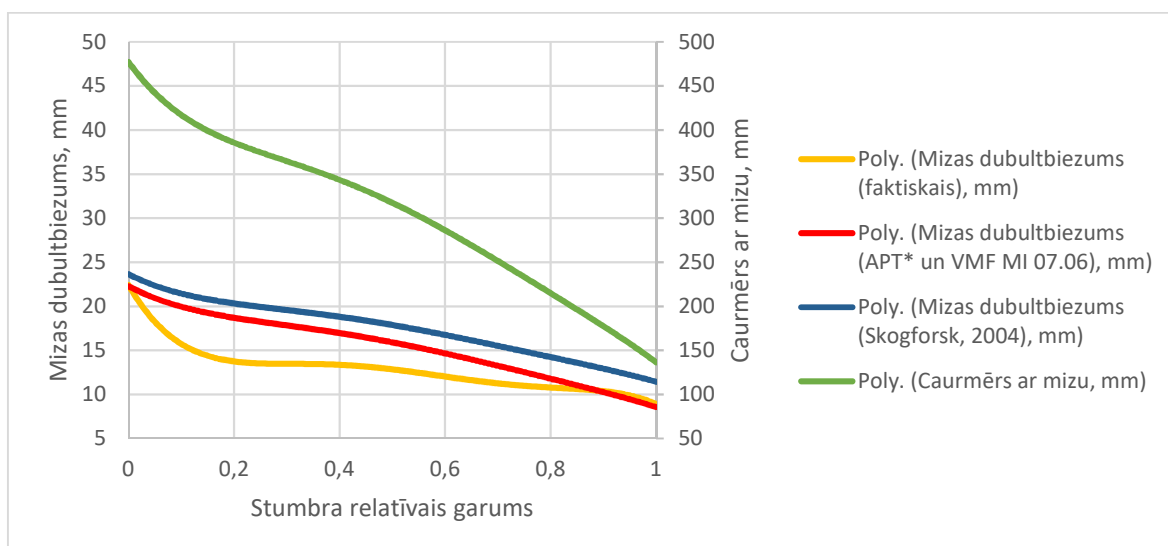
Izmantojot ATP* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, tiek aprēķināts vidēji par 2 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas faktiski. Šai starpībai, nevērtējot pirmo metru no resgāļa, ir tendence samazināties stumbra galotnes virzienā. Mizas dubultbiezuma starpība stumbra galotnes daļā ir nebūtiska kokiem ar caurmēra pakāpi 28 cm un resnākiem. II stāva eglēm tiek noteikts lielāks mizas dubultbiezums visa stumbra garumā.



3.11. att. Egles stumbra raksturlielumi 16, 20 un 24 cm caurmēra pakāpē.



3.12. att. Egles stumbra raksturlielumi 28, 32 un 36 cm caurmēra pakāpē.



3.13. att. egles stumbra raksturlielumi 40, 44 un 48 cm caurmēra pakāpē.

Izvērtējot mizas funkcija, ko izstrādājis “Skogforsk” 2004. gadā priekš parastās egles (*Picea abies*), ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, kas izskaidrojams ar to ka šī funkcija sagatavota Zviedrijas apstākļiem.

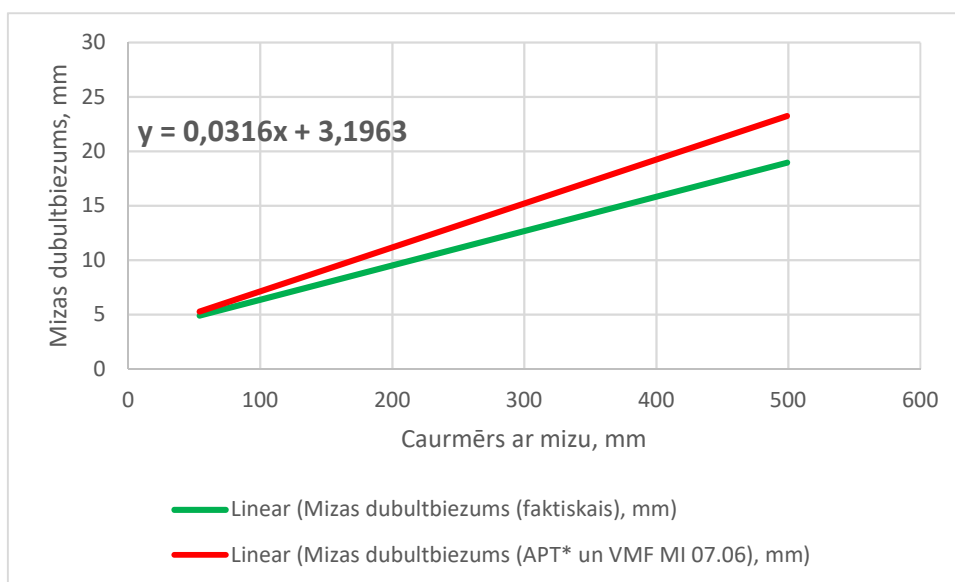
Izmantojot caurmēru ar mizu un mizas dubultbiezumus pēc APT* failā, VMF MI 07.06 instrukcijā norādītiem lineārās funkcijas koeficientiem un “Skogforsk” 2004. gadā sagatavotā algoritma, tiks novērtēta dažādu mizas redukcijas algoritmu ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti (skat. 3.3. tab.).

Novērtējot Mizas dubultbiezuma novērtēšana algoritmu ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, sortimentu tilpums tiek aprēķināts atbilstoši procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)”.

Tilpuma novirze pēc dažādiem mizas redukcijas algoritmiem

Caurmēra pakāpe	Tilpuma novirze, %	
	APT* fails un VMF MI 07.06	Skogforsk, 2004
16, 20 un 24 cm (II stāva koki)	-2,9	-1,7
28, 32 un 36 cm	-1,8	-2,2
40, 44 un 48 cm	-1,9	-3

Atkarībā no mizas dubultbiezuma redukcijas algoritma un koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes tilpuma novirze svārstās robežās no -1,7 līdz -3 %. Lai mazinātu tilpuma novirzi dēļ mizas redukcijas algoritma, būtu jāveic lineārās funkcijas koeficientu korekcija, kuras rezultātā novērtētu mazāku mizas dubultbiezumu – atbilstošāku faktiskajam (skat. 3.14. att.).

**3.14. att. Egles mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra ar mizu.**

Kā redzams no 3.4. tabulas, mizas dubultbiezuma starpība palielinās, palielinoties caurmēram. Pie caurmēra ar mizu 50 mm mizas dubultbiezums pēc projektā iegūtās funkcijas sakrīt ar VMF MI 07.06 instrukcijā norādīto funkciju, bet pie caurmēra 450 mm pēc projektā iegūtās funkcijas ir mazāks par 4 mm.

Egles mizas dubultbiezumi

Caurmērs ar mizu, mm	Mizas dubultbiezums, mm	
	Projekts	VMF MI 07.06
50	5	5
100	6	7
150	8	9
200	10	11
250	11	13
300	13	15
350	14	17
400	16	19
450	17	21

3.3. Bērza mizas dubultbiezuma un koksnes īpatsvara koeficienta izvērtējums

Analizējot mizas dubultbiezumu bērzam, datu analīzē izmantotas plašāk pārstāvētās krūšaugstuma caurmēra pakāpes (20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, un 44 cm) galvenajā cirtē. Izvēlētās caurmēru pakāpes tiek sadalītas 3 grupās:

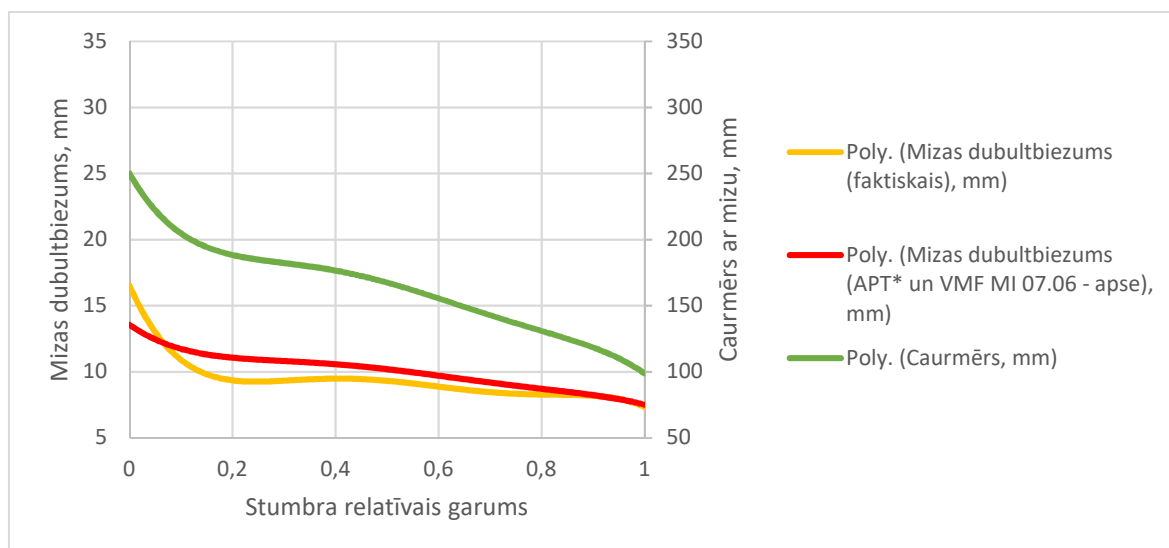
- I grupa - 20 un 24 cm;
- II grupa - 28, 32 un 36 cm;
- III grupa - 40, un 44 cm.

Katrai krūšaugstuma caurmēra pakāpju grupai noteikti sekojoši raksturlielumi stumbra garumā:

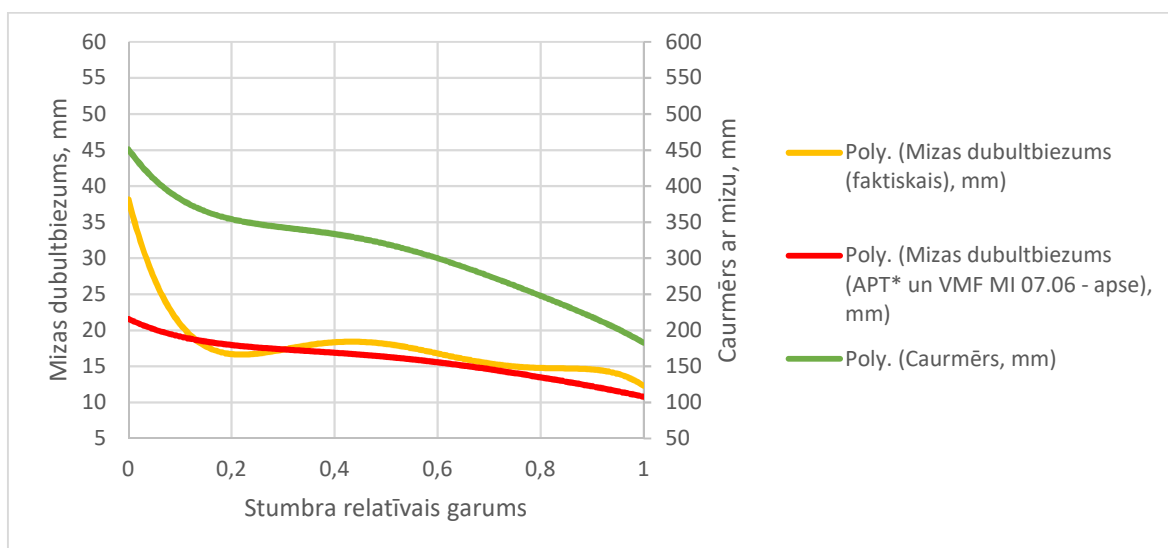
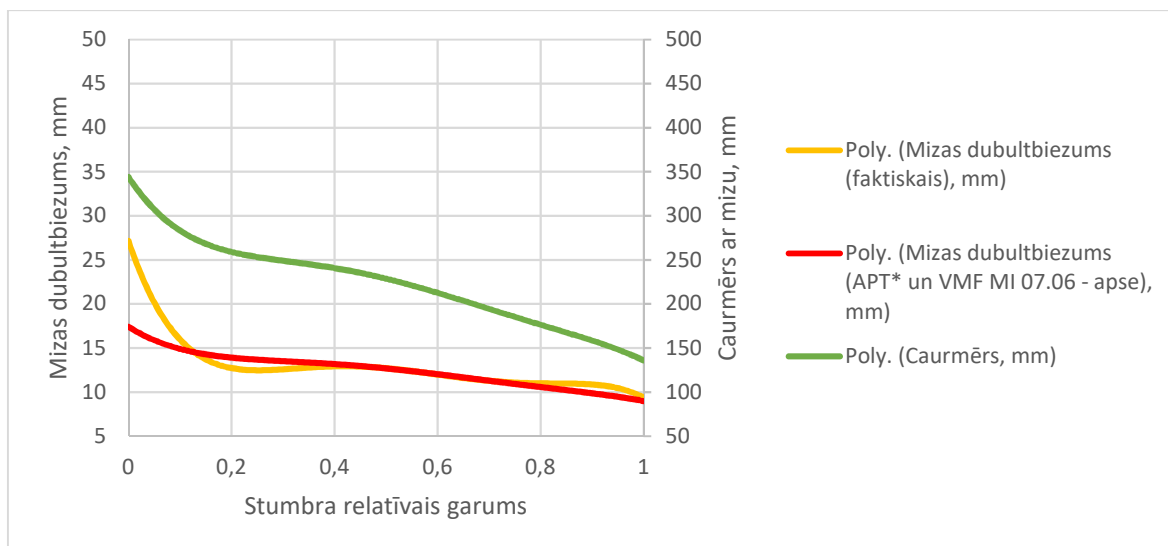
- caurmērs ar mizu;
- faktiskais mizas dubultbiezums;
- mizas dubultbiezums pēc ATP* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītiem apsē lineārās funkcijas koeficientiem;
- koksnes īpatsvara koeficients.

Bērza mizas redukcijas lineārās funkcijas koeficienti ATP* failā sakrīt ar VMF MI 07.06 instrukcijas apsē lineārās funkcijas koeficientiem, tādēļ turpmākā datu analīze tie tiks analizēti kopā.

No 3.15. attēla līdz 3.17. attēlam apkopots faktiskais un pēc lineārās funkcijas koeficientiem aprēķinātais bērza mizas dubultbiezums un tā izmaiņas stumbra garumā. Vērtējot faktisko mizas dubultbiezumu stumbra garumā, var novērot tā strauju samazināšanos no stumbra resgaļa līdz 20 % no stumbra relatīvā garuma, tālāk līdz 40 % novērojams nebūtiska mizas dubultbiezuma palielinājums, bet tālāk seko pakāpenisks samazinājums stumbra galotnes virzienā.



3.15. att. Bērza stumbra raksturlielumi 20 un 24 cm caurmēra pakāpē



Izmantojot APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītos lineārās funkcijas koeficientus, 20 un 24 cm caurmēra pakāpē tiek aprēķināts vidēji par 1 mm lielāks mizas dubultbiezums nekāds tas faktiski. Savukārt 28, 32 un 36 cm caurmēra pakāpē, nevērtējot pirmo metru, mizas dubultbiezuma starpība ar faktisko nepārsniedz 1 mm (vidēji 0,5 mm), bet 40 un 44 cm caurmēra pakāpē tiek aprēķināts vidēji par nepilniem 2 mm mazāks mizas dubultbiezums nekāds tas faktiski.

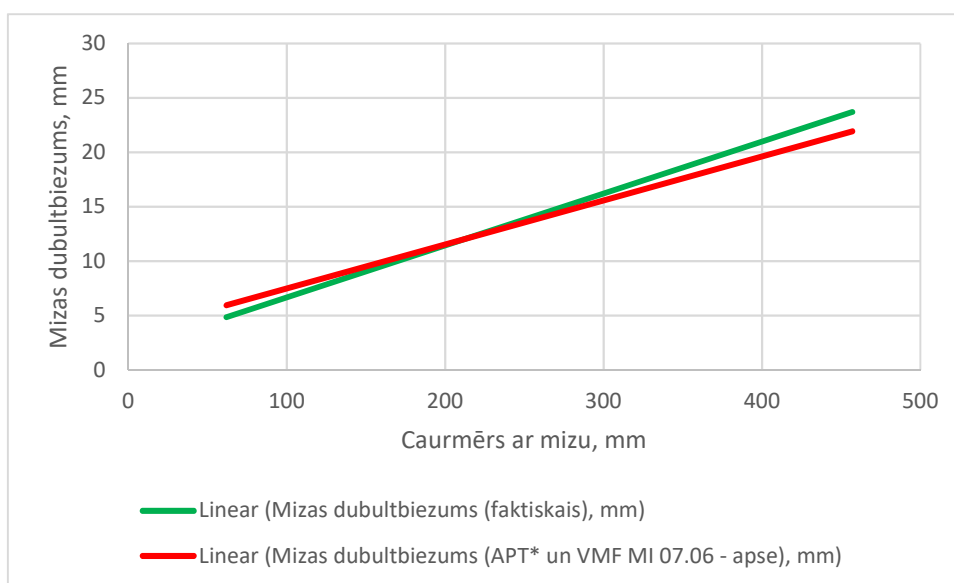
Izmantojot caurmēru ar mizu un mizas dubultbiezumus pēc APT* failā un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītiem apsēs lineārās funkcijas koeficientiem, tiks novērtēta mizas redukcijas algoritma ietekme uz tilpuma noteikšanas precizitāti (skat. 3.5. tab.).

Novērtējot Mizas dubultbiezuma redukcijas algoritma ietekmi uz tilpuma noteikšanas precizitāti, sortimentu tilpums tiek aprēķināts atbilstoši procedūrai Nr.VKP1/2018 “Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)”.

Tilpuma novirze pēc mizas redukcijas algoritma

Caurmēra pakāpe, cm	Tilpuma novirze pēc APT* faila un VMF MI 07.06, %
20 un 24	-1,1
28, 32 un 36	0,6
40 un 44	1,4

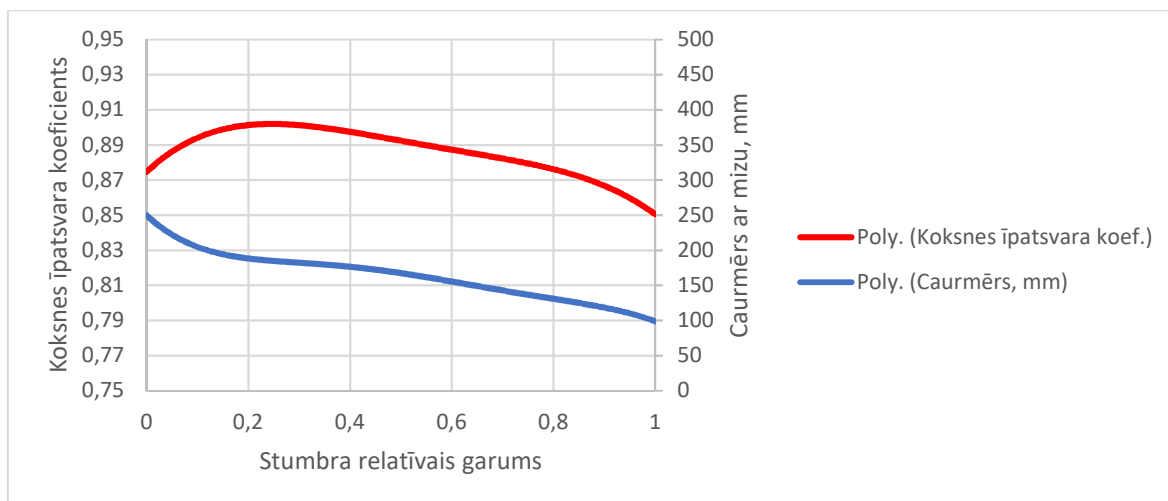
Atkarībā no koka krūšaugstuma caurmēra pakāpes tilpuma novirze svārstās robežās no -1,1 līdz 1,4 %. Vidējās un plašāk pārstāvētās caurmēra pakāpēs tilpuma novirze dēļ mizas redukcijas algoritma nepārsniedz 1 %. Līdz ar to šajā gadījumā bērza mizas dubultbiezuma novērtēšanā arī turpmāk būtu jāizmanto APT* failā norādītie lineārās funkcijas koeficienti (harvesteriem) un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītie apses lineārās funkcijas koeficienti (automatizētās uzmērīšanas ierīcēs).



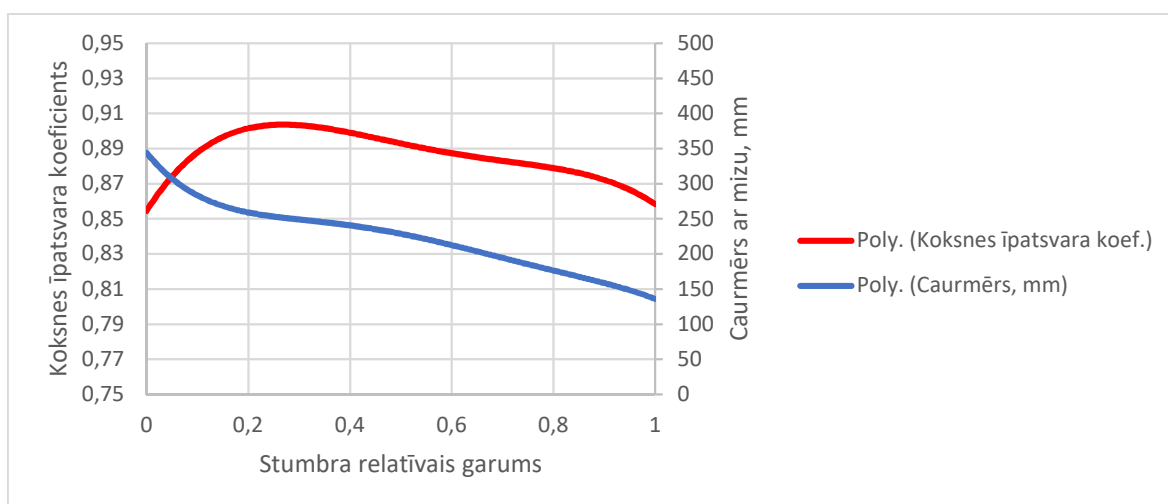
3.18. att. Bērza mizas dubultbiezuma izmaiņas atkarībā no caurmēra ar mizu.

Bez mizas dubultbiezuma bērza sortimentiem (finierklučiem) tiek izmantots arī koksnes īpatsvara koeficients, kuru izmanto, lai iegūtu apaļo kokmateriālu tilpumu bez mizas.

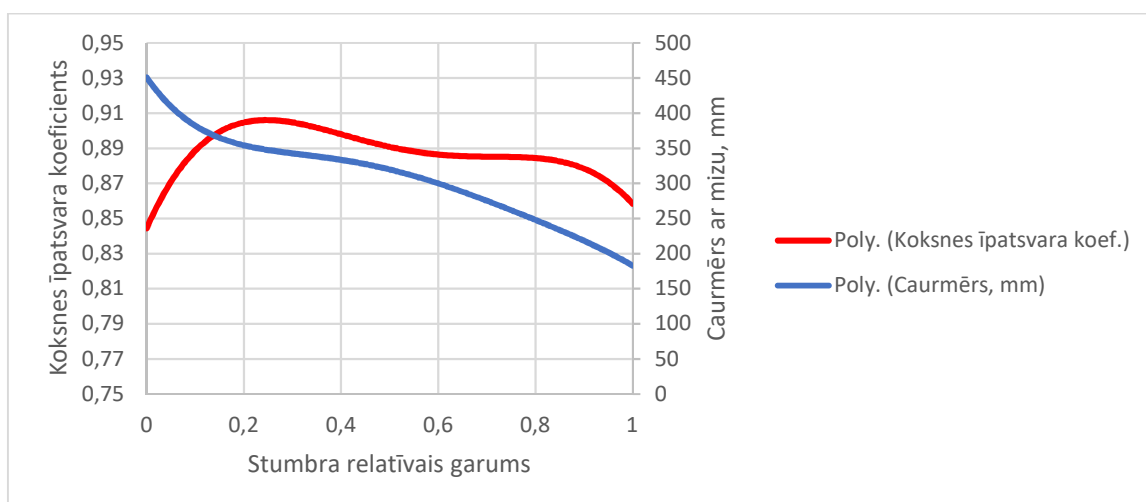
No 3.19. attēla līdz 3.21. attēlam apkopots faktiskās bērza koksnes īpatsvara koeficienta izmaiņas stumbra garumā dažādām koka krūšaugstuma caurmēra pakāpēm. Vērtējot faktiskās bērza koksnes īpatsvara koeficienta izmaiņas stumbra garumā, var novērot tā strauju palielināšanos no stumbra resgaļa līdz 1/4 no stumbra relatīvā garuma (no 0,85-0,87 līdz 0,90), bet tālāk seko pakāpenisks samazinājums stumbra galotnes virzienā (līdz 0,86).



3.19. att. Koksnes īpatsvara koeficienta izmaiņas bērza stumbra garumā 20 un 24 cm caurmēra pakāpē.



3.20. att. Koksnes īpatsvara koeficienta izmaiņas bērza stumbra garumā 28, 32 un 36 cm caurmēra pakāpē.



3.21. att. Koksnes īpatsvara koeficienta izmaiņas bērza stumbra garumā 40 un 44 cm caurmēra pakāpē.

Izvērtējot bērza koksnes īpatsvara izmaiņas stumbra garumā, sagatavota jauna koksnes īpatsvara tabula bērza finierklučiem, kurā norādīti vidējie koksnes īpatsvara koeficienti pieciem caurmēra intervāliem (skat. 3.6. tab.). Mizas tilpums atkarībā no caurmēra svārstās robežas no 13 % (līdz 199 mm) līdz 9 % (350 mm un resnāki).

3.6. tabula

Projekta ietvaros sagatavotie koksnes īpatsvara koeficienti bērza finierklučiem.

Caurmērs, mm	Koksnes īpatsvara koeficients	Mizas tilpums, % *
līdz 199 mm	0,87	13
200 - 249 mm	0,88	12
250 - 299 mm	0,89	11
300 - 349 mm	0,90	10
350 mm un resnāki	0,91	9

* resgaļa sortimentiem mizas apjomu pareizina ar 1,5 (pūkainais bērzs), bet resgaļa sortimentiem ar izteiktu kreves mizu norēķina dubultu mizas apjomu (kārpainais bērzs).

Šobrīd pēc VMF MI 07.06 instrukcijas pirmajiem bērza nogriežņiem paredzēja norēķināt dubultu mizas apjomu, bet vērtējot līdzšinējos pētījuma rezultātus, var secināt, ka vidējais mizas tilpums pirmajam nogriežnim nepārsniedz 15 % - tātad pirmajiem nogriežņiem mizas apjoms jāpareizina ar 1,5. Dubultais mizas apjoms saglabājams resgaļa sortimentiem ar izteiktu kreves mizu.

Šāda atšķirība skaidrojama ar to, ka Latvijā aug divu sugu bērzi – kārpainais bērzs (*Betula pendula*) ar izteiktu kreves mizu stumbra resgaļa daļā un pūkainais bērzs (*Betula pubescens*), kuram kreves miza sastopama tikai vecākiem kokiem pie stumbra pamata (līdz 1 m augstumam).

Secinājumi

1. Izmantojot APT* failā norādītos un harvesteros izmantotos lineārās funkcijas koeficientus stumbra resgaļa sortimentiem (1 nogriežņiem – 3 m) tiek noteikts mazāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko un līdz ar to, tilpuma starpība svārstās robežās no 7,3 līdz 11,1 %. Pārējā stumbra daļa tiek novērtēts lielāks mizas dubultbiezums, salīdzinot ar faktisko līdz ar to, tilpuma starpība svārstās robežās no -0,3 līdz -4,9 %.
2. Izvērtējot Zviedrijas institūta “Skogforsk” 2004. gadā izstrādāto priedes mizas funkcija harvesteriem ir novērojama tendence noteikt lielāku mizas dubultbiezumu par faktisko, un līdz ar to tilpuma noteikšanas precizitāte stumbra garumā svārstās robežās no -1,4 līdz -4,4%, bet vērtīgāko resgaļu sortimentu tilpuma novirzes ir ievērojami mazākas salīdzinot ar rezultātiem pēc Latvijā izmantotiem ATP* failā norādītiem lineārās funkcijas koeficientiem. Līdz ar to arī Latvijā būtu rekomendējama Zviedrijas institūta “Skogforsk” 2004. gadā izstrādātā priedes mizas funkcija harvesteriem.
3. Lai iegūtu augstāku uzmērīšanas precizitāti priedes sortimentiem ar automatizētām uzmērīšanas ierīcēm, ieteicams izmantot projekta ietvaros uz šo brīdi izstrādātās mizas funkcijas katram mizas tipam.
4. Lai mazinātu tilpuma novirzi dēļ mizas redukcijas algoritma egles sortimentiem, būtu jāveic lineārās funkcijas koeficientu korekcija, kuras rezultātā novērtētu mazāku mizas dubultbiezumu – atbilstošāku faktiskajam.
5. Bērza mizas dubultbiezuma novērtēšanā turpmāk jāizmanto APT* failā norādītie lineārās funkcijas koeficienti (harvesteriem) un VMF MI 07.06 instrukcijā norādītie apses lineārās funkcijas koeficienti (automatizētās uzmērīšanas ierīcēs).

Izmantoto informācijas avotu saraksts

1. Hannrup, B., 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. Arbetsrapport från Skogforsk nr 575, 2004, Uppsala
2. Introduction to StanForD 2010. Pieejams: <https://www.skogforsk.se/contentassets/1a68cdce4af1462ead048b7a5ef1cc06/stanford-2010-introduction-150826.pdf>
3. Kopšanas ciršu rokasgrāmata - Latvijas valsts meži. Pieejams: https://www.lvm.lv/images/lvm/Petijumi_un_publicijas/KC-rokasgramata.pdf
4. PROCEDŪRA Nr. VKP1/2018 "Apaļo kokmateriālu tilpuma noteikšanas precizitātes kontrole (ar automatizētu uzmērīšanas ierīci)". Pieejams: http://site-417100.mozfiles.com/files/417100/Procedura_Nr_VKP1_2018_LV_ar_izmainam_18_03_2020.pdf
5. Procedūras Nr. VKP1/2018 1. Pielikums. Pieejams: http://site-417100.mozfiles.com/files/417100/1_Pielikums_Procedurai_Nr_VKP1_2018-1.pdf
6. Standard for Forest Data and Communication Appendix: Definitions of variables - General and country specific. Pieejams: https://www.skogforsk.se/contentassets/b063db555a664ff8b515ce121f4a42d1/appendix1_eng_120418.pdf
7. Stumbra sagarumošanas (APT*) failu uzstādījumu standarts. Pieejams: https://www.lvm.lv/images/lvm/Profesionaliemi/Me%C5%BEizstr%C4%81de/Pielikumi/lvm-apt-standarts_15.pdf
8. VMF MI 07.06 instrukcija. Mizas aprēķina sakarība pēc mizas tipa.