

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

TOMAS ADOMAVIČIUS

Raštų pozicionavimo paklaidų įtaka pjautinės medienos išeigai

Magistro darbas

Vadovas: doc. dr. A. Baltrušaitis

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Medžiagų inžinerijos katedros vedėjas

Doc. Dr. Vaida Jonaitienė

TOMAS ADOMAVIČIUS

Rąstų pozicionavimo paklaidų įtaka pjautinės medienos išėgai

Medienos inžinerijos (621J53001)

Magistro baigiamasis darbas

Vadovas

doc. dr. A. Baltrušaitis

Recenzentas

doc. dr. D. Albrektas

Atliko

Tomas Adomavičius

2015 05 29

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Tomas Adomavičius

(Studento vardas, pavardė)

Medienos inžinerija (621J53001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Rąstų pozicionavimo paklaidų įtaka pjautinės medienos išeigai“

1. AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

2015m. Gegužės mėn. 29d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Tomo Adomavičiaus** baigiamasis projektas tema „Rąstų pozicionavimo paklaidų įtaka pjautinės medienos išeigai“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

_____ (vardą ir pavardę įrašyti ranka)

_____ (parašas)

T. Adomavičius. Rąstų pozicionavimo paklaidų įtaka pjautinės medienos išeigai / Vadovas doc. dr. A. Baltrušaitis. / Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Medžiagų inžinerijos katedra. Kaunas, 2015 – 63p., 53 pav., 20 lent., 4 pried.

/Santrauka/

Pjautinės medienos technologijos moksliniai tyrimai plėtojasi daug sparčiau nei juos besivejanti technika ir technologija. Šimtmečius besitęsianti praktika rodo, kaip ši pramonės šaka turėtų ir toliau plėtotis. Tačiau naujausi technikos, technologijų bei pramonės kompiuterizavimo pasiekimai verčia nuolat tikrinti, vertinti ir keisti tuos lyg ir nepajudinamus šios pramonės šakos rodiklius. Gausūs ir iš esmės vieninteliai gamtos išteklių, sukaupti beveik 31% Lietuvą dengiančių miškų masyvuose, įpareigoja mus racionaliai naudoti šį potencialą kaip svarų argumentą derybose ir bendradarbiaujant ES.

Mokslinio darbo tikslas – išsiaiškinti ir išanalizuoti veiksnius, faktorius, kurie turi įtakos specializuotos paskirties pjautinės medienos išeigai.

Tiriamasis objektas – pjovimo metu gauti natūralios medienos ruošinius. Tyrimams atlikti buvo naudojami specialūs prietaisai ir programos.

Tyrimo uždaviniai :

1. Nustatyti įvairių rąstų pjaustymo technologinių procesų parametrų – rąsto centravimo ir polinkio paklaidų įtaką pjautinės medienos išeigai ir kokybei.

2. Įvertinti žaliavos kokybę.

3. Gauti regresijos lygtis, kurios aprašytų visų veiksnių įtaką maksimaliai pjautinės medienos išeigai.

4. Parinkti optimalius kiekvienos rąstų skersmenų klasės rinkinius ir ištirti įvairių veiksnių įtaką pjautinės medienos išeigai.

5. Palyginti gautus rezultatus su realiais gamybiniais rodikliais ir skaičiavimais.

Centravimo paklaidos įtakos optimalių rinkinių išeigos pokyčių vertėms dėsningumą nenustatyta. Todėl realioje gamyboje išeigos svyravimai dažnai suprantami ir traktuojami klaidingai, nesuprantant jų priežasties. Centravimo paklaida “pasislepia” dėl vardinių matmenų diskretiškumo. Centravimo paklaida turi įtakos ne tik tūrinei, bet labiausiai specifikaicinei ir vertinei pjautinės medienos išeigai, nes negaunamos norimų ilgių ir skerspjūvio matmenų lentos.

T. Adomavičius. Effects of Sawlog Infeed Inaccuracies to the Timber Yield / Supervisor – Dr. A. Baltrušaitis. Department of Materials Engineering, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology, Kaunas, 2015 - 63 pages., 53 fig., 20 tables., Appendix 4.

/Summary/

Sawn timber technologies and research evolves much faster than them catching technique and technology. For centuries, the continuing practice shows how the industry should continue to develop. However, the latest technical, technological and industrial achievements in computerization are focused to monitor, assess and change the sort of dogged the industry indicators. Abundant and basically the only natural resources, accumulated on nearly 31% of Lithuania covering forests, oblige us to rational use of this potential as a strong argument for negotiations and cooperation in the future in the European family.

The aim of this thesis - to identify and analyze the factors affecting the yield of specialized purpose sawn timber.

The object of this thesis - natural wood blanks produced by cutting. Special devices and applications were used for the survey.

The goals of this thesis:

1. To identify various logs cutting process parameters - the log centering and skew influence of sawn timber yield and quality.
2. To evaluate the quality of raw materials.
3. To get regression equations, that describes all the factors on maximizing lumber yield.
4. To select the optimum diameter logs that each class sets and investigate the influence of sawn timber yield.
5. To compare the results with the real production indicators and calculations.

There is not observed any regularities of offset influence for the optimal sets of the output changes value. Therefore the real production output fluctuations are often incorrectly understood and treated without understanding their reasons. Centering error often "hides" for nominal dimensions discretion. Offset affects not only the volume yield, but mostly specific and in value yield of sawn timber, because boards are not obtained in the desired length and cross-sectional dimension as are expected.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS	7
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	8
ĮVADAS	7
1. LITERATŪROS APŽVALGA	12
1.1. Pjautinės medienos gamyba	12
1.2. Optimalus pozicionavimas	13
1.3. Pozicionavimo paklaidų įtaka pjautinės medienos išeigai	17
1.4. Apžvalgos rezultatai ir išvados.....	24
2. TYRIMO METODIKA IR PROGRAMA.....	26
2.1. Tyrimo metodika	26
2.2. Eksperimento duomenų statistinis įvertinimas.....	30
3. TYRIMO REZULTATAI.....	32
3.1. UAB „Tramex“ lentpjūvės tyrimų rezultatai	32
3.2. UAB „Migva“ lentpjūvės tyrimų rezultatai	38
3.3. UAB „Visagino lentpjūvė“ tyrimų rezultatai.....	46
3.4. UAB „Asaja“ lentpjūvės tyrimų rezultatai	48
4. TEORINIS LENTPJŪVĖS IŠEIGŲ GERINIMO MODELIS	51
IŠVADOS	60
LITERATŪROS ŠALTINIAI.....	62
PRIEDAI.....	64

Lentelių sąrašas

1. 1 lentelė. įėjimo ir išėjimo parametrų svyravimai	22
2. 2 lentelė. pjautinės medienos išeių pokyčiai priklausomai nuo centravimo paklaidos ϵ , ($d=16$ cm, $l=6,5$ m, $b=4$ mm, tašinis pjaustymas)	24
3. 3 lentelė. pušies bandinių plongalio rezultatai	32
4. 4 lentelė. dažnių pasiskirstymas	32
5. 4 lentelės tęsinys	33
6. 5 lentelė. nuolaibio ir išeių rezultatai	35
7. 6 lentelė. pušies bandinių plongalio rezultatai	38
8. 7 lentelė. pušies bandinių 25% atstumu nuo plongalio rezultatai	38
9. 7 lentelės tęsinys	39
10. 8 lentelė. pušies bandinių 50% atstumu nuo plongalio rezultatai	39
11. 9 lentelė. pušies bandinių 75% atstumu nuo plongalio rezultatai	39
12. 10 lentelė. pušies bandinių storgalio rezultatai	39
13. 11 lentelė. pjaunamo tašo optimalūs bei ribiniai aukščiai	43
14. 11 lentelės tęsinys	44
15. 12 lentelė. išeių padidėjimas nuo naujai parinktų tašo aukščių	45
16. 13 lentelė. pušies bandinių plongalio rezultatai	46
17. 13 lentelės tęsinys	47
18. 14 lentelė. alksnio bandinių rezultatai	49
19. 15 lentelė. tašo tūrinė išeiga iš 140mm rąsto	51
20. 16 lentelė. tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išeiga iš 160mm rąsto	52
21. 17 lentelė. tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išeiga iš 180mm rąsto	53
22. 18 lentelė. tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išeiga iš 200mm rąsto	54
23. 19 lentelė. tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išeiga iš 220mm rąsto	56
24. 20 lentelė. tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išeiga iš 240mm rąsto	58

Paveikslų sąrašas

25. 1 pav. rąstų pjaustymo būdai	13
26. 2 pav. rąsto centravimo paklaidos matavimo schema	14
27. 3 pav. matavimo vietų paženklinimas taše.	15
28. 4 pav. grafinis centravimo paklaidos rezultatų vaizdavimas	15
29. 5 pav. netikslumas paduodant rąstą į stakles	16
30. 6 pav. keturi centravimo pjovimo metodai ir trys paklaidų metodai, su kuriais jie yra lyginami.....	16
31. 7 pav. grafinis centravimo paklaidos vaizdavimas vidutinėms reikšmėms.....	17
32. 8 pav. rąsto centravimo paklaidos schema	18
33. 9 pav. rąsto polinkio paklaidos schema	19
34. 10 pav. rąsto centravimo paklaidos nustatymas.....	19
35. 11 pav. rąsto padėtis: a) kai nėra centravimo ir polinkio paklaidų ir b) esant centravimo paklaidai	21
36. 12 pav. a) rąsto polinkio paklaidos matavimo schema b) rąsto geometrinės formos aprašymo schema.....	21
37. 13 pav. rąsto centravimo paklaidos matavimo schema	28
38. 14 pav. matavimo vietų paženklinimas taše	28
39. 15 pav. grafinis centravimo paklaidos rezultatų vaizdavimas	29
40. 16 pav. netikslumas paduodant rąstą į stakles	29
41. 17 pav. teorinė gauso kreivė, kuri nėra ideali. sisteminė paklaida: slinktis rąsto į kairę pusę	33
42. 18 pav. išeigos priklausomybė nuo rąsto skersmens ir centravimo paklaidos	34
43. 19 pav. tiesioginė išeigos ir centravimo paklaidos priklausomybė.....	34
44. 20 pav. 240 mm skersmens rąsto išeigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos	36
45. 21 pav. 280 mm skersmens rąsto išeigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos	36
46. 22 pav. 340 mm skersmens rąsto išeigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos	37
47. 23 pav. pirmosios lentpjūvės grafinis rąsto vaizdavimas su centrine paklaida ir standartiniu nuokrypiu.....	37
48. 24 pav. centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. pušies plongalių paklaidos rezultatai	40
49. 25 pav. centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. pušies 25% atstumu nuo plongalio paklaidos rezultatai	40
50. 26 pav. centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. pušies 50% atstumu nuo plongalio paklaidos rezultatai	41
51. 27 pav. centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. pušies 75% atstumu nuo plongalio paklaidos rezultatai	41
52. 28 pav. centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. pušies storgalių paklaidos rezultatai	42
53. 29 pav. antros lentpjūvės grafinis rąsto vaizdavimas su centrine paklaida ir standartiniu nuokrypiu.....	43
54. 30 pav. tašo aukščio priklausomybė nuo rąsto skersmens	44
55. 31 pav. optimalaus tašo aukščio paskirstymo grafikas, pagal rąsto skersmenis.....	45
56. 32 pav. išeigos pagerėjimas, parinkus kitus tašo aukščius	46
57. 33 pav. centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. pušies plongalių paklaidos rezultatai	47
58. 34 pav. rąsto išeigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos.....	47
59. 35 pav. grafinis rąsto vaizdavimas su centravimo paklaidomis ir vidutinėmis reikšmėmis ...	48
60. 36 pav. centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. alksnio rąstų paklaidos rezultatai	49
61. 37 pav. ketvirtosios lentpjūvės grafinis rąsto vaizdavimas su centravimo paklaidomis ir standartiniu nuokrypiu.....	50

62. pav. 38. iš 140mm skersmens rąsto išpjautas tašas.....	51
63. 39 pav. iš 160mm skersmens rąsto išpjautas tašas.....	51
64. 40 pav. papildomai išpjautos šoninės lentos.....	52
65. 41 pav. iš 180mm skersmens rąsto išpjautas tašas.....	52
66. 42 pav. 2- vi papildomai išpjautos šoninės lentos.....	53
67. 43 pav. iš 200mm skersmens rąsto išpjautas tašas.....	53
68. 44 pav. 2-vi papildomai išpjautos šoninės lentos.....	54
69. 45 pav. 4- ios papildomai išpjautos šoninės lentos	54
70. 46 pav. 200mm rąsto skersmens išeigos pagerėjimas išpjovus papildomas lentas iš gaubtinių	55
71. 47 pav. iš 220mm skersmens rąsto išpjaunamas tašas	55
72. 48 pav. 2 – vi papildomai išpjautos šoninės lentos	55
73. 49 pav. 4 – rios papildomai išpjautos šoninės lentos	56
74. 50 pav. iš 240mm skersmens rąsto išpjaunamas tašas	56
75. 51 pav. 2 – vi papildomai išpjautos šoninės lentos	57
76. 52 pav. 4 – rios papildomai išpjautos šoninės lentos	57
77. 53 pav. 6 – šios papildomai išpjautos šoninės lentos	57
78. 54 pav. 240mm rąsto skersmens išeigos pagerėjimas išpjovus papildomas lentas iš gaubtinių	58
79. 55 pav. išeigos priklausomybė nuo papildomai pjautų lentų skaičiaus ir rąsto skersmens.....	58

ĮVADAS

Pjautinės medienos technologijos moksliniai tyrimai plėtojasi daug sparčiau nei juos besivejanti technika ir technologija. Šimtmečius besitęsianti praktika rodo, kaip ši pramonės šaka turėtų ir toliau plėtotis. Tačiau naujaisi technikos, technologijų bei pramonės kompiuterizavimo pasiekimai verčia nuolat tikrinti, vertinti ir keisti tuos lyg ir nepajudinamus šios pramonės šakos rodiklius. Gausūs ir iš esmės vieninteliai gamtos ištekliai, sukaupti beveik 31 % Lietuvą dengiančių miškų masyvuose, įpareigoja mus racionaliai naudoti šį potencialą kaip svarų argumentą derybose ir bendradarbiaujant būsimoje Europos šeimoje. Lietuvos lentpjūvystei svarbu ir aktualu ne tik sekti ir diegti naujausius šios srities laimėjimus, bet ir stengtis, kad mokslas, technologijos ir profesiniai įgūdžiai padėtų ją tobulinti. Tiek mokslinė, tiek gamybinė patirtis į Lietuvą sklido visų pirma iš Rusijos, Skandinavijos, Vokietijos ir Š. Amerikos mokslinių institucijų. Vis dėlto kiekviena šalis turi savus dėsningumus ir kriterijus, kaip tinkamai naudoti savo medienos išteklius. Lietuvos geopolitinė padėtis įpareigoja plėtoti ir tinkamai naudoti turimus miškų išteklius. Modernios technologijos ir technika, ateinanti iš Vakarų, sudaro sąlygas racionaliai juos naudoti.

Todėl būtina žinoti tiek Lietuvoje iškertamos, tiek į lentpjūves patenkančios apvaliosios medienos matmenų rodiklius, kurie tinka tik mūsų šaliai, taip pat kokios formos, matmenų bei technologiniai veiksniai daro įtaką pjautinės medienos tūrinei ir specifikaicinei išeigai, kadangi dauguma Lietuvos lentpjūvių pjauna nestandartinių matmenų gaminius ir pasiekama labai maža išeiga 30 – 35 %, geriausios lentpjūvėse pasiekia 50%.

Lietuvoje vyrauja smulkios gamybos lentpjūvės, kurių metinis pajėgumas 7 – 15 tūkst. m³ medienos ruošinių, taip pat yra keletas gaminančios 25 – 40 tūkst. m³ ir didžiausia Lietuvoje lentpjūvė, kurios metiniai pajėgumai yra 190 tūkst. m³. Pjautinė mediena iš rąstų išilgai pjaunama diskinėmis ir juostinėmis rąstų ir tašų pjaustymo staklėmis, rėminiu gateriu arba pjovimo - frezavimo agregatais. Daugiausia rąstams pjaustyti naudojamas rėminis gateris. Jo vertikalčiai dideliu greičiu judančiame rėme įtvirtinti keli pailgi pjūklai. Pjautinė mediena iš rąstų išilgai pjaunama diskinėmis ir juostinėmis rąstų ir tašų pjaustymo staklėmis, rėminiu gateriu arba pjovimo - frezavimo agregatais. Daugiausia rąstams pjaustyti naudojamas rėminis gateris. Jo vertikalčiai dideliu greičiu judančiame rėme įtvirtinti keli pailgi pjūklai. Rėminiai gateriai dažniausiai dirba linijose po du. Iš jų pirmasis išpjauna tašą, o antrasis supjausto į apipjautas lentas. Tokia gamyba pasižymi tam tikrais ypatumais lyginant su klasikine standartinių matmenų sortimentų gamyba, dar vadinama gamyba į sandėlį, t.y. perpardavinėtojams. Mažas išpjaunamų asortimentų matmenų (storių, pločių ir ilgių) variantų skaičius labai apsunkina jų išpjovimą iš įvairaus skersmens rąstų, su pakankama tūrine išeiga. Tokios lentpjūvės yra mažai pelningos, išeiga nuo 30 – 35%, geriausios lentpjūvės pasiekia ir 75%. Tokiose lentpjūvėse dažniausiai nustatyti 2 – 3 pločiai, 2 – 3 storiai, o

rašto skersmenų intervalas yra labai platus. Iš mažo ir vidutinio skersmens rąstų pjaunamas vienas tašas, o iš didesnio skersmens rąsto pjaunama du tašai arba didesnio aukščio tašas. Be to staklėse naudojami įrankiai, kurie pjauna rąstą su didele prapjova. Optimaliausias variantas yra tas, kur pjaunant diskiniiais pjūklais prapjova neviršija 3,8 – 4,0 mm, o juostiniuose pjūkluose neviršija 2,5 – 3,0 mm.

Šio darbo tikslas yra nustatyti įvairių veiksnių įtaką pjautinės medienos išeigai ir kokybei. Darbo tyrimai buvo atliekami konkrečiose lentpjūvėse. Pirmoji lentpjūvė – UAB „Tramex“ Batėgala, antroji UAB „Asaja“ Marijampolėje, trečioji UAB „Migva“ Jūrė, ketvirtoji Visagino lentpjūvė.

Įgyvendinti darbo tikslus buvo sprendžiami tokie uždaviniai:

1. Nustatyti įvairių rąstų pjaustymo technologinių procesų parametrų – rąsto centravimo ir polinkio paklaidų įtaką pjautinės medienos išeigai ir kokybei.

2. Įvertinti žaliavos kokybę.

3. Gauti regresijos lygtis, kurios aprašytų visų veiksnių įtaką siekiant maksimalios pjautinės medienos išeigos.

4. Parinkti optimalius kiekvienos rąstų skersmenų klasės rinkinius ir iširti įvairių veiksnių įtaką pjautinės medienos išeigai.

5. Palyginti gautus rezultatus su realiais gamybiniais rodikliais ir skaičiavimais.

LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Pjautinės medienos gamyba

Pjautinė mediena yra lentpjūvystės pramonės produkcija. Ji yra įvairių skerspjūvių ir ilgių, pjaunama iš visų medžių rūšių, kuri yra parduodama nedžiovinta, natūralaus bei kamerinio džiovinimo. Gali būti obliuota, kalibruota ir supjaustyta į ruošinius.

Pjautinė mediena iš rąstų išilgai pjaunama diskinėmis ir juostinėmis rąstų ir tašų pjaustymo staklėmis, rėminėmis pjaustymo staklėmis arba pjovimo – frezavimo agregatais. Daugiausia rąstams pjaustyti naudojamos rėminės pjaustymo staklės.

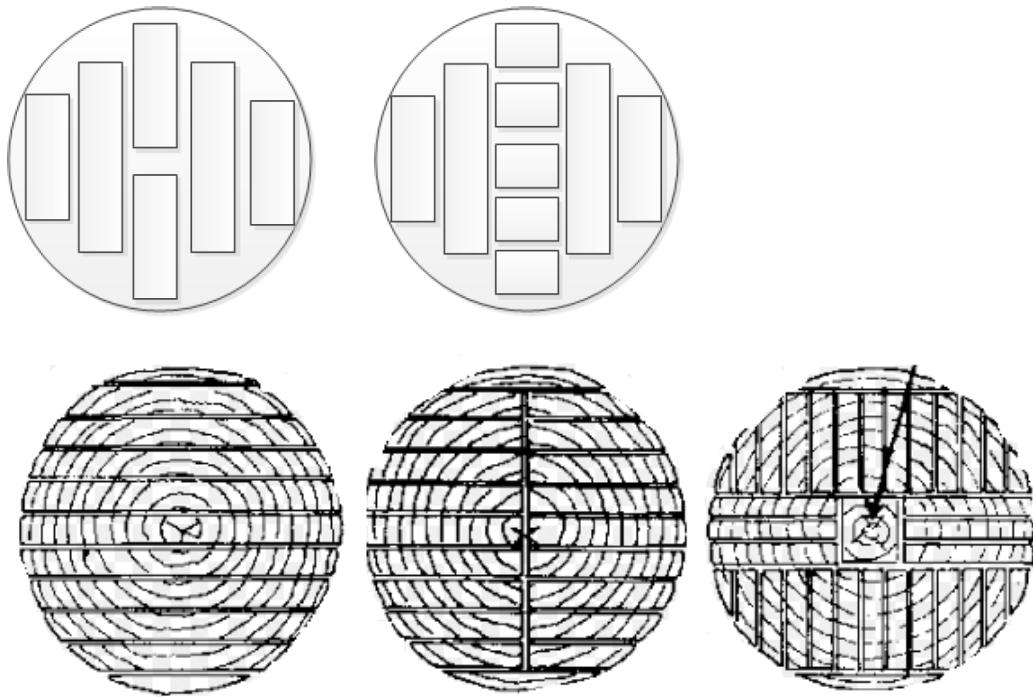
Rėminės pjaustymo staklės dažniausiai dirba linijose po du iš jų pirmas išpjauna tašą, o antrasis supjausto į apipjautas lentas. Tai palyginti našus, tačiau neracionalus pjaustymo būdas, kadangi susidaro daug atliekų.

Pjaunant juostinėmis rąstų ir tašų pjaustymo staklėmis galima geriau stebėti produkcijos kokybę ir dėl atsiradusių ydų ar kitokių problemų keisti tašo ar lentų matmenis. Su šiomis staklėmis darbas nėra našus ir pjaustomi daugiau stori ir vertingesni tašai.

Diskinėmis pjaustymo staklės yra didelio našumo ir dažniausiai skirtos pjaustyti plonesniems rąstams. Čia produkcijos išeiga taip pat mažesnė, daug žaliavos virsta pjuvenomis ir atraizomis.

Pjovimo – frezavimo agregatai, tai našiausias ir produktyviausias būdas pjaustyti rąstus, kadangi išorinė, periferinė rąsto dalis frezomis smulkinama į technologines drožles, o vidinė diskiniiais pjūklais arba rėminėmis pjaustymo staklėmis pjaustoma reikiamų matmenų, taisyklingos formos pjautinės medienos asortimentai. Technologinės drožlės parduodamos plokščių ar celiuliozės gamybos įmonėmis.

Yra keletas apvaliosios medienos išilginio pjaustymo būdų. Paprasčiausias – pirminis pjaustymas, kai vienu leidimu per rėmines pjaustymo stakles gaunamas neapipjautos lentos su aštriomis briaunomis. Modeliniu būdu – dviem pjovimais gaunami aštriabriauniai asortimentai. Veidrodiniu pjovimu – gaminami asortimentai, kurių skerspjūvyje daugumas metinių rėvių yra statmenos pločio linijai. Toks pjaustymo būdas vadinamas radialiniu, arba spinduliniu. Tačiau, kad ir kaip būtų gaminami pjautinės medienos asortimentai, visuomet lieka pirminės (prigimtinės) žaliavos savybės, kinta tik jos pavidalas, geometrinė forma.[7]



1 pav. Rąstų pjaustymo būdai

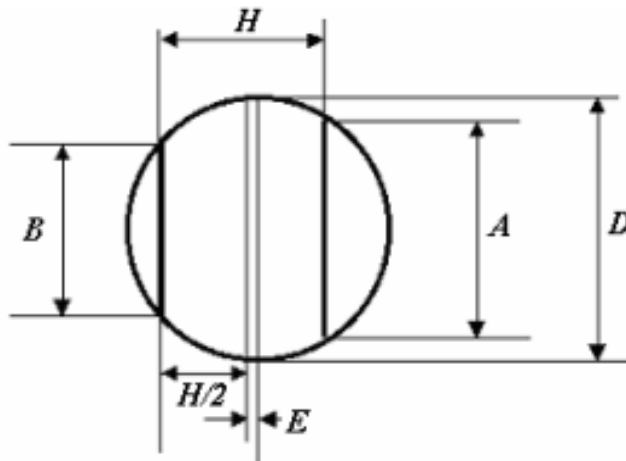
Atsižvelgiant į pjaustymo būdus yra svarbu teisingai sucentruoti rąstą, kad išsipjautų tinkamų matmenų lentos, gauti maksimalią išėigą ir mažą kiekį atliekų.[17]

1.2. Optimalus pozicionavimas

Optimalus pozicionavimas, tai yra procedūra, kurios metu rąstas paduodamas į stakles taip, kad kiekvienu atveju gautume kuo didesnę pjautines medienos išėigą. Tyrimo objektas centravimo paklaida, kuri apibūdinama kaip rąsto ašies nesutapimas su rinkinio ašimi. Rąsto pozicionavimą galima kontroliuoti:

1. Vizualiai;
2. Naudojant skaitytuvus, lazerius, rentgeno spindulius, kompiuterinę tomografiją (CT – angl. computed tomography).

Abiem atvejais siekiama to paties rezultato. Toliau pateikta centravimo paklaidos matavimo schema pjaustant tašiniu būdu.[6,7]



2 pav. Rąsto centravimo paklaidos matavimo schema

Skaičiuojama rąsto centravimo paklaida pagal formulę:

$$E = \frac{A^2 - B^2}{8 \cdot H}; \quad (1)$$

čia E – rąsto centravimo paklaida, mm;

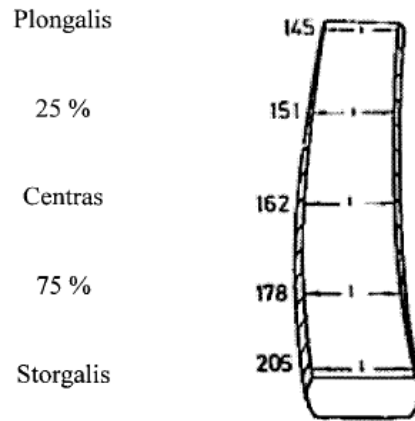
H – tašo aukštis, mm;

A – tašo plotis kairėj pusėj, mm;

B – tašo plotis dešinėj pusėj, mm.

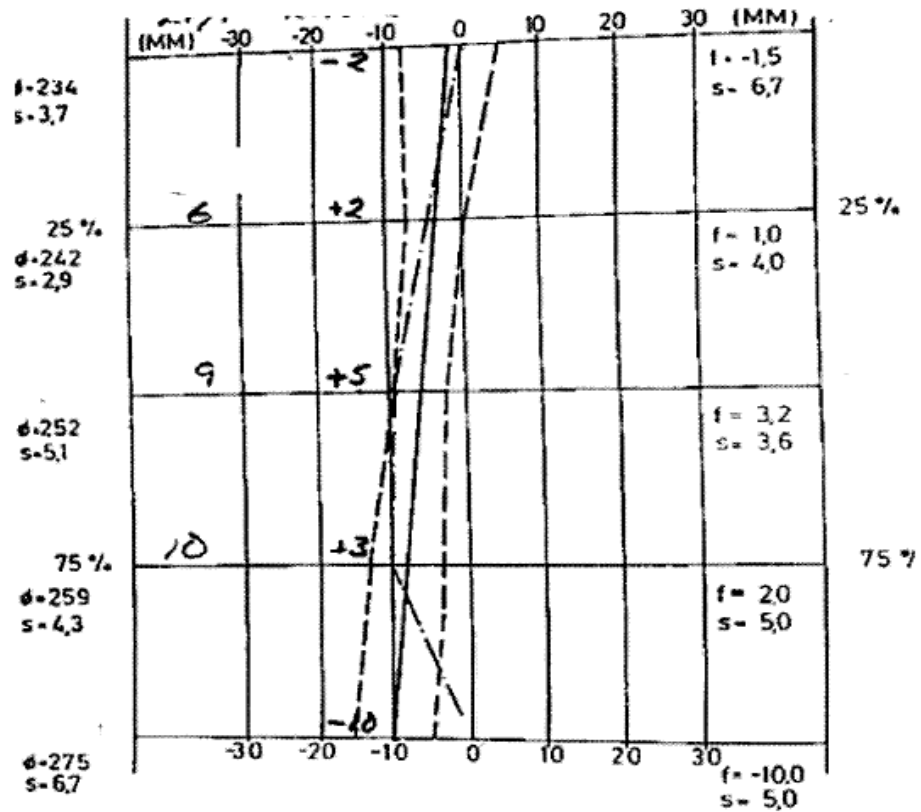
Visus matavimus reikia atlikti šiuo eiliškumu:

1. Matuojamas rąsto plongalio skersmuo ir išreiškiamas milimetrais;
2. Matuojamas rąsto ilgis ir išreiškiamas milimetrais;
3. Tašo plotis turi būti matuojamas penkiose vietose. Rąsto suskirstymas pavaizduotas 4paveiksle;
4. Matuojamas tašo plotis iš anksto pažymėtose vietose kairėje pusėje, išreiškiamas milimetrais;
5. Matuojamas tašo plotis analogiškai dešinėje pusėje, išreiškiamas milimetrais. [17]



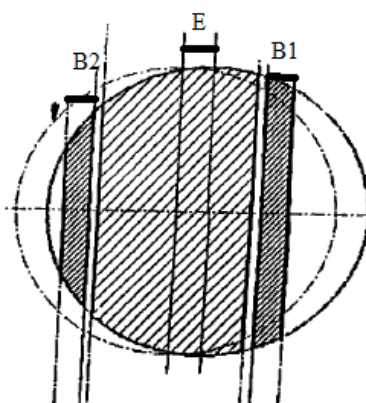
3 pav. Matavimo vietų paženklinimas taše.

Išmatavus, anksčiau minėtu eiliškumu, 20 vienetų tašų skaičiuojama centravimo paklaida. Kaip teoriškai grafiškai galima pavaizduoti gautus rezultatus parodyta 5 paveiksle.



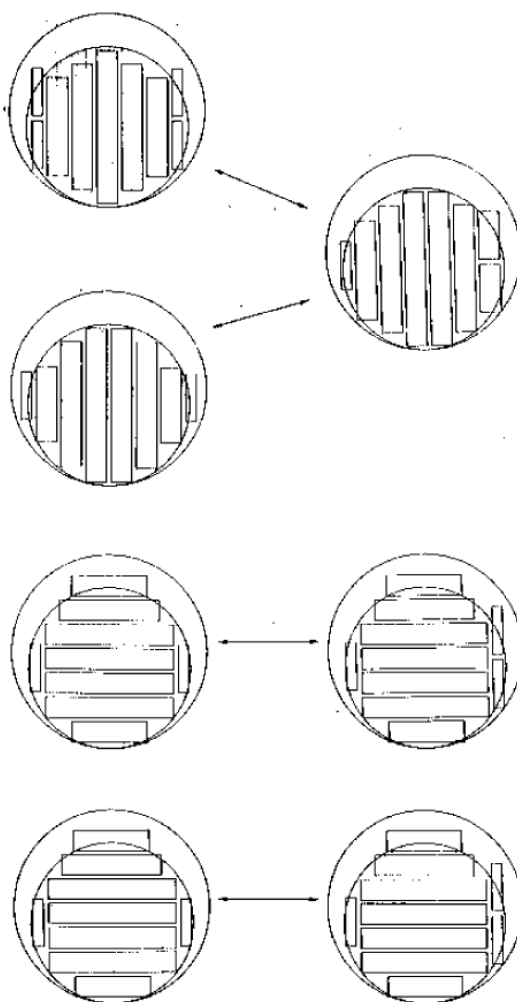
4 pav. Grafinis centravimo paklaidos rezultatų vaizdavimas

Sekančiame paveiksle parodytas galimas rąsto padavimo į stakles netikslumas.[16]



5 pav. Netikslumas paduodant rąstą į stakles

Čia E yra centravimo paklaida, o B1 ir B2 yra lentos gaunamos po pjovimo be centrinės paklaidos ir su ja.



6 pav. Keturi centravimo pjovimo metodai ir trys paklaidų metodai, su kuriais jie yra lyginami

Iš šių paveikslėlių matyti kokias pasekmes duoda centravimo paklaida. [18,19]

		Data:	2004, lapkritis		
Kompanija:	Lentpjūvė "Tvoklė"	Rašis:	Pušis		
Vid. skersmuo:	165,4mm	Vid. ilgis:	261,6cm		
Rastų skaičius	20	Kiti:			
Centrinė linija		—————	Vidurkis	- - - - -	Stan nuokr:
	-	Kairė	0	Dešinė	+
Plongalis					Testo rezultatai
					Vidurkis - 0,97 mm Max paklaida: 2,0 mm
					Standartinis nuokrypis 8,2mm Max paklaida: 4,0 mm
25%					Vidurkis - 1,05 mm Max paklaida: 2,5 mm
					Standartinis nuokrypis 8,38 mm Max paklaida: 4,5 mm
Centras					Vidurkis - 2,74 mm Max paklaida: 3,0 mm
					Standartinis nuokrypis 10,92 mm Max paklaida: 5,0 mm
75%					Vidurkis - 6,62 mm Max paklaida: 3,5 mm
					Standartinis nuokrypis 10,38 mm Max paklaida: 6,0 mm
Storgalis					Vidurkis - 4,07 mm Max paklaida: 4,0 mm
					Standartinis nuokrypis 8,77 mm Max paklaida: 7,0 mm

7 pav. Grafinis centravimo paklaidos vaizdavimas vidutinėms reikšmėms

Pušinio rąsto padavimo į stakles metu, rąsto plongalis sucentruojamas beveik tiksliai, vėliau ties rąsto viduriu atsiranda didesnė centravimo paklaida, o ties storgaliu vėl atsitaikomas paklydimas. Seka išvada, kad rąstas pjovimo metu tarsi susiskersuoja.

1.3. Pozicionavimo paklaidų įtaka pjautinės medienos išeigai

Pagrindinės pozicionavimo paklaidos:

- Centravimo paklaida (angl. Offset) – atstumas nuo pjovimo centro ašies iki rąsto centro ašies

- Nelygiagretumo pastūmos kryptiniai paklaidai (angl. Skew) – nelygiagreti (įstrižinė) rąsto centro ašies paklaida nuo pjovimo centro ašies. Ją vadinsime ašies polinkio paklaida.

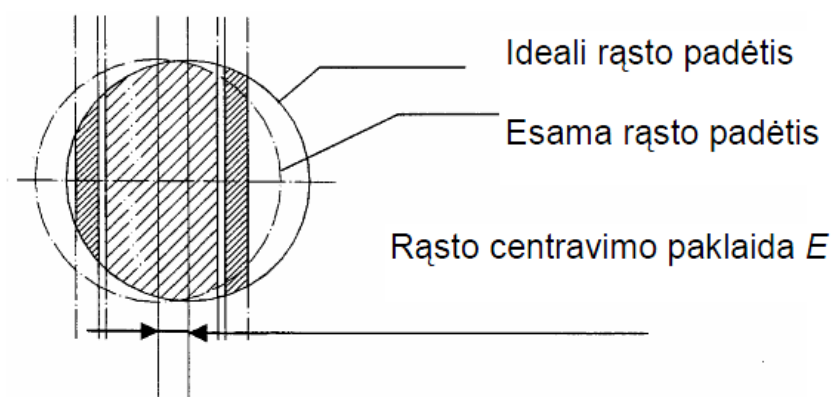
Jei rąstas pozicionuojamas su paklaidomis, turi būti laukiamas išeigos sumažėjimas. Tai turi būti numatyta ir įvertinta iš anksto prieš planuojant rąstų pjaustymą. A. Labeda teigia, kad yra pavojinga absoliutinti šių parametrų įtaką. Jie galioja apibrėžtomis sąlygomis. Bet vieną išvada galima padaryti be abejonės, kad visos paklaidos turi labai didelę įtaką tūrinei ir dar didesnę vertiniai išeigai.[8]

Geras modeliavimas turi parodyti ne tik įvairių įeinančių veiksnių įtaką, bet taip pat parodyti ryšį tarp įvairių veiksnių ir jų įtaką galutiniam rezultatui. Teigiama, kad dėl modeliavimo duomenų diskretiškumo (lentų matmenys varijuoja pagal vardinius matmenis) išeigos sumažėjimas nepastebimas iki 3-5 mm centravimo paklaidos. Bet po to yra pastebimas staigus kritimas. Nėra patikimos taisyklės, kaip tiesiogiai susieti paklaidų skaitines reikšmes su išeigos nuostoliais. Viskas priklauso nuo standartinių matmenų, pjautinės medienos kainos, nekalbant jau apie lentų kokybės klasių struktūrą.[9]

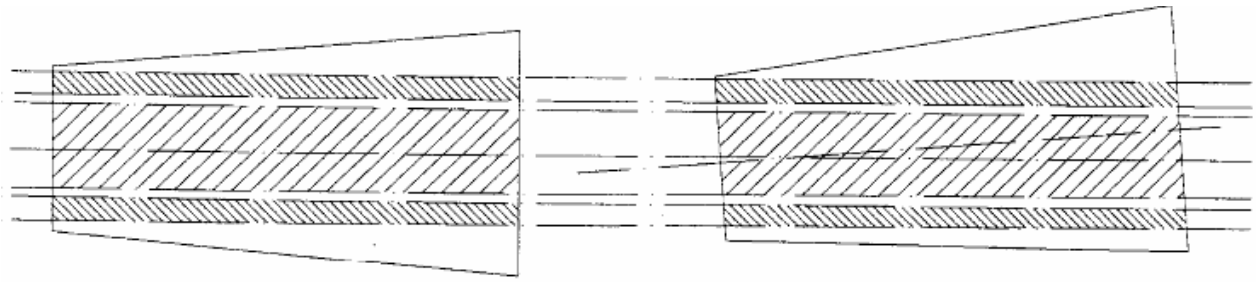
Rąsto pozicionavimas turi įtakos iš esmės visai pjautinės medienos išeigai. Pernelyg didelės rąstų centravimo ir polinkio paklaidos ryškiai mažina ne tik naudingą pjautinės medienos tūrį, bet ir jos kokybę dėl nelaukiamo pažeivio.

Kontroliuojant rąsto pozicionavimo tikslumą, nustatant paklaidų priežastis ir šalinant jų įtaką pakankamai svarbu net ir rankomis koreguoti įrenginių darbą. Panašiai kaip ir visiškai automatizuotuose įrenginiuose su rąstų pozicionavimo skeneriais.

Turi būti taikoma nepriklausoma kontrolės/matavimo sistema, kontroliuojant rąsto padėties tikslumą, padedanti susidaryti teisingą gamybos srauto vaizdą. Rąstų centravimo ir skersavimo paklaidų schemas parodytos paveiksluose (8, 9 pav.).



8 pav. Rąsto centravimo paklaidos schema

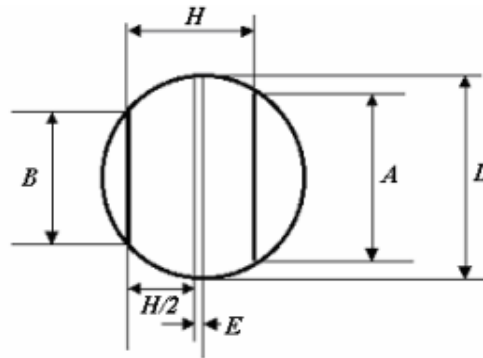


9 pav. Rąsto polinkio paklaidos schema

Rąsto polinkio paklaida yra skaičiuojama pagal šią formulę:

$$\text{Skew} = \tan(\alpha) \times 1000 \text{ mm/m.}$$

Tašinio pjaušimo būdu rąsto centravimas nustatomas matuojant tašo šonų pločius abiejuose tašo pusėse (10 pav.).



10 pav. Rąsto centravimo paklaidos nustatymas

Rąsto skerspjūvis apytiksliai yra apskritimas, tuomet plongalio skersmuo ir centravimo paklaida skaičiuojama pagal formules:

$$D = 2 \times \sqrt{S^2 + \frac{(A^2 + B^2 + 2 \times H^2)}{8}} \quad (2)$$

$$S = \frac{A^2 - B^2}{8 \times H}, \quad (3)$$

čia

D – rąsto plongalio skersmuo;

S – rąsto centravimo paklaida;

H – tašo aukštis (storis);

A – tašo plotis vienoje pusėje;

B – tašo plotis kitoje pusėje.

Abi formules išvedė dr. Johan Sederholm iš Švedijos medienos technologijos tyrimų instituto.[11]

Šį metodą galima pritaikyti ir kitokiems pjaustymo būdams. Turima omenyje, kad pateiktas metodas, kaip matuoti centravimo paklaidą žiūrint iš simetrijos pozicijos, kai tuo tarpu yra daug nesimetriškų pjaustymo būdų ir rinkinių. Nesunku išmatuoti centravimo paklaidą ir nesant simetriškumo, nes tik tai pritaikomumo problema.

Rąsto pozicionavimo tikrinimo sistema naudojant optinius skenerius yra naujiena net ir moderniose Švedijos lentpjūvėse. Praktinis tašo šono pločio matavimas čia buvo atliekamas daug metų. Tačiau matavimai buvo atliekami rankomis, o tai yra sunkus fizinis darbas. Praktiškai yra įrodyta, kad naudojant lazerinius ar ultragarsinius pozicionavimo įrenginius, galima padidinti pjautinės medienos išeiga iki 6%.

Švedijos TRATEK institute sukurtas tašo skeneris atskleidžia visas rąsto pozicionavimo paklaidas pirminiame rąsto pjaustyme. Didelė šių paklaidų įtaka gerai žinoma Skandinavijoje. Ilgametė TRATEK specialistų patirtis, atliekant rąstų pozicionavimo paklaidų matavimus rodo, kad galima koreguoti rąsto pozicionavimo netikslumus pirminio pjaustymo įrenginiuose.

Skenuojant tašą iš įvairių pusių pastoviai matuojamos trys pagrindinės paklaidos: centravimo, rąsto pasukimo kampas. Vyrauja įprastinė nuomonė, kad šios paklaidos – tai centravimo ir rąsto ašinio išlyginimo įrenginių blogo suderinimo rezultatas. Teisinga techninė priežiūra gali pašalinti šias problemas.

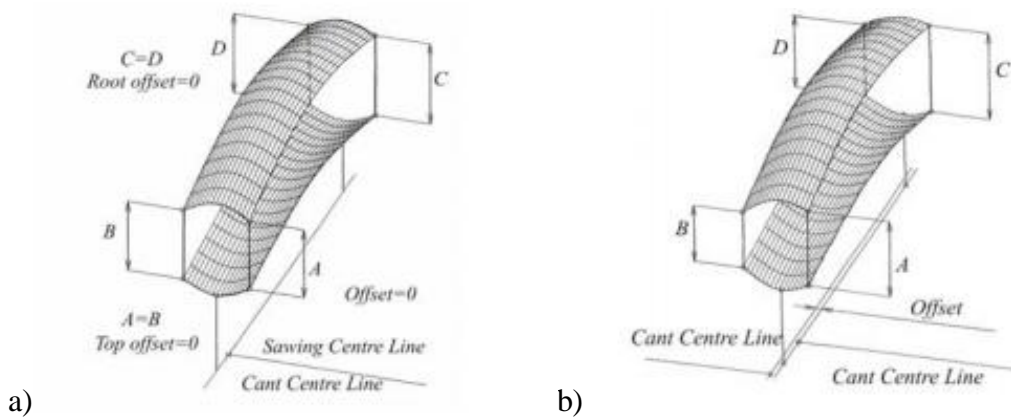
Dabartinėje lentpjūvystėje taikomos skenavimo sistemos pateikia operatoriui didelį kiekį informacijos, matavimo rezultatus bei siūlo sprendimus kaip optimaliai suorientuoti rąstą. Rąsto pozicionavimas kontroliuojamas dviem būdais:

1. Matavimus atlieka žmogus.
2. Matavimus atlieka kompiuterizuotas skeneris.

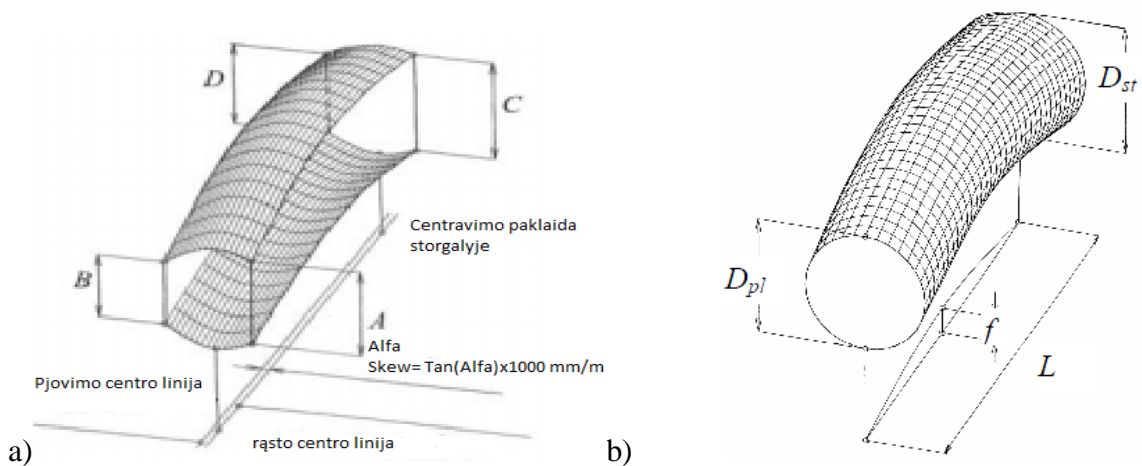
Abiem atvejais siekiama to paties tikslo – surasti geriausią pjaustymo poziciją pagal konkretaus rąsto formą.

Technologinė įranga gali valdyti ir keisti rąsto poziciją vertikalia ir horizontalia kryptimis bei atlikti jo pasukimą jo ašies atžvilgiu.

Detalus visų pozicionavimo paklaidų aprašymas pateiktas paveikslėliuose. Po tašo skenavimo galima gauti išsamų rąsto orientavimo paklaidų vaizdą. Be to nustatoma rąsto geometrinė forma (ilgis, kreivumas ir nuolaibis, bei plongalio ir storgalio skersmenys) paveiksle. Savaimė suprantama, kad kiekvienas po to einantis rąstas turės visiškai kitą formą nei jo pirmtakas.



11 pav. Rąsto padėtis: a) kai nėra centravimo ir polinkio paklaidų ir b) esant centravimo paklaidai



12 pav. a) rąsto polinkio paklaidos matavimo schema b) rąsto geometrinės formos aprašymo schema

Jei vienų matmenų rąstui nustatytos centravimo ir polinkio paklaidos būtų lygios 0, tai kitų matmenų rąstui to paties suderinimo įrengimui šios reikšmės bus toli nuo nulinių reikšmių. Todėl buvo pradėta analizuoti ryšį tarp rąsto geometrinių parametrų ir šių paklaidų. Užduoti įėjimo duomenys: rąsto plongalio ir storgalio skersmuo, tašo aukštis, nuolaibis, ilgis ir kreivumas, pozicionavimo įrengimams kažikurias būdingas savybes[1,2,3].

Parametrų svyravimas parodytas lentelėje. Mašinos jautrumas rąsto geometrijai yra gana aiškus, t.y. ilgesniems rąstams mažesnis centravimas, bet didesnis polinkis ir pan.

1 lentelė

Įėjimo ir išėjimo parametrų svyravimai

Įėjimo parametrai		Išėjimo parametrai	
Ilgis	Tendencija ↑	Centravimo polinkis	Tendencija ↓ ↑
Kreivumas	↑	Centravimo polinkis	↑
Plongalio skersmuo	↑	Centravimo polinkis	↑ ↓
Didėja ↑ Mažėja ↓			

Kaip ir buvo tikėtasi, paprasti klaidų signalai, gauti iš tašo skenerio negarantuoja, kad kitas rąstas bus pozicionuotas geriau, nei prieš tai buvęs, kol į jos specifinę formą nebus atsižvelgta. Tai praktiškai reiškia, kad atskirai nuo paprastų klaidų privaloma pateikti papildomą informaciją, kuri susies ateinančio rąsto formą su laukiama pozicionavimo paklaida. Be to, ateinančio rąsto geometrija turi būti žinoma prieš pozicionavimą ir tvarkingai panaudoti koreliacijos duomenis protingu keliu. Paprasčiausias būdas- tai pavesti šį darbą rąsto skeneriui, jei proceso linija yra įrengta su juo. Grynai techniškai yra įmanoma. Deja, tokios linijos nėra populiarios lentpjūvėse. Dauguma pozicionavimo mašinų valdoma rankine pavara[10].

Kitokių polinkio paklaidos ir jos įtakos tyrimų, atlikus literatūros apžvalgą, nerasta. Tačiau be Švedijos mokslininkų, centravimo paklaidą ir jos įtaką nagrinėjo rusų mokslininkai. Eilėje darbų pastebima, kad rąsto ašies poslinkis rinkinio ašies atžvilgiu (arba centravimo paklaida) turi įtakos apdirbamos produkcijos matmenims bei turimai išeigai. Tyrimai, norint išsiaiškinti rąstų orientavimo tikslumo įtaką pjautinės medienos matmenims bei tūrinei išeigai, buvo atlikti pjaustant įvairių skersmenų rąstus (didesnių kaip 14cm) naudojant daugiapjūklės stakles (gaterius, diskines stakles).

Archangelsko miško technikos institute buvo atlikti tyrimai, kurių tikslas - pagrindinių rąstų pjaustymo rodiklių gerinimo metodo sukūrimas pagal Sibiro miškų eksporto įmonės lentpjūves. Tyrimai buvo vykdomi trimis etapais: 1. rąstų ir tašų išilginio pjaustymo algoritmų sukūrimas, esant įvairiems jų orientavimo prieš supjaustymą būdams, 2. Rinkinių, skirtų duotų matmenų tašo supjaustyti, optimizavimas, 3. Su rinkiniais susijusių technologinių veiksnių, kurių sąveika užtikrintų storų lentų (ir apskritai pjautinės medienos) išeigos padidėjimą, pjaustant užduotų matmenų rąstus, nustatymas[15].

Priimtinas bazinis tašinis rąstų pjaustymo metodas, orientuojant juos pagal pirminio pjaustymo rinkinio ašį. Nustatyta, kad rąstui pasislinkus rinkinio ašies atžvilgiu, tam tikruose skersmenų intervaluose gaunamas storų lentų kiekio ir apskritai išeigos padidėjimas. Padaryta

išvada, kad norint gauti didžiausią pjautinės medienos išeiga, reikia rąstus pjaustyti individualiai.[11]

A. Lachtanovas iš Baltarusijos instituto pateikia plonraščių, iš kurių frezavimo, tašavimo staklėmis gaunami tašai, gamybos proceso tyrimą. Iš plonraščių galima gauti tik tašus ir technologinę skiedrą, negaminant kraštinių lentų. Gauta formulė, pagal kurią galima nustatyti optimalų tašo aukštį (kaip žinome jis turėtų būti 0,707 plongalio skersmens) esant centravimo paklaidai[15]:

$$h_{opt} = \frac{\sqrt{2d^2 + \epsilon_J^2} - 3\epsilon_J}{2}, \quad (4)$$

čia

h_{opt} – optimalus tašo aukštis;

d – rąsto plongalio skersmuo;

ϵ_J – centravimo paklaida.

Pagal šią formulę galima nustatyti h_{opt} , priklausomybę nuo ϵ_J . Atmetus, kaip nereikšmingą formulėje ϵ_J^2 , reikšmę optimalų tašo aukštį pakankamu tikslumu galima išreikšti tokiu pavidalu:

$$h_{opt} \approx 0,707d - 1,5 \epsilon_J. \quad (5)$$

Formulė parodo rąsto paklaidos ϵ_J įtaką optimaliam tašo aukščiui h_{opt} . Sutapatinus rąsto ašį su rinkinio (tašo) ašimi $\epsilon_J=0$ ir $h_{opt}=0,707d$. Kai $\epsilon_J>0$ optimalų tašo aukštį randame iš formulės.

Tašo aukščio pakitimas, palyginus su jo optimaliomis reikšmėmis, turi įtakos ir apdirbamos pjautinės medienos tūriniai išeigai η , kuri skaičiuojama pagal formulę:

$$\eta = \frac{8(0,707d - 1,5\epsilon_J) \sqrt{d^2 - (0,707d + 0,5 \epsilon_J)^2}}{\pi(k^2 + 1) d^2} \times 100, \quad (6)$$

čia

η – pjautinės medienos tūrinė išeiga, %;

d – rąsto plongalio skersmuo;

k – rąsto nuolaibio koeficientas.

Prof. G. Prokofjevas ir kt. iš Sankt Peterburgo miško technikos akademijos nagrinėjo centravimo paklaidos įtaką pjautinės medienos išeigai pjaustant tašiniu būdu. Skaičiavimuose rąsto forma buvo priimta kaip sukimosi paraboloidas. Pradiniai duomenys: vidutinis rąsto skersmuo plongalyje $d_{\text{vid}} = 16\text{cm}$, rąsto ilgis $L=6,5\text{ m}$, prapjovos plotis $b=4\text{ mm}$, rąsto ašies poslinkis ϵ rinkinio ašies atžvilgiu – nuo 5 iki 20 mm, kas 5mm. Rąsto tūris $V= 0,172\text{ m}^3$. Pirminis pjovimas: 1/19 – 1/100 – 1/19; antrinis: 1/19 – 1/32 – 1/32 – 1/32 – 1/19. Rezultatai apie pjautinės medienos vidutinių tūrių pasikeitimą ir vidutines išeigas su užlaidomis nuodžiūviui pirminiam ir antriniam pjovimui pateikti 2 lentelėje [3,11].

2 lentelė

Pjautinės medienos išeigų pokyčiai priklausomai nuo centravimo paklaidos ϵ , ($d= 16\text{ cm}$, $L=6,5\text{ m}$, $b= 4\text{mm}$, tašinis pjaustymas)

Centravimo paklaida							
5	10	15	20	5	10	15	20
Pirminis pjovimas				Antrinis pjovimas			
0,07%	0,09%	0,47%	1,37%	0,27%	1,38%	2,74%	5,12%

Antrinio pjovimo skaičiavimuose priimta, kad pirminiame pjovime rąstai buvo pjaunami be rąsto ašies poslinkio rinkinio ašies atžvilgiu ($\epsilon=0$). Pagal lentelės duomenis pateiktos pjautinių medžiagų, tūrinės išeigos pokyčio Q priklausomybės nuo rąsto ašies poslinkio rinkinio ašies atžvilgiu, kai rąsto skersmuo $d=16\text{ cm}$.

Pateikti duomenys teigia, kad rąsto ašies poslinkis rinkinio ašies atžvilgiu nuo 0 iki 20 mm sumažina tūrinę pjautinių medžiagų išeigą pirminiame pjovime 1,37%, o pjaustant tašą – 5,12%.[4]

Išanalizavus ir palyginus literatūros šaltiniuose teikiamus duomenis apie įvairius rąstų centravimo paklaidų įvertinimo metodus ir jų įtaką tūrinei medienos išeigai, savo tyrimams ir analizei pasirinkau švedų mokslininko metodiką.

1.4. Apžvalgos rezultatai ir išvados

1. Pirmą kartą nustatytos kompleksinės rąstų formos ir matmenų bei visų realiai įmanomų technologinių veiksnių tarpusavio įtakos regresijos lygtys. Pagal šias lygtis galima apskaičiuoti ir prognozuoti maksimalias pjautinės medienos tūrines išeigas tiek atskiros lentpjūvės, tiek regiono mastu, žinant pjaunamų rąstų tūrinius kiekius ir pasiskirstymą pagal plongalio skersmenis. Gautos lygtys taip pat naudingos sudarant ateinančių dešimtmečių lentpjūvystės sektoriaus plėtros scenarijus.

2. Iširtas rąstų pasiskirstymas pagal plongalio skersmenis įvairiose Lietuvos lentpjūvėse ir urėdijose. Nustatyta, kad šis pasiskirstymas yra savitas ir kitoks nei kitose šalyse. Duomenys

naudingi skaičiuojant lentpjūvių pajėgumus ir prognozuojant naujų. Ypač daug dėmesio reikia skirti kreivų rąstų pjaustymui ir jų tinkamam pozicionavimui. Daugelio tyrinėtojų nuomonė tokia, kad mažas (iki 0,5 %) kreivumas neturi įtakos pjautinės medienos tūrinei išeigai, yra klaidinga. Jau toks kreivumas priklausomai nuo plongalio skersmens išeigą gali sumažinti 2,5-6,5 %. 1 % kreivumas pjautinės medienos išeigą sumažina 10,5 %.

3. Kreivumas daugiausia įtakos turi iš plonų rąstų gaunamos pjautinės medienos išeigai ir verčia taikyti specialius pjaustymo rinkinius, specializuotas kreivinio pjaustymo technologijas ir įrenginius. Mūsų duomenimis, tai leistų iki 10-12 % padidinti plonrąsčių perdirbimo tūrines išeigas. Gautos regresijos lygtys (8), (9), rodančios kreivumo įtaką pjautinės medienos išeigai. Pateiktų modelių vertė – tai galimybė nustatyti realią kreivumo įtaką pjaustant įvairių matmenų ir formų rąstus.

4. Pjaustant kreivus rąstus, labai didelę įtaką turi pasukimas. Ypač tai aktualu, kai pjaustomi 1 – 2 % kreivumo rąstai, nes net mažiausias pasukimas labai padidina nuostolius dėl į rinkinį nepatenkančių lentų.

5. Labai didelę įtaką pasukimas turi pjaustant mažų skersmenų (14-20 cm) rąstus. Esant dideliame (1,5-2,0 %) kreivumui, pasukus rąstą, optimalių rinkinių išeiga tesiekia 10-20 %. Be to, keičiasi lentų skerspjūvio vardiniai matmenys, taip pat lentų skaičius rinkinyje. Todėl, kad nesumažėtų išeiga, svarbu tinkamai pastatyti rąstą išlinkimu aukštyn arba žemyn.

6. Centravimo paklaida turi didžiausią įtaką mažų matmenų rąstams. Jai didėjant, rinkinys transformuojasi lentų pločio atžvilgiu į vieną ar kitą pusę. Net ir leidžiant pažievi, dėl centravimo paklaidos jis gali būti per didelis geriausios tikėtinos kokybės lentoms, t.y. pjaunamoms iš centrinės rąsto dalies. Kiekvienas 4 mm centravimo paklaidos prieaugis sumažina pjautinės medienos išeigą 1 %.

7. Centravimo paklaidos įtakos optimalių rinkinių išeigos pokyčių vertėms dėsningumą nenustatyta. Todėl realioje gamyboje išeigos svyravimai dažnai suprantami ir traktuojami klaidingai, nesuprantant jų priežasties. Centravimo paklaida “pasislepia” dėl vardinių matmenų diskretiškumo. Centravimo paklaida turi įtakos ne tik tūrinei, bet labiausiai specifikaicinei ir vertinei pjautinės medienos išeigai, nes negaunamos norimų ilgių ir skerspjūvio matmenų lentos.

8. Kadangi iki šiol nerasta duomenų apie polinkio paklaidos tyrimus, tai šie tyrimai yra nauji ir ypač vertingi. Polinkio paklaida turi neigiamą įtaką pjautinės medienos tūrinei išeigai. Kiekvienas polinkio paklaidos mm/m, sumažina pjautinės medienos tūrinę išeigą 0,45 %. Polinkio paklaidos įtaka didėja, didėjant rąsto ilgiui, ir mažėja, didėjant plongalio skersmeniui.

2. TYRIMŲ METODIKA IR PROGRAMA

Lentpjūvė – rąstų pjovimo į lentas, tašus, ruošinius įmonė arba miško pramonės įmonės padalinys. Paprastai dviaukštė. Pirmame aukšte būna pjovimo staklių pamatai, varikliai, antrinės medienos kapotuvai, sijotuvai, dezintegratoriai, susmulkintos medienos transporteriai. Visi technologiniai procesai mechanizuoti, dažnai ir automatizuoti. Rąstai pjaustomi ištisiniu arba tašiniu būdu. Prie lentpjūvių būna rąstų ir pjautos medienos sandėliai, taros cechai.

Rąstų matmenys, nuolaibis, kreivumas ir įlinkis daro didžiausią įtaką medienos ruošiniams. Tyrimai parodė, kad Lietuvos lentpjūvės dažniausiai apdirba 140–240 mm plongalio skersmens rąstus. Atskirti kreivus, prastos kokybės ar pažeistus rąstus galima rūšiuojant medieną. Lentpjūvės naudoja įvairias rąsto specifikacijas. Kiekvienas rąstas yra unikalus, tai lemia skirtingas savybes gamyboje, tačiau šiuo atveju svarbiausias veiksnys – rąsto kreivumas. Rąstai skenuojami įvairiais įrenginiais. Patys populiariausi ir pigiausi yra 2D – dviejų krypčių arba 3D – trijų krypčių skeneriai. Jie nustato tik išorinę rąsto formą, išmatuoja rąsto skersmenį, ilgį, nuolaibį, kreivumą. Rąstas yra skenuojamas kas 5 cm per visą ilgį ir sudaromas trimatis rąsto vaizdas. Pats tobuliausias būdas yra skenuoti rąstą rentgeno spinduliais, nes tada išmatuojamas ir rąsto tankis. Kai rąstas apšviečiamas lazerio spinduliais, visų rąsto dalių duomenys yra gaunami vienu metu. Nuskenuoti ir įvertinti parametrai siunčiami operatoriui, kuriuos jis pamato monitoriuje. Tada iš mažo ir vidutinio skersmens rąstų pjaunamas vienas tašas, o iš didesnio skersmens rąsto pjaunama du tašai arba didesnio aukščio tašas.

Be to staklėse naudojami įrankiai, kurie pjauna rąstą su didele prapjova. Optimaliausias variantas yra tas, kur pjaunant diskinais pjūklais prapjova neviršija 3,8 – 4,0 mm, o juostiniuose pjūkluose neviršija 2,5 – 3,0 mm. Atlikus literatūros apžvalgą ir analizę buvo pasirinktos sekančios tiriamojo darbo kryptys:

- Atlikti tyrimus tipinėse Lietuvos lentpjūvėse;
- Ištirti rąstų rūšiavimo situacijas;
- Ištirti rąstų ir tašų centravimo ir pozicionavimo paklaidas ir jų įtaką gaminių išėjimui;
- Visais tirtais klausimais atlikti kiekybinį ir kokybinį įvertinimą;
- Pasiūlyti priemones ir metodus išėgų didinimo optimizavimui.

2.1. Tyrimo metodika

Atliekant eksperimentą, visuomet svarbu sudaryti jo planą, atlikti paruošiamuosius darbus ir turėti tyrimui reikalingą įrangą. Būtina paruošti bandinius, kurie bus matuojami, matavimo įrankius,

prietaisus. Iš anksto sunku vertinti ir numatyti eksperimentų darbo apimtį. Bet kurio eksperimento metu, nepriklausomai nuo esminių faktorių, būtina atsižvelgti ir į kitus faktorius. Gautų duomenų tikslumas priklauso nuo eksperimentatoriaus kruopštumo, atliekamų bandymų skaičiaus. Kiekvienas produktas privalo būti gaminamas tam tikru tikslumu. Visiškai vienodų detalių pagaminti neįmanoma. Tam tikslui yra nustatytos leistinos paklaidos. Skiriamos dvi paklaidų grupės: sisteminės ir atsitiktinės. Sisteminės – paklaidos, kurios yra pastovios arba kinta dėsningai visoje gaminių partijoje. Atsitiktinės – paklaidos, kurioms būdingas nedėsningumas ir didelis sklaidos laukas. Pagal atsiradimo būdą paklaidos skirstomos:

Pagal atsiradimo būdą paklaidos skirstomos:

Nepriklausančios nuo staklių:

1. Eksploatacinės:
 - fizinių mechaninių savybių nestabilumas;
 - dėl ruošinio formos nestabilumo;
 - dėl ruošinio matmenų nestabilumo.
2. Priklausančios nuo medžiagos ar ruošinio savybių:
 - bazavimo netikslumo paklaidos;
 - eksploatacinio taisyklių pažeidimo paklaidos;
 - įtaisų deformacijos ir išdilimo paklaidos.

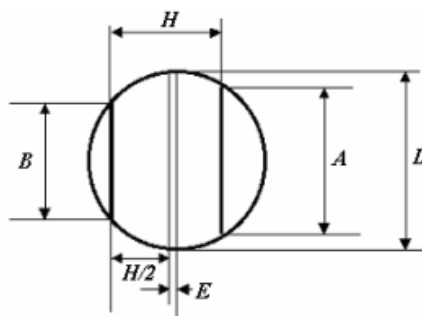
Priklausančios nuo staklių:

1. Geometrinio tikslumo:
 - netiesūs arba neplokšti darbiniai paviršiai;
 - suklių arba velenų mušimas;
 - darbo velenų ar kitų elementų nelygiagretumas baziniam paviršiui;
 - staklių elementų nestatmenumas;
 - velenų nebendraaišškumas;
2. Derinimo:
 - Paklaidos dėl tampriųjų poslinkių;
 - Paklaidos dėl temperatūrinių poslinkių;

Optimalus pozicionavimas. Teoriškai tai yra procedūra, kurios metu rąstas paduodamas į stakles taip, kad kiekvienu atveju gautume kuo didesnę pjautines medienos išeigą. Tyrimo objektas centravimo paklaida, kuri apibūdinama kaip rąsto ašies nesutapimas su rinkinio ašimi. Rąsto pozicionavimą gali kontroliuoti:

1. žmogus;
2. skaitytuvai;

Abiem atvejais siekiama to paties rezultato. Toliau pateikta centravimo paklaidos matavimo schema pjaustant tašiniu būdu.



13 pav. Rasto centravimo paklaidos matavimo schema

Skaičiuojama rasto centravimo paklaida pagal formulę:

$$E = \frac{A^2 - B^2}{8 \cdot H}; \quad (7)$$

čia E – rasto centravimo paklaida, mm;

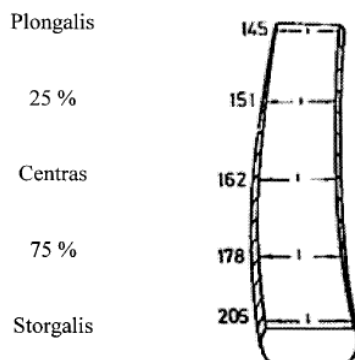
H – tašo aukštis, mm;

A – tašo plotis kairėj pusėj, mm;

B – tašo plotis dešinėj pusėj, mm.

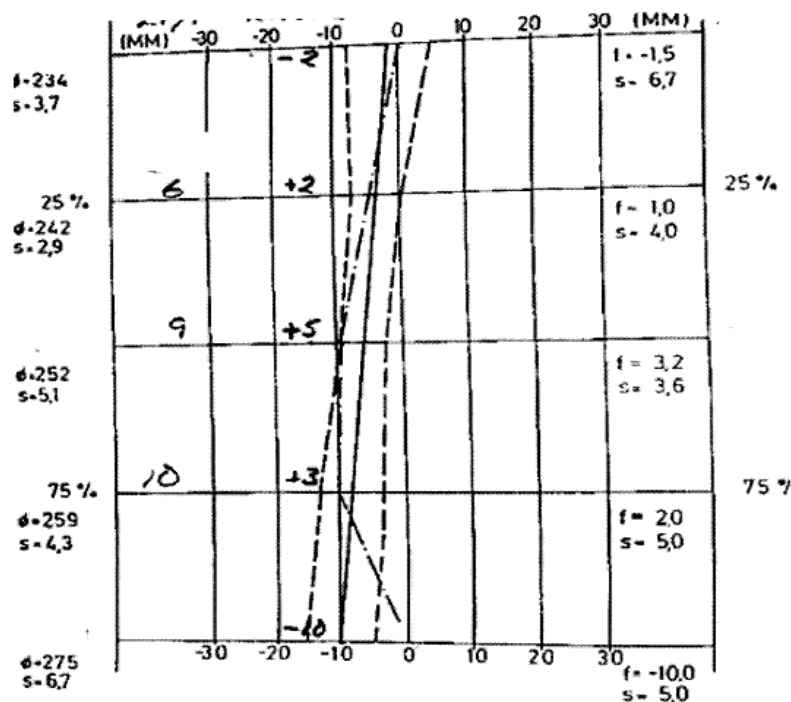
Visus matavimus reikia atlikti šiuo eiliškumu:

1. Matuojamas rasto plongalio skersmuo ir išreiškiamas milimetrais;
2. Matuojamas rasto ilgis ir išreiškiamas milimetrais;
3. Tašo plotis turi būti matuojamas penkiose vietose. Rasto suskirstymas pavaizduotas 4paveiksle;
4. Matuojamas tašo plotis iš anksto pažymėtose vietose kairėje pusėje, išreiškiamas milimetrais;
5. Matuojamas tašo plotis analogiškai dešinėje pusėje, išreiškiamas milimetrais.



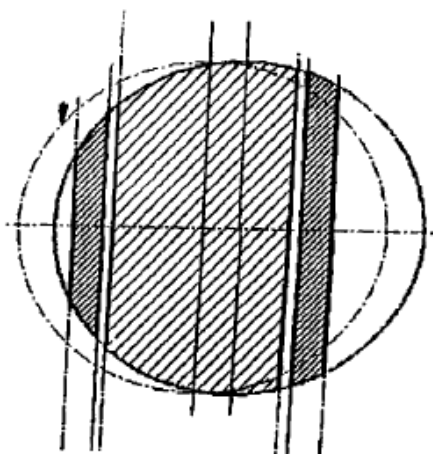
14 pav. Matavimo vietų paženklinimas taše

Išmatavus, anksčiau minėtu eiliškumu, 20 vienetų tašų skaičiuojama centravimo paklaida. Kaip teoriškai grafiškai galima pavaizduoti gautus rezultatus parodyta 16 paveiksle.



15 pav. Grafinis centravimo paklaidos rezultatų vaizdavimas

Paveiksle parodytas galimas rąsto padavimo į stakles netikslumas.



16 pav. Netikslumas paduodant rąstą į stakles

Pjautinės medienos matmenų matavimas. Apipjautosios pjautinės medienos storis matuojamas milimetrais, vieno ženkle po kabelio tikslumu, bent trijose vietose šonui statmena kryptimi. Du matavimai atliekami ne toliau kaip 150mm nuo pjautinės medienos galų, o kitas ar kiti matavimai – atsitiktinai parinktoje vietoje tarp pirmųjų dviejų matavimo vietų. Užrašomas tikrai mažiausias išmatuotas storis.

Apipjautos pjautinės medienos plotis matuojamas milimetrais, vieno po kablelio tikslumu, bent trijose vietose išilginei asortimento ašiai statmena kryptimi. Du matavimai atliekami ne toliau kaip 150mm nuo pjautinės medienos galų, o kitas ar kiti matavimai – atsitiktinai parinktoje vietoje tarp pirmųjų dviejų matavimo vietų. Užrašomas tiksliausias išmatuotas plotis.

2.2. Eksperimento duomenų statistinis įvertinimas

Praktikoje gana labai paplitęs atsitiktinių dydžių pasiskirstymas charakterizuojamas Gauso dėsnio. Gauso dėsnio analitinė išraiška:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x-\bar{X}}{2\sigma^2}}; \quad (8)$$

Čia x - atsitiktinio dydžio galima reikšmė ;

y - atsitiktinio dydžio galimos reikšmės tikimybės tankis;

\bar{X} – atsitiktinio dydžio vidurkis;

σ - atsitiktinio dydžio vidutinis kvadratinis nuokrypis;

e - natūralių logaritmų pagrindas.

Pagrindiniai parametrai apibūdinantys Gauso kreivę:

1. Padėties: aritmetinis vidurkis, moda, mediana.
2. Išsisklaidymo: dispersija, standartinė nuokrypa, variacijos koeficientas;
3. Formos: eksceso ir asimetrijos koeficientas.

Atlikus eksperimentus ir jų rezultatų skaitines reikšmes, reikalinga paruošti jas analizei ir išvadų formatavimui, statistiškai apdoroti. Bus apskaičiuojami svarbiausi statistiniai rodikliai.

1. Aritmetinis vidurkis \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad (9)$$

2. Dispersija s^2 :

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}; \quad (10)$$

3. Vidutinis kvadratinis nuokrypis s :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}; \quad (11)$$

4. Variacijos koeficientas v :

$$V = \frac{s}{\bar{x}} 100\%; \quad (12)$$

Jeigu variacijos koeficientas $v \leq 5 - 10\%$, tai rezultatų sklaida nedidelė; $15 - 20\%$ - didelė; $v \geq 20\%$ - labai didelė.

5. Atsitiktinė paklaida Δ :

$$\Delta = t_{\beta} \frac{s}{\sqrt{n}}; \quad (13)$$

čia t_{β} – koeficientas (Stjudento kriterijus), priklausantis nuo užduotos pasiklovimo tikimybės β ir nuo laisvės laipsnių skaičiaus $\varphi = n - 1$, randamas literatūroje.

6. Pasikliautinis intervalas I_{β} :

$$I_{\beta} = (\bar{x} - \Delta; \bar{x} + \Delta); \quad (14)$$

Šis intervalas apibūdina tikslumą.

7. Santykinė atsitiktinė paklaida δ_{ats} :

$$\delta_{ats} = \frac{\Delta}{x} 100\%; \quad (15)$$

8. Bendroji matavimų rezultato paklaida δ_b :

$$\delta_b = \sqrt{\delta_{ats}^2 + \delta^2}; \quad (16)$$

čia δ – santykinė paklaida.

Kai paklaida $\delta_b \leq 5\%$, laikoma, kad gautieji rezultatai yra pakankamai tikslūs; kai $\delta_b = 5-10\%$ rezultatų tikslumas patenkinamas; kai $\delta_b \geq 10\%$ - tikslumas nepatenkinamas.

Tikslinga yra apskaičiuoti reikalingą bandinių skaičių n_r :

$$n_r = \frac{t_{\beta}^2 \cdot s^2}{\alpha^2}; \quad (17)$$

čia t_{β} – koeficientas randamas iš lentelės.

3. TYRIMO REZULTATAI

3.1.UAB „Tramex“ lentpjūvės tyrimų rezultatai

Pirmosios lentpjūvės tipas yra paprastas. Pjaunama su horizontaliom pjovimo staklėmis ir naudojamos pjovimo juostos, kurių prapjova 2,2mm. Centravimas atliekamas vizualiai.

Koncentruojantis į centravimo paklaidą, kuri daro didelę įtaką išeigai šioje įmonėje buvo tirta pušies mediena. Tiriant pušies medieną pasirinktų rąstų skersmuo vyravo nuo 230 iki-330 mm.

Pagal gautus duomenis apskaičiuojame: vidurkį, standartinę paklaidą, medianą, standartinį nuokrypį, imties dispersiją, eksceso koeficientą, asimetrijos koeficientą, duomenų aibės plotį kiekvienai matuotai pozicijai.

3 lentelė

Pušies bandinių plongalio rezultatai

Vidurkis	0,767
Standartinė paklaida	2,820
Mediana	0,508
Standartinis nuokrypis	12,61
Imties dispersija	159,14
Eksceso koeficientas	0,639
Asimetrijos koeficientas	0,961
Duomenų aibės plotis	-46,55
Mažiausia reikšmė	-13,78
Didžiausia reikšmė	32,76
Suma	15,35
Duomenų skaičius	20

Gautas rąsto centravimo paklaidas skirstome į 12 intervalų.

4 lentelė

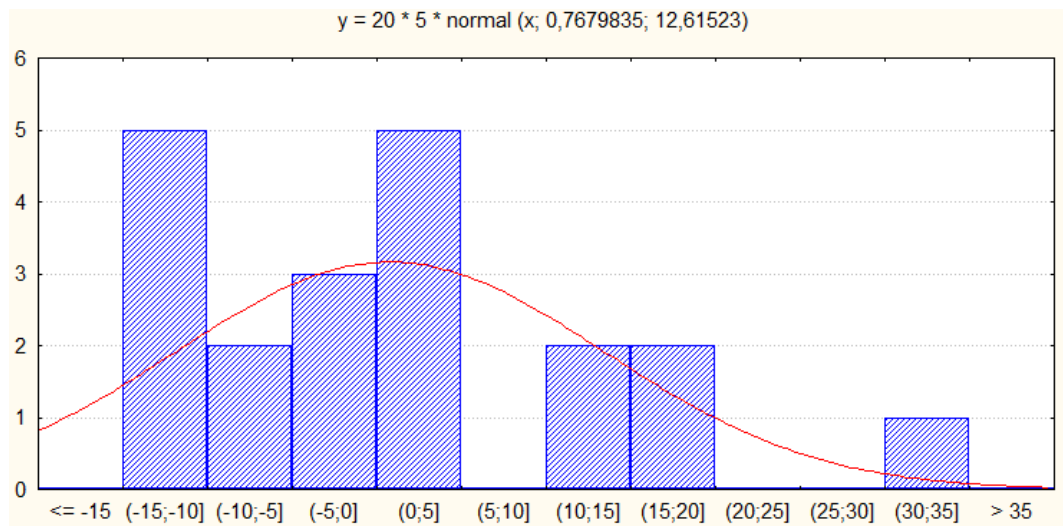
Dažnių pasiskirstymas

Reikšmė	Dažnis
<- 15	0
(-15,-10]	5
(-10,-5]	2
(-5,0]	3
(0,5]	5
(5,10]	0
(10,15]	2
(15,20]	2
(20,25]	0

4 lentelės tęsinys

Reikšmė	Dažnis
(25,30]	0
(30,35]	1
> 35	0

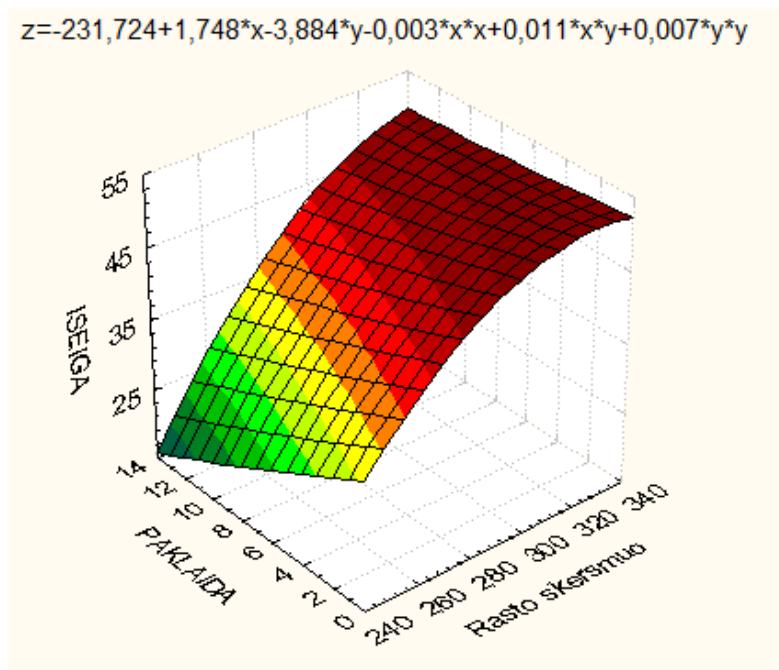
Pagal gautas reikšmes braižome Gauso pasiskirstymo kreivę. Ją laikome teorine, nors ji nėra ideali.



17 pav. Teorinė Gauso kreivė, kuri nėra ideali. Sisteminė paklaida: slinktis rašto į kairę pusę

Naudojant kompiuterinę programą „CAS 3.75 A“ (angl. Computer Aided Sawing), buvo skaičiuota pjautinės medienos išeigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos. Skaičiavimai buvo atliekami, kai rąstų skersmenų intervalas buvo nuo 240 iki 340 mm, ilgis 3m, nuolaibis atitinkantis skersmenis.

Panaudojus kompiuterinę „CAS 3.75 A“ programą buvo apskaičiuota tūrinė išeiga nuo centravimo paklaidos ir gautų lentų matmenys, kurie parodyti 1 priede.



18 pav. Išeigos priklausomybė nuo rąsto skersmens ir centravimo paklaidos

Gautas išeigos modelis nuo centravimo paklaidos ir rąsto skerspjūvio:

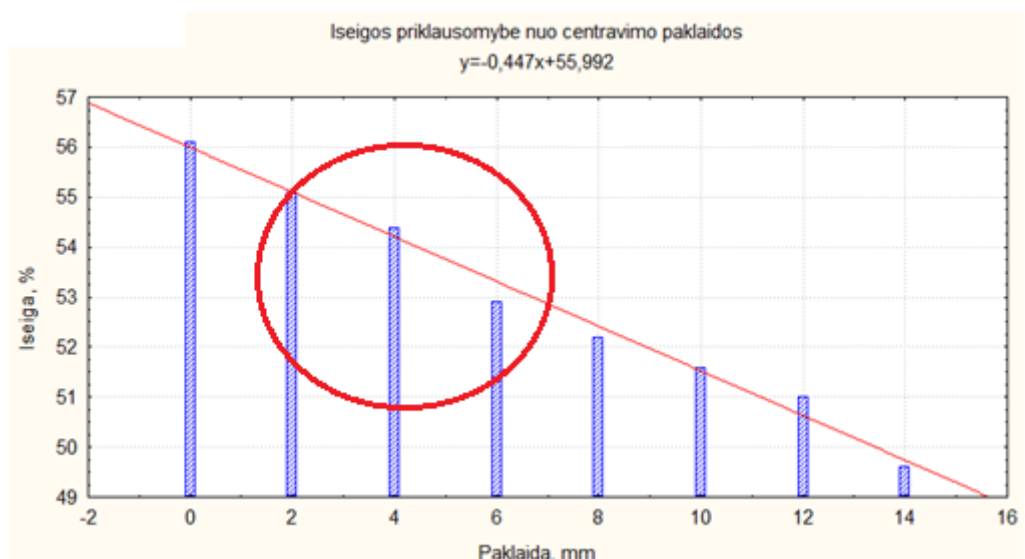
Modelis $z = -231,724 + 1,748x - 3,884y - 0,003x^2 + 0,011xy + 0,007y^2$

Čia:

x – rąsto skersmuo,

y – centravimo paklaida,

z – išeiga.



19 pav. Tiesioginė išeigos ir centravimo paklaidos priklausomybė

Matome, kad centravimo paklaida turi didelę įtaką pjautinės medienos išeigai. Iš grafiko matyti jog pjaunamų rąstų centro nukrypimas mažina pjautinės medienos išeigą. Pagal gautus

rezultatus galime paskaičiuoti kiek lentpjūvė patiria nuostolių dėl centravimo paklaidos tam tikru nukrypimu. Taip pat matyti, kad paklaidos didėjimas yra proporcingas išeigos sumažėjimui, tai po gi matyti jog išeiga didėja didėjant rąsto skersmeniui. Apibrėžta elipsė rodo, jog ši lentpjūvė dažniausiai dirba toje paklaidų zonoje. Gauta pjautinės medienos išeigos ir rąsto centravimo paklaidos tarpusavio priklausomybės regresinė lygtis yra $z=(-165,9439)+(1,2902107)*x-(2,7964326)*y-(0,0019112)*x*x+(0,008949)*x*y+(-0,0320424)*y*y$, determinacijos koeficientas determinacijos koeficientas $R^2= 0,969$ ir koreliacija $R=0,984$.

Pagal gautus rezultatus buvo atliekami skaičiavimai, norint išsiaiškinti preliminarią gaunamą išeigą iš kiekvieno rąsto. Kaip pateikta rezultatų lentelėse matome, kad tyrimo metu buvo pjaunama pušies mediena. Rąstų plongalio skersmuo kito nuo 230 iki 330 mm.

Taip pat lentelėje yra paskaičiuotas rąsto nuolaibis pagal Gutermano formulę [Baltrušaitis,2001]:

$$N= 19+Dpl./50-L;$$

Dpl- plongalio skersmuo, cm;

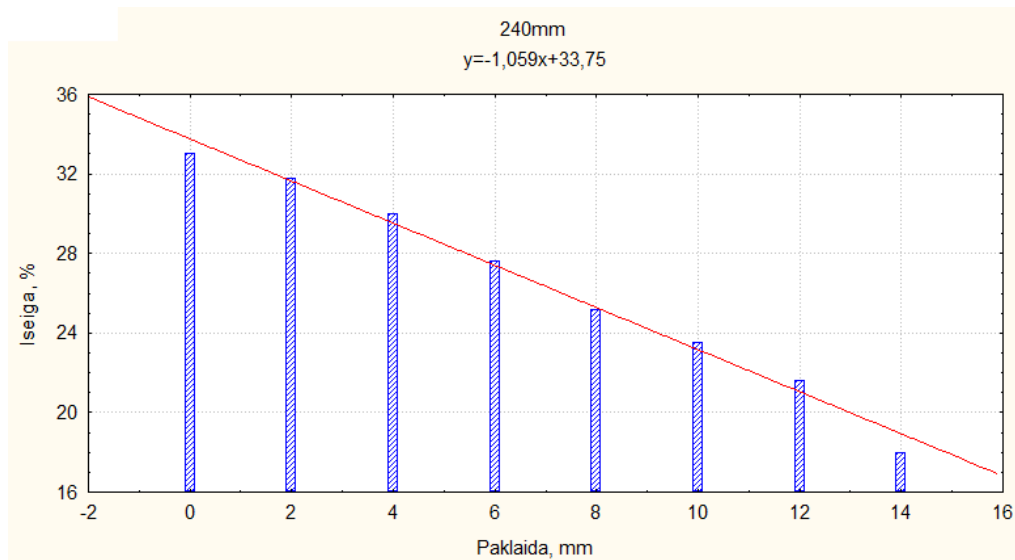
L – rąsto ilgis, m;

5 lentelė

Nuolaibio ir išeigos rezultatai

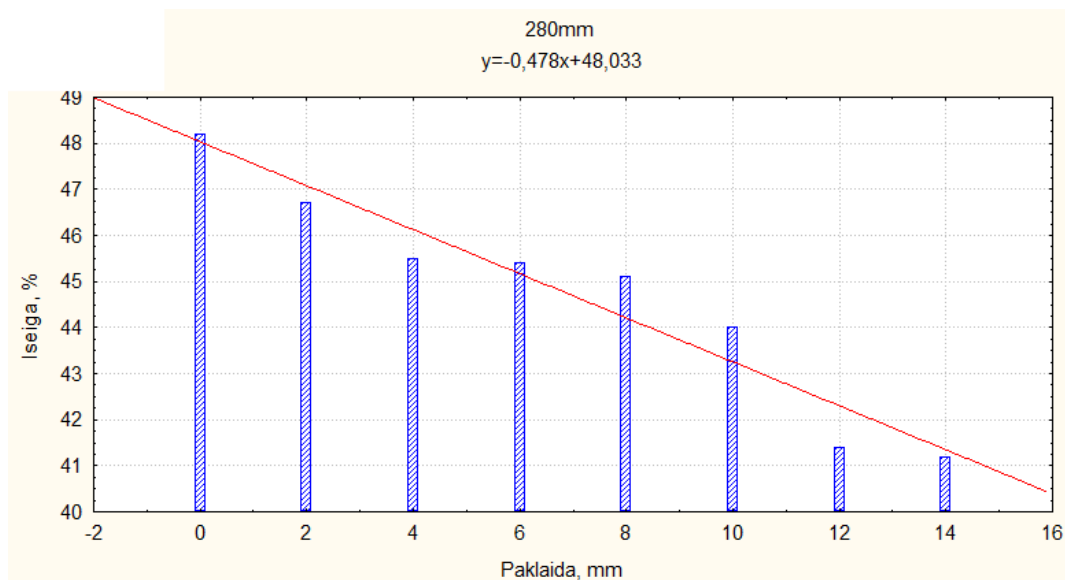
Pl. skersmuo, mm	Ilgis, m	Nuolaibis, cm/m	Išeiga, %
290	3,095	1,023345059	54,67833333
280	2,965	0,999255873	47,82673913
280	3,07	1,001491583	49,52043478
310	3,05	1,064962726	47,17188612
280	3,07	1,001491583	49,52043478
300	3,085	1,044442076	46,00520913
240	3,03	0,915477965	24,70615385
250	3,09	0,937966318	33,82206522
230	3,065	0,894854586	12,49576923
330	3,065	1,107915202	42,91
290	2,97	1,020625133	51,1902439
250	2,99	0,93597107	32,7275
250	3,09	0,937966318	33,82206522
270	2,975	0,978203083	50,10233645
290	2,97	1,020625133	39,67243902
250	3,125	0,938666667	34,20516304
270	3,065	0,980078832	13,66359813
300	3,055	1,04377463	49,25171103
280	2,95	0,998937301	47,58478261
300	3,085	1,044442076	39,78828897

Grafike pavaizduota 240mm skersmens rąsto išėigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos. Išėiga gaunama gana prasta, kadangi pjaunamas didelis tašas, maži papildomų lentų matmenys.



20 pav. 240 mm skersmens rąsto išėigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos

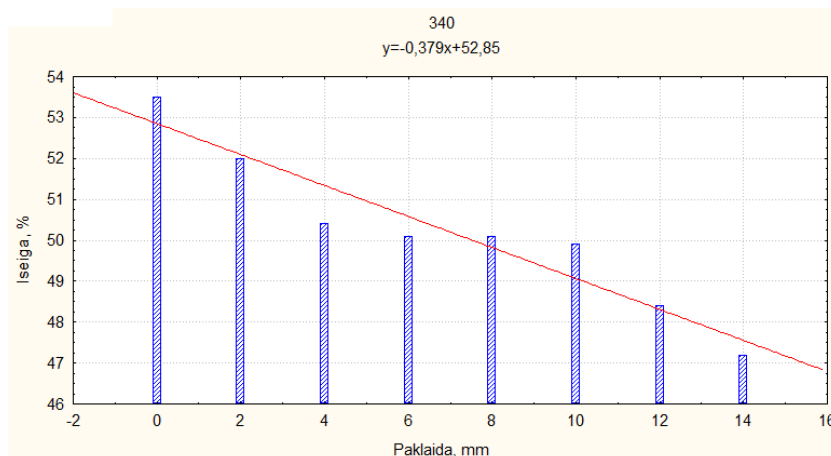
Grafike pavaizduota 280mm skersmens rąsto išėigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos. Išėiga gaunama geresnė už prieš tai pjauto rąsto, kadangi pjaunamas didesnio skersmens rąstas ir geriau telpa reikalingas tašas, bei geri papildomų lentų matmenys, kurios pakelia išėigą.



21 pav. 280 mm skersmens rąsto išėigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos

Grafike pavaizduota 340 mm skersmens rąsto išėigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos. Išėiga gaunama geriausia už prieš tai pjautų rąstų, kadangi pjaunamas didelio

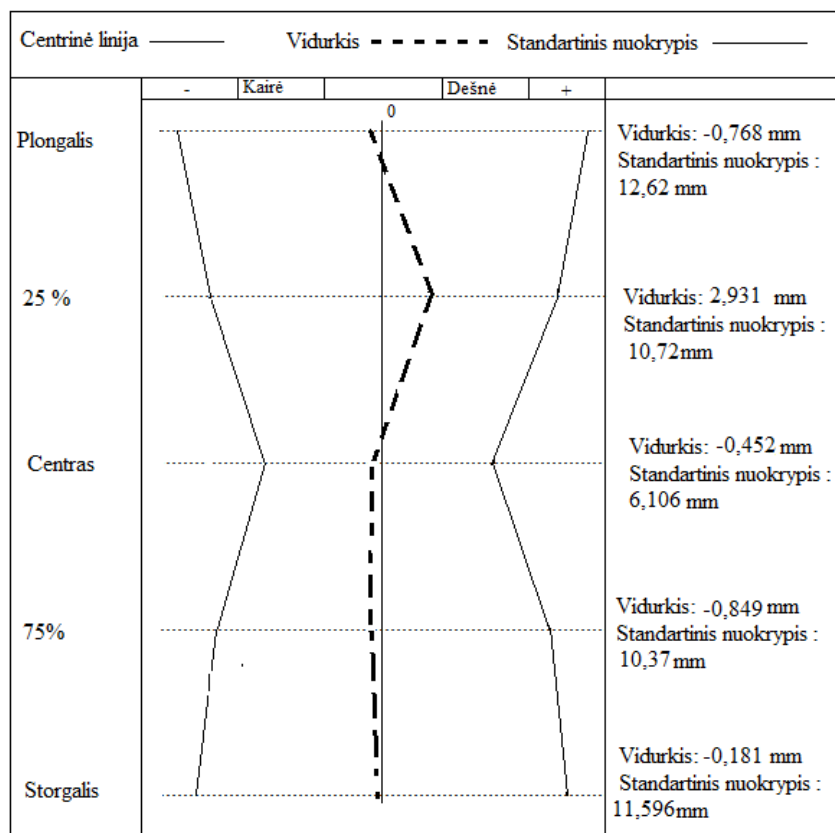
skersmens rąstas ir tašas gerai išcentruojamas, prisideda nemažai papildomų lentų, kurios taip pat pakelia išeią.



22 pav. 340 mm skersmens rąsto išeišos priklausomybė nuo centravimo paklaidos

Iš grafikų matyti, jog didėjant rąsto skersmeniui ir paklaidai išeią didėja, todėl labiau apsimoka pjauti didesnio skersmens tašus.

Toliau yra braižomas grafinis rąsto vaizdavimas su centrine paklaida ir vidutiniu standartiniu nuokrypiu.



23 pav. Pirmosios lentpjūvės grafinis rąsto vaizdavimas su centrine paklaida ir standartiniu nuokrypiu

Pušinio rąsto, padavimo į skales metu, rąsto plongalis sucentruojamas gana tiksliai, vėliau ties 25% nuo rąsto plongalio atsiranda didelė centravimo paklaida, kuri nuo centro vis mažėja ir ties rąsto storgaliu beveik artima 0. Iš viso to seka išvada jog rąstas susikreipia arba yra kažkoks defektas ties 25% nuo rąsto plongalio. Rąstų centravimo vidurkis gana geras, tačiau stebima nemaža paklaidų dispersija. Teigiamas bruožas, kad pastaroji yra simetriška, tad kalta ne įranga, o greičiau operatoriaus atidumas.

3.2. UAB „Migva“ lentpjūvės tyrimų rezultatai

Antrosios lentpjūvės tipas yra įprastas smulkiai Lietuvos įmonei. Tokios įmonės neišgali kompiuterizuotų centravimo sistemų, tad įdomu įvertinti, kiek išėigos prarandama ir koks efektyvumo didinimo potencialas. Pjaunama su horizontaliom pjovimo staklėmis ir naudojamos pjovimo juostos, kurių prapjova 2,2mm. Centravimas atliekamas vizualiai.

Matuoti pušies tašai. Paskaičiuojama rąsto centravimo paklaida ir duomenys pateikiami lentelėse. Pagal gautus duomenis paskaičiuojame: vidurkį, standartinę paklaidą, medianą, modą, standartinį nuokrypį, imties dispersiją, eksceso koeficientą, asimetrijos koeficientą, duomenų aibės plotį. Visi rezultatai pateikiami lentelėse. Skaičiavimai atliekami naudojant „Statistica“ programą.

6 lentelė

Pušies bandinių plongalio rezultatai

Vidurkis	0,279
Standartinė paklaida	1,111
Mediana	0,884
Standartinis nuokrypis	4,968
Imties dispersija	24,68
Eksceso koeficientas	0,587
Asimetrijos koeficientas	-0,15
Duomenų aibės plotis	0,044
Mažiausia reikšmė	-10,9
Didžiausia reikšmė	10,32
Suma	5,572
Duomenų skaičius	20

7 lentelė

Pušies bandinių 25% atstumu nuo plongalio rezultatai

Vidurkis	1,330
Standartinė paklaida	1,150
Mediana	1,407
Standartinis nuokrypis	5,147
Imties dispersija	26,498
Eksceso koeficientas	-0,699
Asimetrijos koeficientas	-0,033
Duomenų aibės plotis	-18,263

7 lentelės tęsinys

Mažiausia reikšmė	-7,119
Didžiausia reikšmė	11,143
Suma	26,636
Duomenų skaičius	20

8 lentelė

Pušies bandinių 50% atstumu nuo plongalio rezultatai

Vidurkis	1,530
Standartinė paklaida	1,560
Mediana	0,405
Standartinis nuokrypis	6,978
Imties dispersija	48,697
Eksceso koeficientas	0,208
Asimetrijos koeficientas	0,106
Duomenų aibės plotis	-27,24
Mažiausia reikšmė	-11,32
Didžiausia reikšmė	15,919
Suma	30,616
Duomenų skaičius	20

9 lentelė

Pušies bandinių 75% atstumu nuo plongalio rezultatai

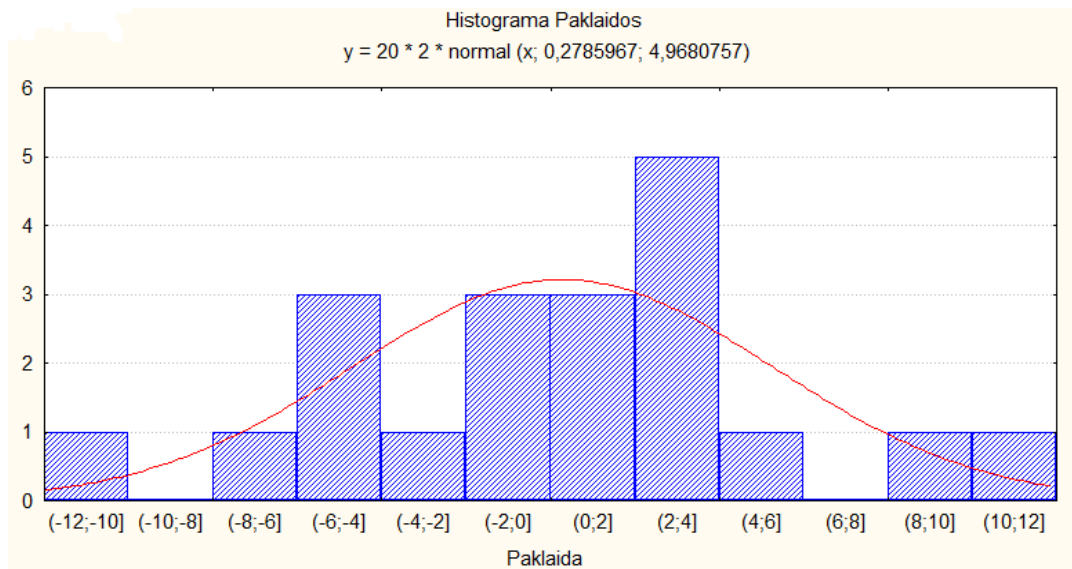
Vidurkis	0,382
Standartinė paklaida	1,675
Mediana	1,555
Standartinis nuokrypis	7,493
Imties dispersija	56,14
Eksceso koeficientas	1,355
Asimetrijos koeficientas	-0,496
Duomenų aibės plotis	-33,431
Mažiausia reikšmė	-18,573
Didžiausia reikšmė	14,858
Suma	7,650
Duomenų skaičius	20

10 lentelė

Pušies bandinių storgalio rezultatai

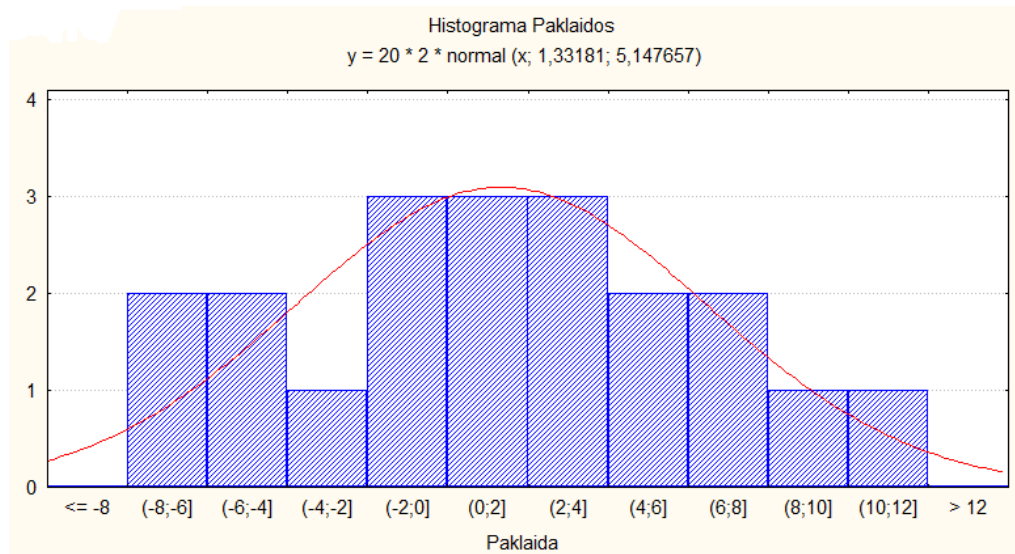
Vidurkis	-2,805
Standartinė paklaida	2,177
Mediana	-2,034
Standartinis nuokrypis	9,738
Imties dispersija	94,839
Eksceso koeficientas	0,312
Asimetrijos koeficientas	-0,701
Duomenų aibės plotis	-36,925
Mažiausia reikšmė	-23,835
Didžiausia reikšmė	13,089
Suma	-56,102
Duomenų skaičius	20

Toliau kiekvienam atvejui yra braižoma centravimo paklaidos histogramos ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivės.



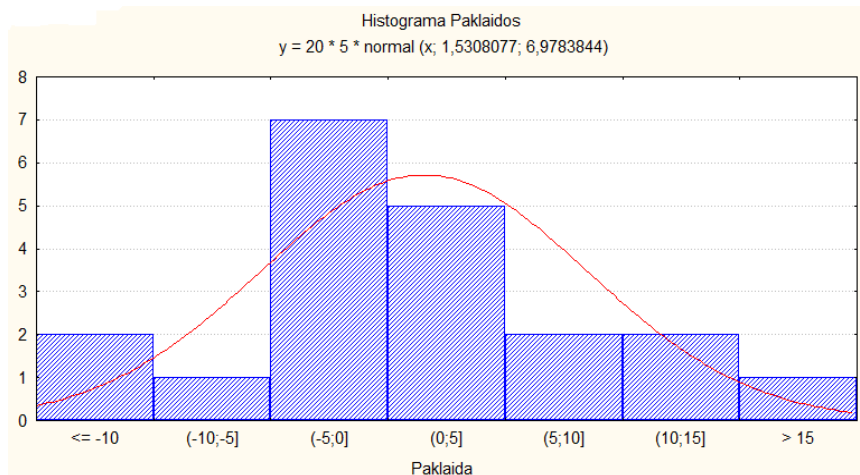
24 pav. Centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. Pušies plongalių paklaidos rezultatai

Iš grafiko matyti, jog paklaidos svyruoja nuo -6 iki 4mm. Sistemine paklaida: slinkties nėra, paklaidos maždaug per vidurį. Pasiskirstymas gana nuoseklus, tačiau yra keletas didesnių paklaidų, kurių priežastys gali būti priklausomos nuo paties operatoriaus, rąsto ir mechanizmo.



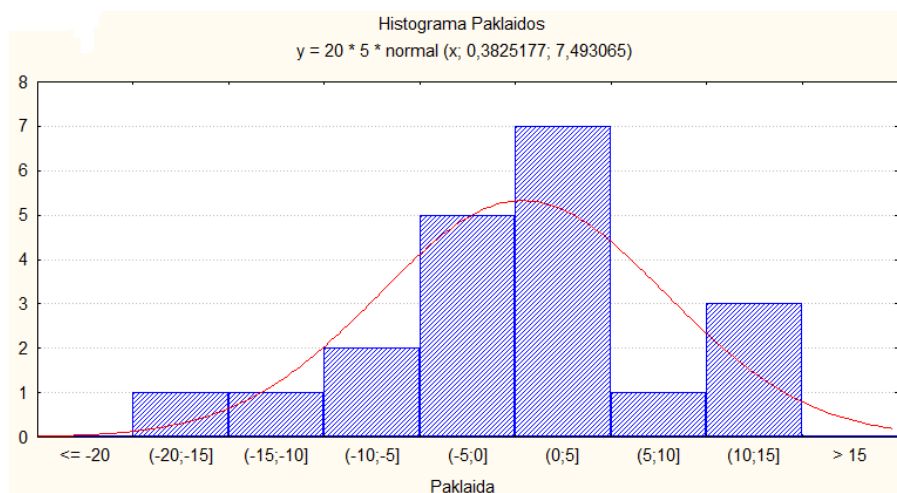
25 pav. Centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. Pušies 25% atstumu nuo plongalio paklaidos rezultatai

Iš grafiko matyti, jog paklaidos intervalas gana didelis. Tam įtakos gali turėti rąsto ydos, nesuderintas mechanizmas arba operatoriaus klaida.



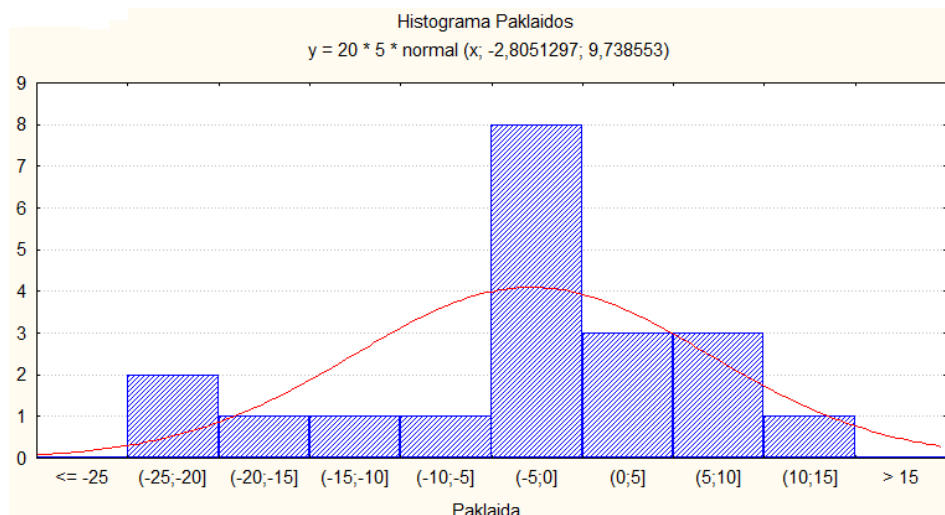
26 pav. Centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. Pušies 50% atstumu nuo plongalio paklaidos rezultatai

Iš grafiko matyti, jog paklaidos svyruoja nuo -5 iki 5mm. Į šį intervalą papuola daugiausia rąstų.



27 pav. Centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. Pušies 75% atstumu nuo plongalio paklaidos rezultatai

Iš grafiko matyti, jog paklaidos svyruoja nuo -5 iki 5mm. Sistemine paklaida: slinktis rąsto į kairę pusę.

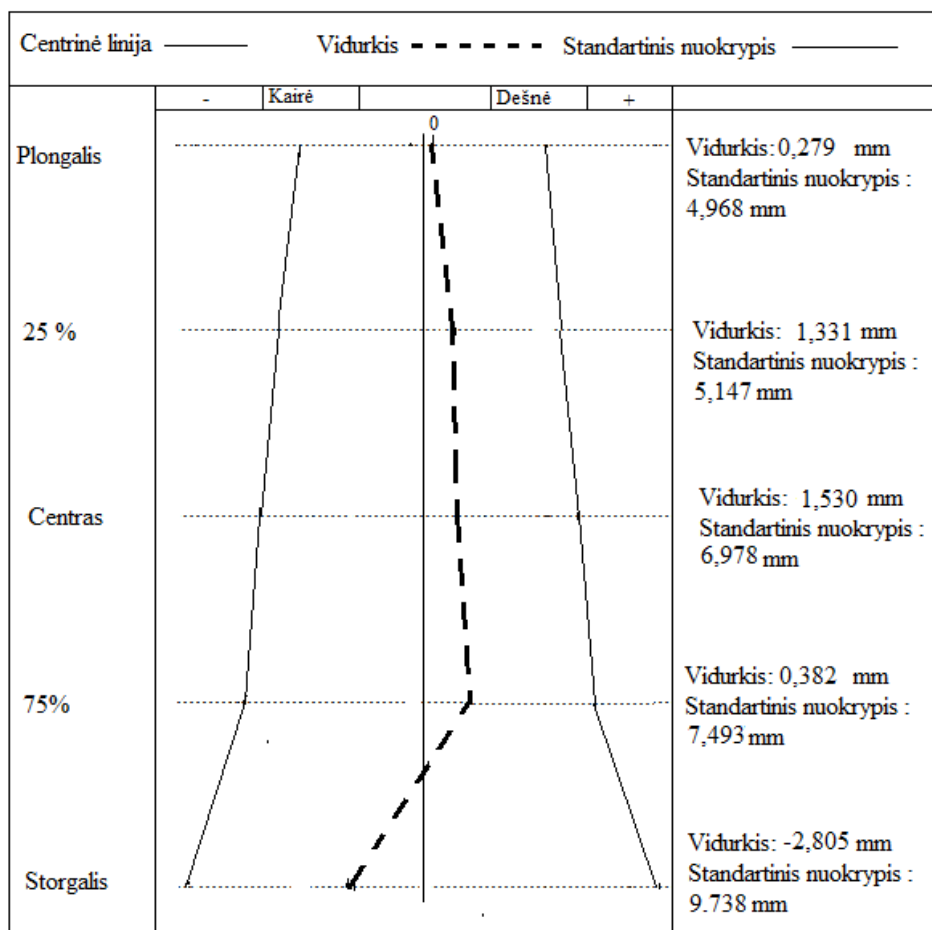


28 pav. Centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. Pušies storgalių paklaidos rezultatai

Iš grafiko matyti, jog paklaidos daugiausia svyruoja nuo -5 iki 0mm. Sistemine paklaida: slinktis rąsto į kairę pusę. Pasiskirstymas gana nuoseklus, tačiau yra keletas didesnių paklaidų, kurių priežastys gali būti dėl paties operatoriaus, rąsto ir mechanizmo kaltės.

Iš paveikslų matome, kad gauti matavimų rezultatai panašiai sutampa su teorine histograma. Pastebėtas didesnis persistūmimas į kairę pusę, o taip pat išsiskiria keletas matavimų, bet visumoje centravimo paklaidos sklaidos histograma atitinka teorinę normaliojo skirstinio kreivę.

Braižome grafinį vaizdavimą vidutinėm reikšmėm ir standartiniam nuokrypiui.



29 pav. Antros lentpjūvės grafinis rąsto vaizdavimas su centrine paklaida ir standartiniu nuokrypiu

Pušinio rąsto, padavimo į skales metu, rąsto plongalis sucentruojamas gana tiksliai, toliau rąsto centravimo paklaida auga ir rąsto storgalyje ji pasiekia didžiausią reikšmę. Iš viso to seka išvada jog rąstai susikreipia pačiame pjovimo gale, taip pat ši didelė paklaida gali atsirasti dėl to, kad storgalys nėra cilindrinės formos ir dėl savo netolygaus galo jo neina tinkamai sucentruoti.

11 lentelė

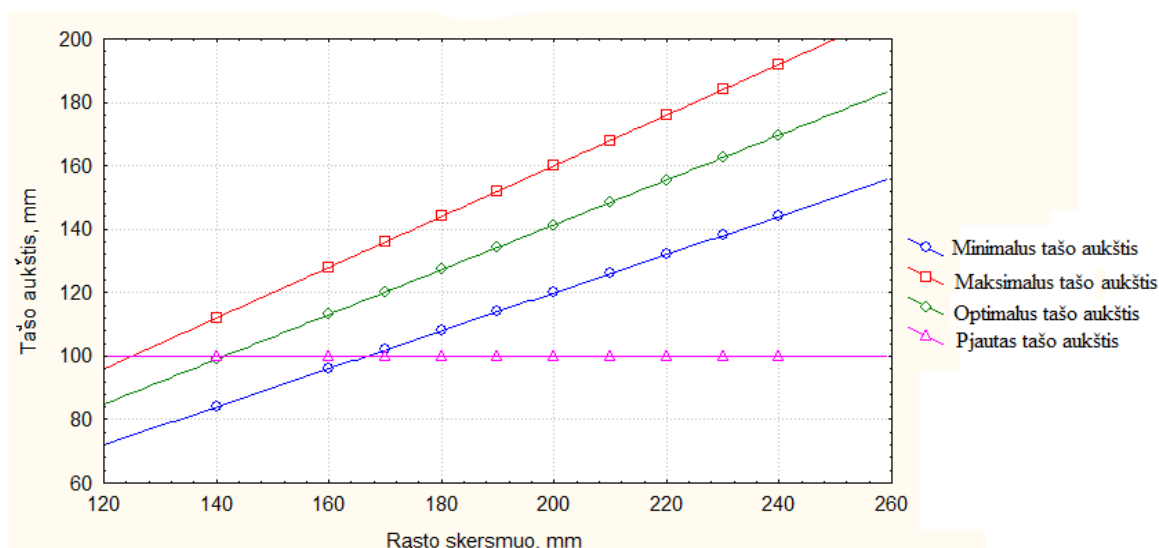
Pjaunamo tašo optimalūs bei ribiniai aukščiai

Rąsto plongalio skersmuo, mm	Minimalus tašo aukštis $0.6D_{pl}$, mm	Maksimalus tašo aukštis $0.8D_{pl}$, mm	Optimalus tašo aukštis $0.707D_{pl}$, mm	Tašo pjautas aukštis, mm
210	126	168	148,47	100
240	144	192	169,68	100
170	102	136	120,19	100
160	96	128	113,12	100
140	84	112	98,98	100
180	108	144	127,26	100
230	138	184	162,61	100
170	102	136	120,19	100
140	84	112	98,98	100
170	102	136	120,19	100
220	132	176	155,54	100

11 lentelės tęsinys

Rąsto plongalio skersmuo, mm	Minimalus tašo aukštis $0.6D_{pl}$, mm	Maksimalus tašo aukštis $0.8D_{pl}$, mm	Optimalus tašo aukštis $0.707D_{pl}$, mm	Tašo pjautas aukštis, mm
240	144	192	169,68	100
160	96	128	113,12	100
160	96	128	113,12	100
190	114	152	134,33	100
200	120	160	141,4	100
140	84	112	98,98	100
180	108	144	127,26	100
160	96	128	113,12	100
220	132	176	155,54	100

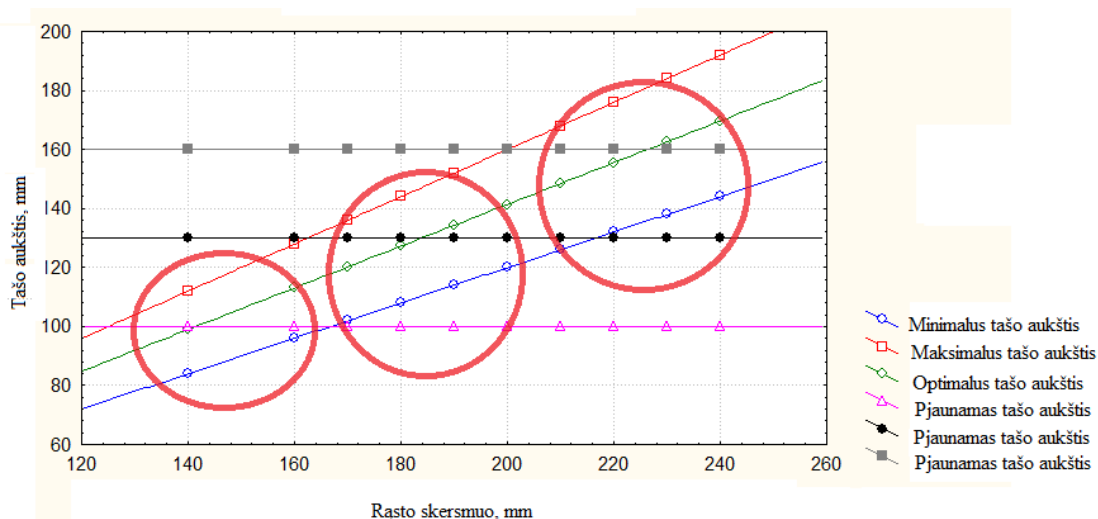
Kiekvieniems atskirų matmenų rąstų skersmenims galima paskaičiuoti minimalius, optimalius ir maksimalius tašo aukščius, minimalus skaičiuotinas tašo aukštis yra $0,6 D_{pl}$, maksimalus $0,8 D_{pl}$, optimalus $0,707 D_{pl}$, kurie leidžia racionaliau išnaudoti rąstus.



30 pav. Tašo aukščio priklausomybė nuo rąsto skersmens

Paveiksle matyti kaip kinta tašo aukščio priklausomybė nuo pjaunamo rąsto plongalio skersmens. Kaip matome duotu atveju reikėjo pjauti didesnio, o kai kur ir mažesnio aukščio tašus.

Toliau nustatome tris imtis rąstų skersmenų, po kurių racionaliau išnaudojus rąstus gautume didesnę tūrinę išėigą.



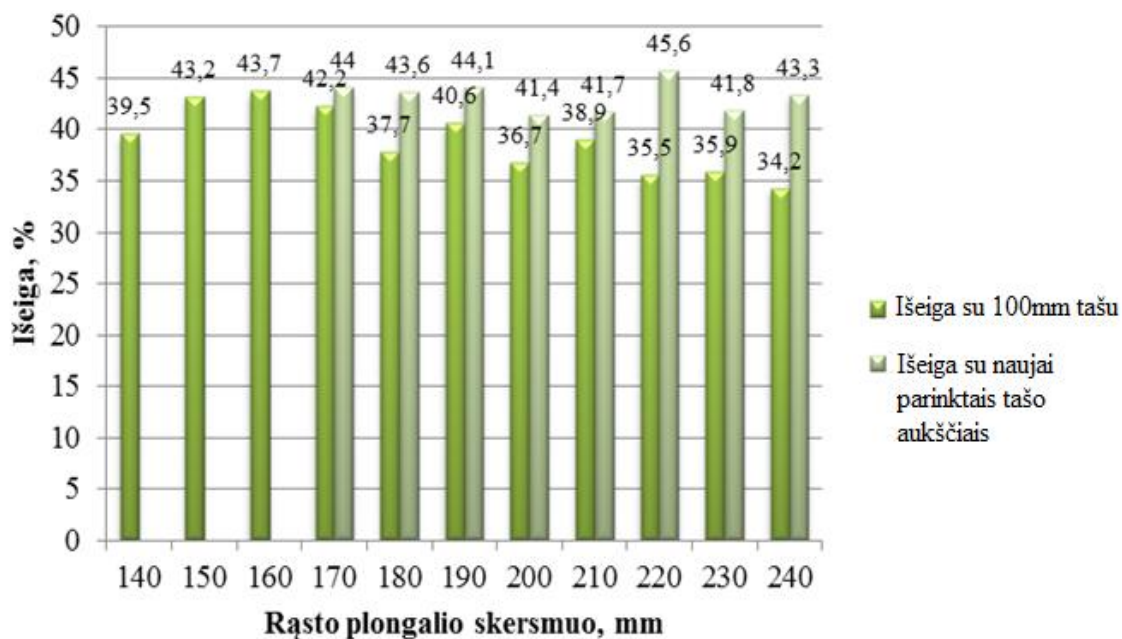
31 pav. Optimalaus tašo aukščio paskirstymo grafikas, pagal rąsto skersmenis
 Grafike matyti naujai parinkti tašo aukščiai, tam tikroms rąsto skersmenų grupėms.

12 lentelė

Išėigos padidėjimas nuo naujai parinktų tašo aukščių

Rąsto skersmuo, mm	Tašo aukštis, mm	Išėiga, %	Tašo aukštis, mm	Išėiga, %
140	100	39,5		
150	100	43,2		
160	100	43,7		
170	100	42,2	130	44
180	100	37,7	130	43,6
190	100	40,6	130	44,1
200	100	36,7	130	41,4
210	100	38,9	150	41,7
220	100	35,5	150	45,6
230	100	35,9	150	41,8
240	100	34,2	150	43,3

Toliau yra braižomas grafikas išėigos padidėjimui parinkus kitus tašo aukščius tam tikroms rąstų skersmenų grupėms.



32 pav. Išeigos pagerėjimas, parinkus kitus tašo aukščius

Iš grafikų ir lentelės matyti, jog parinkus didesnius tašo aukščius skirtingoms rąstų skersmenų grupėms jų išeiga išauga nuo 3% iki 8%, o tai reiškia racionaliau išnaudotą medieną ir didesnę lentpjūvės pelną. Taigi iš didesnių skersmenų rąstų reikia pjauti didesnę tašą arba du mažesnius.

3.3.UAB „Visagino lentpjūvė“ tyrimų rezultatai

Trečiosios lentpjūvės tipas yra modernizuotas. Pjaunama su diskinėmis staklėmis, naudojami pjovimo diskai, kurių prapjova 3,5 mm. Centravimas mechanizuotas.

Matuoti pušies tašai. Paskaičiuojama rąsto centravimo paklaida ir duomenys pateikiami lentelėse. Pagal gautus duomenis paskaičiuojame: vidurkį, standartinę paklaidą, medianą, modą, standartinį nuokrypį, imties dispersiją, eksceso koeficientą, asimetrijos koeficientą, duomenų aibės plotį. Visi rezultatai pateikiami lentelėse. Skaičiavimai atliekami naudojant „Statistica“ programą.

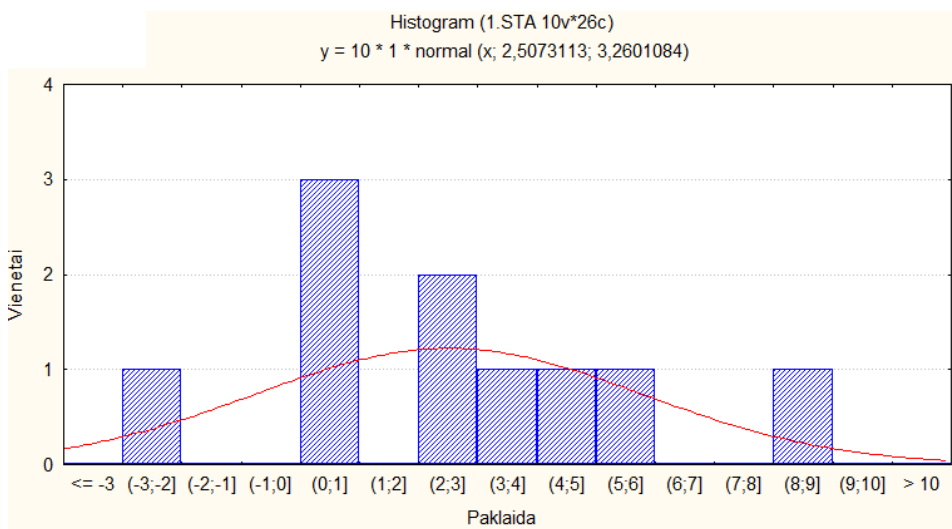
13 lentelė

Pušies bandinių plongalio rezultatai

Vidurkis	2,507
Standartinė paklaida	0,729
Mediana	2,198
Standartinis nuokrypis	3,26
Imties dispersija	10,63
Eksceso koeficientas	0,453
Asimetrijos koeficientas	0,552

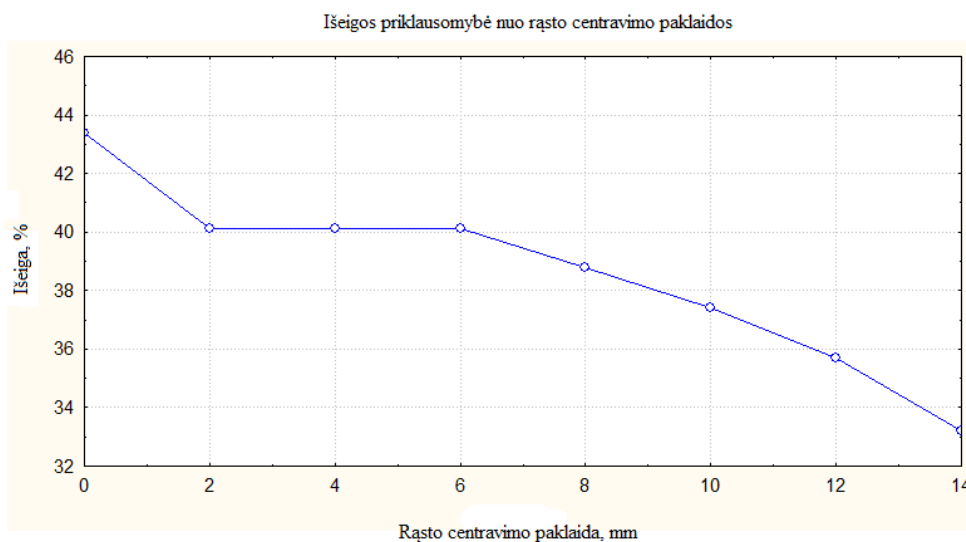
13 lentelės tęsinys

Duomenų aibės plotis	-11,4
Mažiausia reikšmė	-2,49
Didžiausia reikšmė	8,918
Suma	25,07
Duomenų skaičius	20



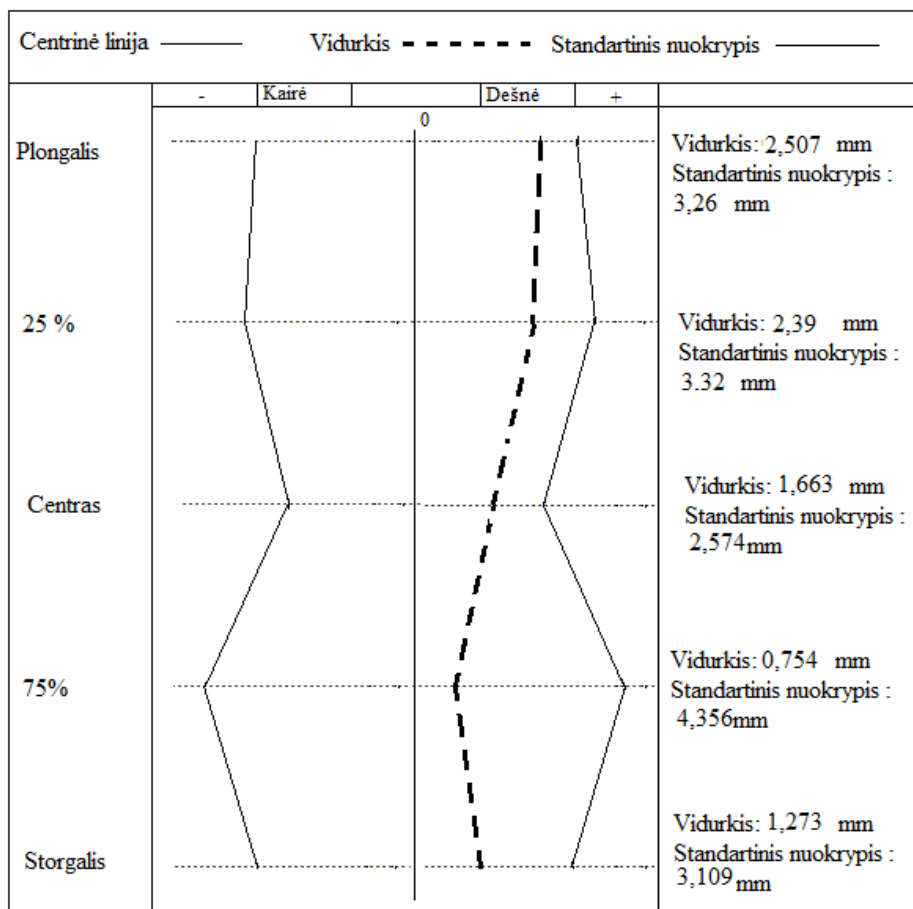
33 pav. Centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. Pušies plongalių paklaidos rezultatai

Iš grafiko matyti, kad paklaidos yra gana nuoseklios ir daugiausia vyrauja 0 – 6mm paklaida. Sisteminė paklaida: slinktis rąsto į dešnę pusę. Taip pat yra kelios didelės paklaidos. Jos galėjo atsirasti dėl rąsto ydos arba dėl operatoriaus atlaidumo.



34 pav. Rąsto išeigos priklausomybė nuo centravimo paklaidos

Iš grafiko matyti, kad išeiga iš kart krenta su 2mm, paklaida 3%. Prie 2, 4, 6 mm paklaidos išeiga nesikeičia, o vėliau vėl krenta ir prie 14mm paklaidos, išeiga sumažėja 10%. Todėl svarbu žiūrėti centravimo paklaidos, kadangi neracionaliai išnaudojama mediena, lieka daug atlieku, sumažėja lентpjūvės pelningumas.



35 pav. Grafinis rąsto vaizdavimas su centravimo paklaidomis ir vidutinėmis reikšmėmis

Iš grafiko matyti, jog rąsto padavimo metu į stakles visą laiką yra pastumtas dešinę pusę. Vidutiniškai centravimo paklaida yra apie 1,8 mm, vadinasi pjaunant kiekvieną rąstą išeiga sumažėja apie 2,8 %. Galima paskaičiuoti kiek šita lентpjūvė patiria nuostolio. Taip pat šis paveikslas rodo, jog gali būti susidėvėjęs centravimo mechanizmas, kadangi rąstas visada daugiau centruojamas į kairę pusę. Būtinai įrangos remontas ar suregulavimas.

3.4.UAB „Asaja“ lентpjūvės tyrimų rezultatai

Ketvirtos lентpjūvės tipas yra modernizuotas. Pjaunama su diskinėmis staklėmis, naudojami pjovimo diskai, kurių prapjova 3,5 mm. Centravimas mechanizuotas.

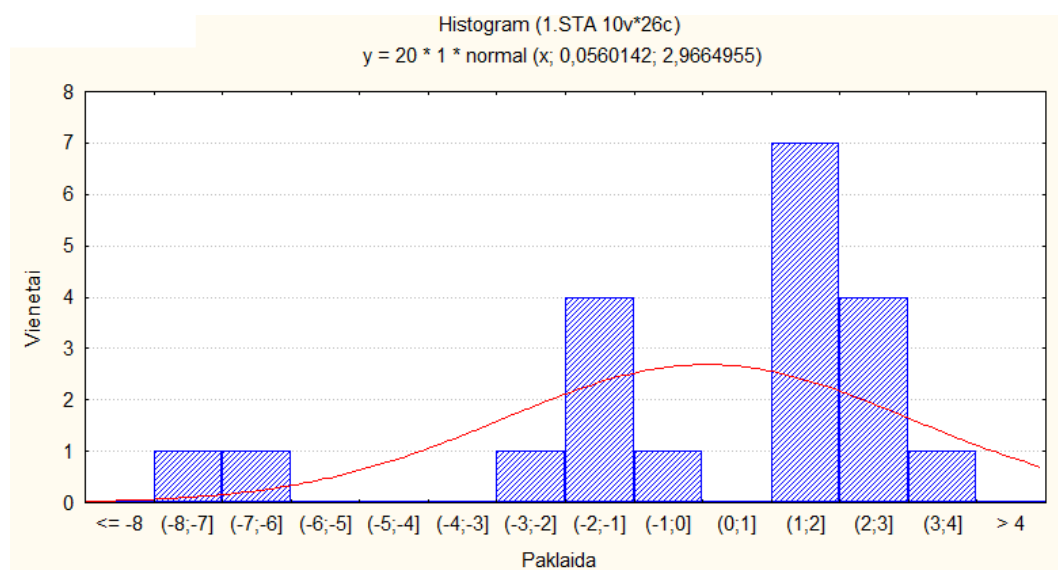
Matuoti alksnio tašai. Paskaičiuojama rąsto centravimo paklaida ir duomenys pateikiami lentelėse. Pagal gautus duomenis paskaičiuojame: vidurkį, standartinę paklaidą, medianą, modą,

standartinį nuokrypį, imties dispersiją, eksceso koeficientą, asimetrijos koeficientą, duomenų aibės plotį. Visi rezultatai pateikiami lentelėse. Skaičiavimai atliekami naudojant „Statistica“ programą.

14 lentelė

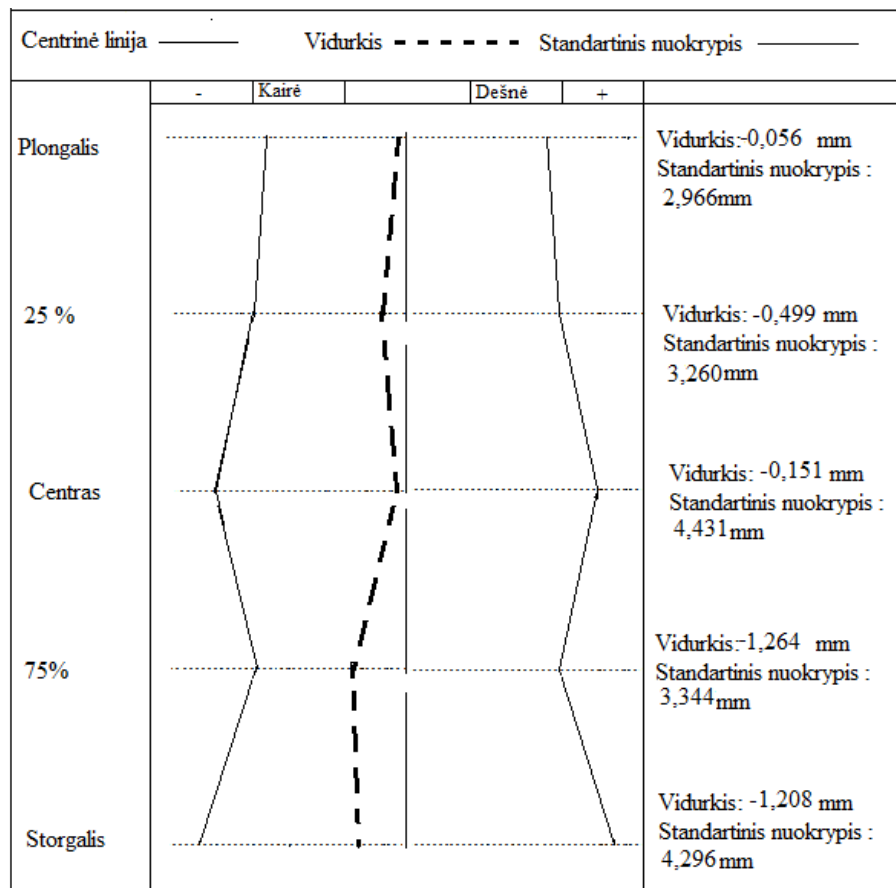
Alksnio bandinių rezultatai

Vidurkis	0,056
Standartinė paklaida	0,663
Mediana	1,297
Standartinis nuokrypis	2,966
Imties dispersija	8,8
Eksceso koeficientas	1,963
Asimetrijos koeficientas	-1,52
Duomenų aibės plotis	2,123
Mažiausia reikšmė	-7,61
Didžiausia reikšmė	3,066
Suma	1,12
Duomenų skaičius	20



36 pav. Centravimo paklaidos sklaidos histograma ir pasiskirstymo pagal normalųjį skirstinį kreivė. Alksnio rąstų paklaidos rezultatai

Iš grafiko matyti, kad paklaidos yra gana nuoseklios ir daugiausia vyrauja 1 – 3mm paklaida. Taip pat yra kelios didelės paklaidos. Jos galėjo atsirasti dėl rąsto ydos arba dėl operatoriaus atlaidumo.



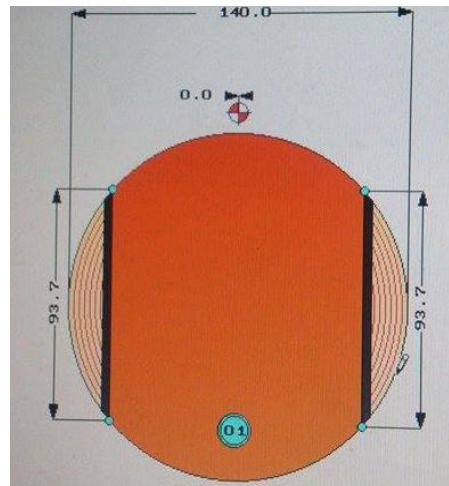
37 pav. Ketvirtosios lėntpjūvės grafinis rąsto vaizdavimas su centravimo paklaidom ir standartiniu nuokrypiu

Iš grafiko matyti, jog rąsto padavimo metu į stakles visą laiką yra pastumtas kairę pusę. Vidutiniškai centravimo paklaida yra apie 0,6 mm, tai pasako jog rąstai yra pakankamai gerai centruojami ir lėntpjūvė nepatiria daug nuostolių.

4. TEORINIS LENTPJŪVĖS IŠEIGŲ GERINIMO MODELIS

Naudojant specializuotą išeigų optimizavimo programinę įrangą buvo sudarytas rąstų optimalaus perdirbimo kompiuterinis modelis. Tokiu būdu galima pasiūlyti lentpjūvėje pjauti papildomas lentas iš gaubtinių, ir įvertinti, kaip padidės tūrinė išeiga.

Analizuojamas 140 mm skersmens rąstas. Tokio skersmens rąste standartines šonines lentas išpjauti neįmanoma. Gaunama tik centrinė išeiga, šiuo atveju tik 40,9 %.



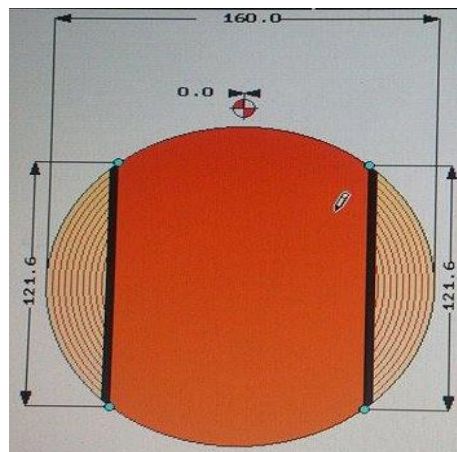
Pav. 38. Iš 140mm skersmens rąsto išpjautas tašas

15 lentelė

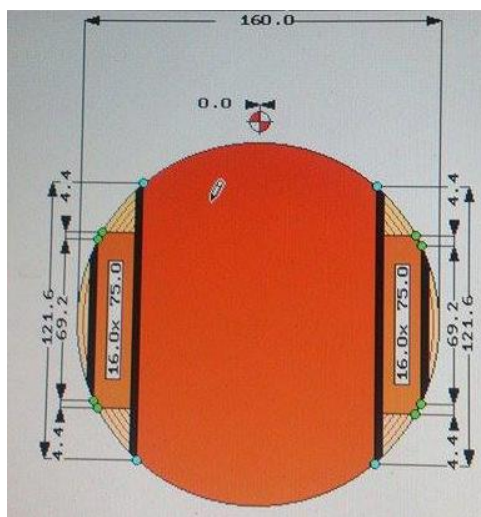
Tašo tūrinė išeiga iš 140mm rąsto

Rąsto skersmuo, mm	Papildomos lentos	Išeiga, %
140	0	40,9

Pakitus rąsto skersmeniui iki 160 mm jau atsiranda galimybė pjauti šonines lentas, kartais jas tenka trumpinti. Tačiau išeiga auga iki 51,2 %. (16 lentelė)



39 pav. Iš 160mm skersmens rąsto išpjautas tašas



40 pav. Papildomai išpjautos šoninės lentos

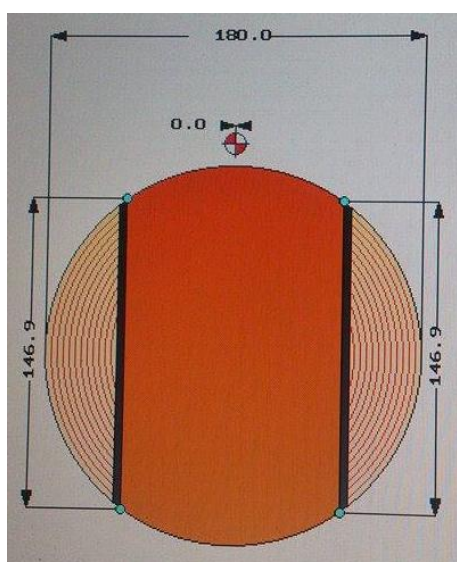
16 lentelė

Tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išeiga iš 160mm rąsto

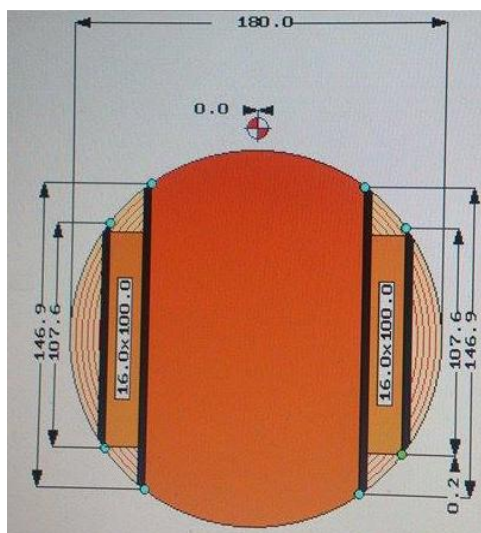
Rąsto skersmuo, mm	Papildomos lentos	Išeiga, %
160	0	43,7
160	2	51,9

Iš lentelės matyti jog pjaunant papildomas lentas iš gaubtinių išeiga didėja iki 8%. O tai yra tikrai didelis skirtumas.

Pakitus rąsto skersmeniui iki 180 mm jau atsiranda galimybė pjauti šonines lentas, kartais jas tenka trumpinti. Tačiau išeiga auga iki 48,9 % (17 lentelė).



41 pav. Iš 180mm skersmens rąsto išpjautas tašas



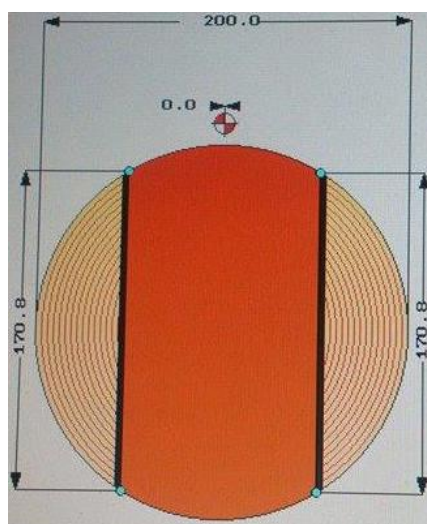
42 pav. 2- vi papildomai išpjautos šoninės lentos

17 lentelė

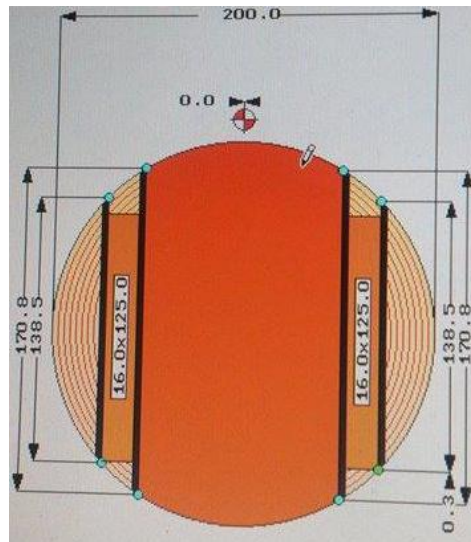
Tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išeiga iš 180mm rąsto

Rąsto skersmuo, mm	papildomos lentos	Išeiga, %
180	0	39,2
180	2	48,9

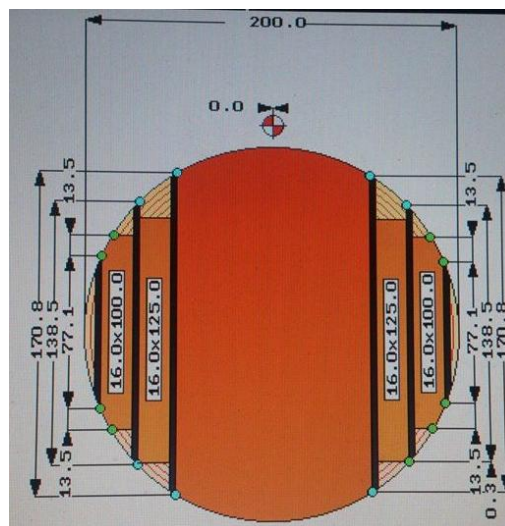
Nors 180mm rąsto išeiga mažesnė nei 160mm, dėl to jog netilpo sekantys standartiniai lentų storiai ir likus tiems patiems storiams išeiga šiek tiek sumažėjo, tačiau bendrai paėmus išeiga paaugo beveik 9% (17 lentelė).



43 pav. Iš 200mm skersmens rąsto išpjautas tašas



44 pav. 2-vi Papildomai išpjautos šoninės lentos



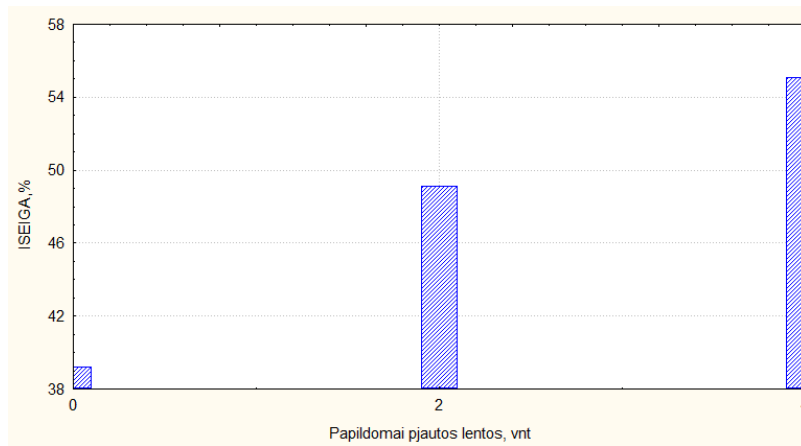
45 pav. 4- ios papildomai išpjautos šoninės lentos

18 lentelė

Tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išeiga iš 200mm rąsto

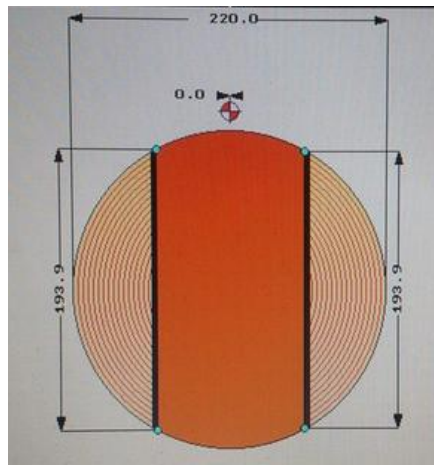
Rąsto skersmuo, mm	papildomos lentos	Išeiga, %
200	0	39,2
200	2	49,1
200	4	55,1

Toliau braižomas grafikas, kuriame matyti tūrinės išeigos priklausomybė nuo papildomai pjautų lentų skaičiaus.

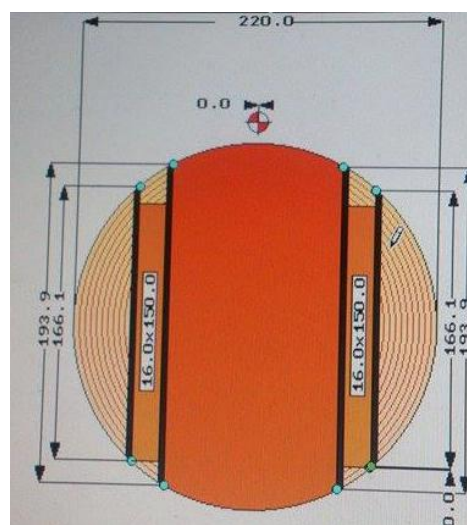


46 pav. 200mm rąsto skersmens išeigos pagerėjimas išpjovus papildomas lentas iš gaubtinių

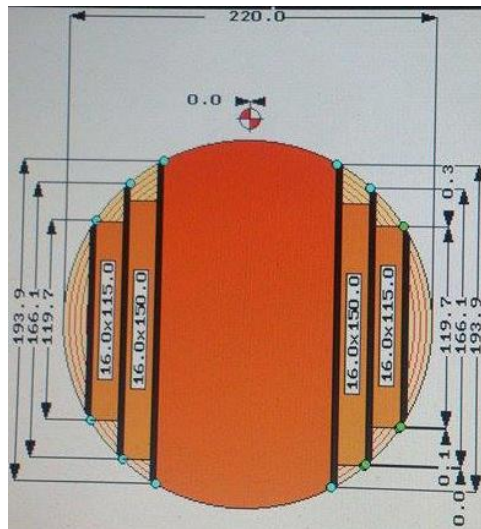
Iš 200mm rąsto išeina jau išpjauti keturias lentas kurių dėka išeiga padidėja net iki 16% (18 lentelė).



47 pav. Iš 220mm skersmens rąsto išpjaunamas tašas



48 pav. 2 – vi papildomai išpjautos šoninės lentos



49 pav. 4 – rios papildomai išpjautos šoninės lentos

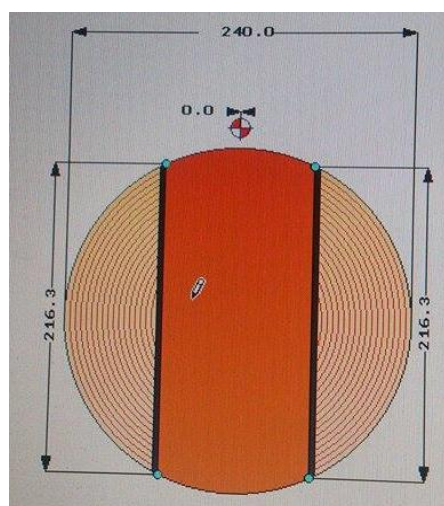
19 lentelė

Tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išeiga iš 220mm rąsto

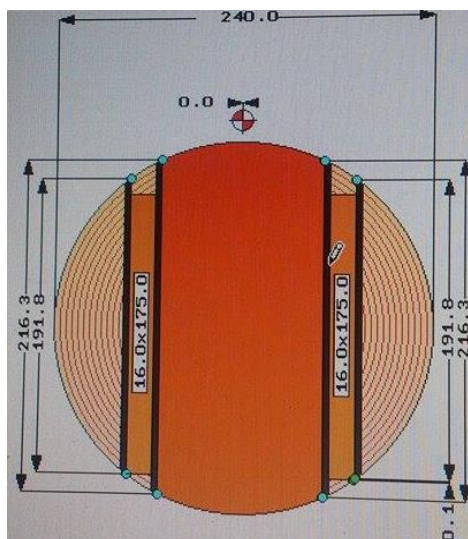
Rąsto skersmuo, mm	papildomos lentos	Išeiga, %
220	0	33,7
220	2	43,4
220	4	50,8

Toliau braižomas grafikas, kuriame matyti tūrinės išeigos priklausomybė nuo papildomai pjautų lentų skaičiaus.

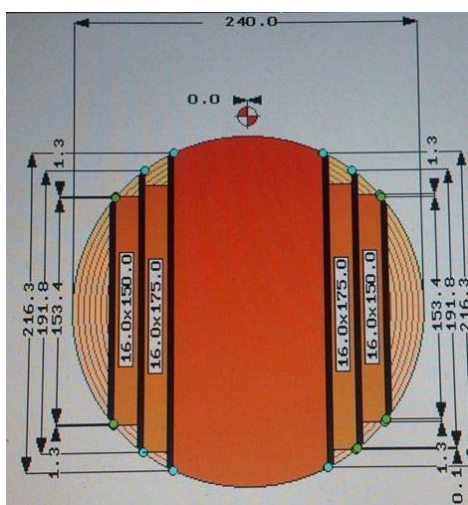
Didėjant rąsto skersmeniui didėja ir tūrinė išeiga, kuri akivaizdžiai matyti grafike ir lentelėje. (19 lentelė).



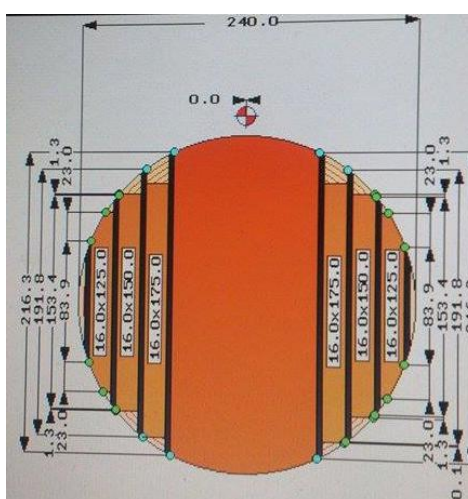
50 pav. Iš 240mm skersmens rąsto išjaunamas tašas



51 pav. 2 – vi papildomai išpjautos šoninės lentos



52 pav. 4 – rios papildomai išpjautos šoninės lentos



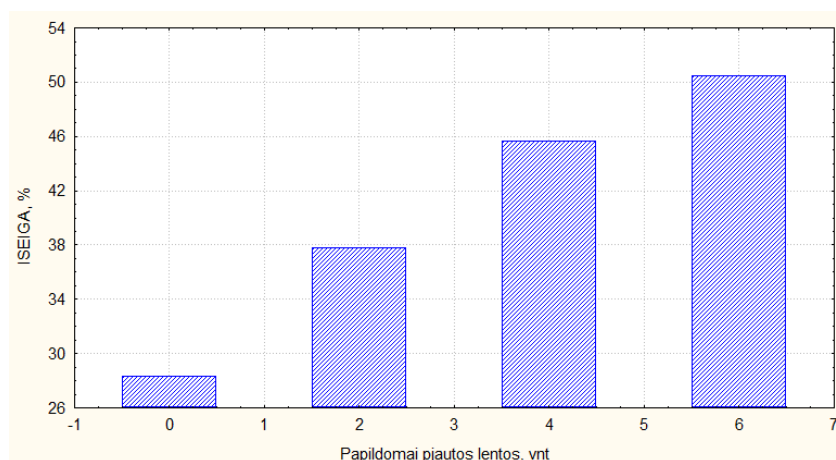
53 pav. 6 – šios papildomai išpjautos šoninės lentos

20 lentelė

Tašo be papildomų lentų ir su papildomom lentom tūrinė išėiga iš 240mm rąsto

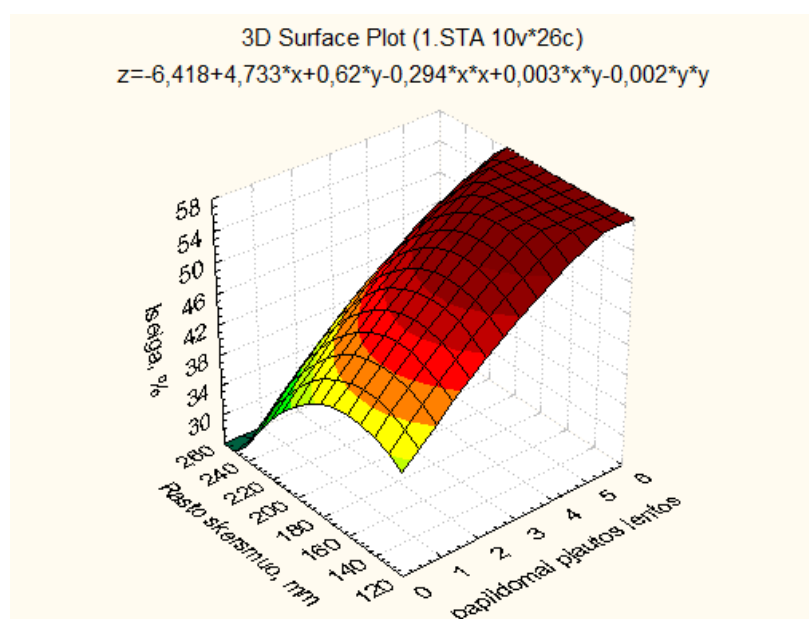
Rąsto skersmuo, mm	papildomos lentos	Išėiga, %
240	0	28,3
240	2	37,8
240	4	45,7
240	6	50,5

Toliau braižomas grafikas, kuriame matyti tūrinės išėigos priklausomybė nuo papildomai pjautų lentų skaičiaus.



54 pav. 240mm rąsto skersmens išėigos pagerėjimas išpjovus papildomas lentas iš gaubtinių

Pjaunant rąstą kurio skersmuo yra 240mm papildomų lentų išsipjauna net 6 vnt. Jų dėka išėiga išauga iki 20%. (20 lentelė).



55 pav. Išėigos priklausomybė nuo papildomai pjautų lentų skaičiaus ir rąsto skersmens

Gautas išeišgos modelis papildomai pjautų lentų ir rąsto skersmens:

$$\text{Modelis } z = -6,418 + 4,733 * x + 0,62 * y - 0,294 * x * x + 0,003 * x * y + 0,002 * y * y$$

Čia:

x – papildomai pjautos lentos,

y – rąsto skersmuo,

z – išeiška.

Iš šio grafiko matyti jog iš gaubtinių papildomai pjautos lentos ženkliai padidina tūrinę išeišką. Taip pat iš storesnių rąstų galima pjauti netgi du tašus, taip racionaliau išnaudojant rąstus.

Gauta pjautinės medienos išeišgos pagerėjimo priklausomybė, kai iš gaubtinių išpjaunamos papildomos lentos. Regresinė lygtis yra $z = (-6,4184577) + (4,732515) * x + (0,6199122) * y - (0,2943582) * x * x + (0,0031623) * x * y - (0,0019822) * y * y$, determinacijos koeficientas $R^2 = 0,985$ ir koreliacija $R = 0,992$.

Šiai lentpjūvei galima pasiūlyti pjauti papildomas lentas iš gaubtinių ir taip padidinti savo tūrinę išeišką kas šiame darbe buvo svarbiausias aspektas. Tačiau dauguma taros lentpjūvių nepjauna papildomų lentų dėl to, kad gali neparduot ar apsikrauti sandėlius netinkamų matmenų lentomis, tačiau su geru rinkodariniuku įmonė gali parduoti tarai netinkamas lentas ir taip pasiekti didesni įmonės pelną. Tokias gaubtines smulkinant į skiedrą, arba parduodant kaip malkas, kaip elgiamasi daugumoje taros gamybos įmonių, pelnas iš gaubtinių sumažėja 2-3 kartus. Tai rimtas rezervas efektyvumo didinimui.

IŠVADOS

Analizuoiant gautus rezultatus, galima daryti tokias išvadas:

1. Nustatyta, jog visose lentpjūvėse, kuriose buvo atliekami tyrimai, rąstai yra neracionaliai naudojami. Jie nėra rūšiuojami į klases, o pjaunami pagal iš anksto nustatytą norimą tašo aukštį, nekreipiant dėmesio į rąsto skersmenį.

2. Antrojoje tirtroje lentpjūvėje atlikus skaičiavimus, galima pasiūlyti išskirstyti rąstus į tam tikras grupes pagal skersmenį, atsižvelgiant į optimalaus tašo pjovimo rekomendacijas. Kadangi naujai parinkti tašo aukščiai tam tikroms rąstų skersmenų grupėms išėigą pagerina iki 10%.

3. Nustatyta, kad didelę įtaką tūrinei išėigai turi rąsto centrinis pozicionavimas. Darbo rezultatai tai gerai parodo. Lentpjūvėms reikėtų išspręsti šią problemą, kadangi 340mm skersmens rąsto 1% tūrinės išėigos sumažėjimas, pelningumą sumažina 1,88 euro arba jeigu lentpjūve per metus išpjauna 3000 vienetų tokių rąstų jie patiria 5640 eurų nuostolį.

4. Visoms lentpjūvėms nubraižyti grafiniai rąsto, centravimo vidurkio ir standartinio nuokrypio, vaizdai. Iš jų sprendžiame į kurią pusę persistumia rąsto centras. Iš to sprendžiame jog išpjautas rąstas yra nesimetriškas. Geriausias centravimas gautas UAB „Asaja“ lentpjūvėje, kurios vidutinė centravimo paklaida yra 0,635 mm.

5. Lentpjūvėse, kuriose centravimas atliekamas vizualiai didelę reikšmę turi darbuotojo asmeninė fiziologija. Atlikus skaičiavimus matyti, jog kiekvienoje lentpjūvėje, kuriose centravimas vizualinis, centravimo paklaidos didesnės, nei lentpjūvėse, kuriose mechaninis centravimas. Taip pat pastebima jog rąstas pasistumia daugiau į dešinę pusę. Tai gali reikšti kad rąstą centruoja žiūrėdamas ne iš tam atitinkamo kampo arba dominuoja žmogiškasis veiksnys, yra asmeninių ar atidumo problemų.

6. Atlikus skaičiavimus ketvirtojoje lentpjūvėje iš to seka toks pasiūlymas, po kurio būtų racionaliau išnaudojama mediena. Tai yra iš gaubtinių išpjauti papildomas lentas, kurios padidina tūrinę išėigą iki 10% ar netgi daugiau.

7. Lentpjūvėse būtina dažniau atlikti panašaus pobūdžio tyrimus, kad tinkamai sureguliuoti stakles, kurie kontroliuoja rąsto padavinimą į stakles, taip pat išvengti žmogaus nuovargio veiksnio paklaidų.

8. Papildomai pjaunamos lentos iš gaubtinių tūrinę išėigą pagerina net iki 20%, tačiau lentpjūvės negaminančios i sandėlį, kaip mano atveju, patiria gana didelius nuostolius, nes tokias gaubtines smulkinant į skiedrą, arba parduodant kaip malkas, kaip elgiamasi daugumoje taros gamybos įmonių, pelnas iš gaubtinių sumažėja 2-3 kartus. Tai rimtas rezervas efektyvumo didinimui.

9. Palyginus alksnio ir pušies medieną nustatyta jog geriau centruojasi alksnio rąstai. Pagal vidurkį gauta, kad alksnio vidutinė centravimo paklaida yra apie 0,6mm, o pušies atitinkamai 1,581mm, 1,2654mm ir 1,0362mm.

LITERATŪROS ŠALTINIAI

1. BALTRUŠAITIS, Antanas; PRANCKEVIČIENĖ, Vilija (2005) The Influence of Log Offset on Sawn Timber Volume Yield. Iš *Materials Science (Medžiagotyra)* [interaktyvus], vol. 11, no. 4 [žiūrėta kovo 4 d.], p. 403-406. Prieiga per internetą: <<http://internet.ktu.lt/lt/mokslas/zurnalai/medz/pdf/medz0-83/21%20Baltrusaitis%20403-406.pdf>>.
2. LUNDAHL, Carl Gustav (2007) Optimized Processes in Sawmills [interaktyvus], [žiūrėta kovo 10 d.], p. 197. Prieiga per internetą: <<http://epubl.ltu.se/1402-1757/2007/02/LTU-LIC-0702-SE.pdf>> ISSN:1402 – 1757.
3. PRANCKEVIČIENĖ, Vilija; BALTRUŠAITIS, Antanas (2001) The influence of log sweep on sawn timber volume yield. Iš *Materials Science (Medžiagotyra)*, vol. 7, no. 3, p. 167-171. Kaunas: Technologija. ISSN 1392-1320.
4. PRANCKEVIČIENĖ, Vilija; BALTRUŠAITIS, Antanas (2002) Veiksnių lemiančių pjautinės medienos išeigą tyrimas. Iš *Konferencijos „Lietuvos mokslas ir pramonė: Vartojimo reikmenų technologijos ir dizainas“ pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, p. 322-326.
5. PRANCKEVIČIENĖ, Vilija; BALTRUŠAITIS, Antanas (1999) Rąstų skersmens, ilgio ir nuolaibio įtaka pjautinės medienos išeigai. Iš *Konferencijos „Lietuvos mokslas ir pramonė: Vartojimo reikmenų technologijos ir dizainas“ pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, p. 291-297.
6. LABEDA, A. (1993) Practical Implications of the Log Positioning Error During Primary Breakdown, SawTech 93. Iš *The 3rd International Conference on Sawing Technology. Proceedings*. San Francisco, California, USA, October 14 – 16, p.31-44.
7. LABEDA, A. (1997) *Computer Aided Sawing – Off-line Simulation of Log Breakdown*. Norsborg, Sweden, 8 p.
8. STUOKA, M. (2001) Pjautinės medienos išeigos rodiklių tyrimas. Iš *Vartojimo reikmenų technologijos ir dizainas: konferencijos pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija. 371p.
9. PRANCKEVIČIENĖ, Vilija (2002) Pjautinės medienos išeigų tyrimas ir optimizavimas. Kaunas: Technologija, 34 p.
10. PRANCKEVIČIENĖ, Vilija. (2001) Disertacijos darbas. Kaunas, KTU.
11. LABEDA, A.; QVIBERG, S. (1989) Video Measuring System for Determining Log Offset and Skew Occurring in Breakdown Operation. Iš *The 3rd International Conference on Scanning Technology in Sawmilling* October 5-6, San Francisco, California, USA. p. III1 – III17.
12. SAKALAUSKAS, Virgilijus (2003) *Duomenų analizė su STATISTICA*. Margi raštai: Vilnius. 329 p. ISBN 9986-09-256-6.

13. PEKARSKAS, V. (2007) *Eksperimento rezultatų matematinis apdorojimas*. 179 p.
14. JAKIMAVIČIUS, Česlovas (1983) *Medienos fizikinės savybės: paskaitų konspektas*.
15. PROCHOROV, G. F. (1987) The Influence of Log and Cant Offset on Sawn Timber, Chips and Sawdust Yield. Iš *Forestry Journal*, p.127 – 130. ISSN 0536-1036.
16. Van ZYL, Fritz (2011) *Determining the optimal log position during primary breakdown using internal wood scanning techniques and meta-heuristic algorithms*.
17. ASHFORD, Sheridan (2013) *Validation of a redwood sequoia sempervirens (D. Don) endl butt log sawing Simulator*.
18. HALLOCK, H. (1979) *A look at centered vs. offset sawing*.
19. CUMMINS, L. K.,CULBERTSON, D. D. (1972) Sawmill Simulation Model for Maximizing Log Yield Values. Iš *Forest products Journal*, p. 34– 40. ISSN 0015-7473 22 (10).
20. DU PLESSIS, J de V (2010) *Investigation into the use of meta-heuristics in the optimisation of log positioning during sawmill processing*, MSc thesis, Stellenbosch University, South Africa.

Gauti lentų matmenys

Išauga %	Dpl	Paklaida	Matmenys
36,1	240	0	16x75x1800 212x100x2800 16x75x1800
33,1	240	2	16x75x1900 212x150x2800
22,6	240	4	16x115x2100 212x100x1700
20,4	240	6	16x115x2300 212x100x2000
18,8	240	8	16x100x2800 212x75x1800
18	240	10	16x115x2600 212x75x1700
21,6	240	12	212x100x1800
18	240	14	212x75x2000
41,8	260	0	16x100x2200 212x125x2800 16x100x2200
41,9	260	2	16x115x2100 212x125x3000 16x100x2100
39,3	260	4	16x125x2100 212x125x2800 16x100x1900
38	260	6	16x100x2700 212x125x2700 16x100x1700
36,7	260	8	16x125x2700 212x125x2600 16x75x1900
34,2	260	10	16x115x2700 212x125x2400 16x75x1800
32	260	12	16x115x2900 212x125x2300
21,8	260	14	16x150x2900 212x100x1800
46,1	280	0	16x115x2800 212x175x2700 16x115x2800
44,2	280	2	16x125x2800 212x150x3000 16x125x2500
44,2	280	4	16x125x2900 212x150x3000 16x125x2300
44,2	280	6	16x125x3000 212x150x3000 16x115x2400
41,6	280	8	16x150x2700 212x150x2800 16x125x2100
40,3	280	10	16x150x2800 212x150x2700 16x115x2100
37,9	280	12	16x150x2900 212x125x3000 16x100x2200
37,6	280	14	16x150x3000 212x125x3000 16x115x1800
48,2	300	0	16x150x2900 212x200x2800 16x150x2900
46,7	300	2	16x150x3000 212x200x2700 16x150x2800
45,5	300	4	16x150x3000 212x175x3000 16x150x2700
45,4	300	6	16x175x3000 212x175x3000 16x125x3000
45,1	300	8	16x175x3000 212x175x3000 16x125x2900
44	300	10	16x175x2900 212x175x2900 16x125x2700
41,4	300	12	16x175x3000 212x175x2700 16x150x2200
41,2	300	14	16x175x3000 212x175x2700 16x125x2400
53,5	320	0	16x175x3000 212x225x2900 16x175x3000
52	320	2	16x175x3000 212x225x2800 16x175x3000
50,4	320	4	16x200x2800 212x225x2700 16x175x2900
50,1	320	6	16x200x2900 212x200x3000 16x175x2400
50,1	320	8	16x200x3000 212x200x3000 16x175x2700
49,9	320	10	16x200x3000 212x200x3000 16x150x3000
48,4	320	12	16x200x3000 212x200x2900 16x150x2900
47,2	320	14	16x225x3000 212x200x2800 16x150x2800
53,4	340	0	16x225x2700 212x250x2900 16x225x2700
53,5	340	2	16x225x2800 212x250x2900 16x200x3000

1 PRIEDAS (TĘSINYS)

Išeiga %	Dpl	Paklaida	Matmenys
52,1	340	4	16x225x2900 212x250x2800 16x200x3000
50,5	340	6	16x225x2900 212x225x3000 16x200x2900
50,5	340	8	16x225x3000 212x225x3000 16x200x2800
50,4	340	10	16x225x3000 212x225x3000 16x200x2700
50,3	340	12	16x225x3000 212x225x3000 16x175x2800
49	340	14	16x225x3000 212x225x2900 16x175x3000

Tyrimo protokolas

Padavimo greitis:		Data:		2014m gegužė		Kompanija:		Tramex					
		Rūšis:		Pušis									
Protokolas		Plongalys		25% nuo pl.		Centre		75% nuo pl		Storgalyje		Ilgis, mm	Tašo aukštis, mm
Nr.	Pl. Skersmuo	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D		
1	290	205	205	205	220	235	210	255	245	275	285	3095	212
2	280	175	195	175	205	185	205	175	220	205	225	2965	212
3	280	175	205	190	205	210	230	200	245	210	255	3070	212
4	310	205	255	235	265	250	235	265	235	260	235	3050	212
5	280	185	175	180	180	160	215	200	230	205	300	3070	212
6	300	200	185	250	185	270	240	255	260	280	285	3085	212
7	240	155	65	250	200	190	180	160	210	250	200	3030	212
8	250	95	150	135	180	125	115	165	145	180	145	3090	212
9	230	30	145	100	100	105	105	135	110	145	60	3065	212
10	330	255	210	270	240	245	235	270	245	255	280	3065	212
11	290	205	200	20	210	210	230	220	240	245	245	2970	212
12	250	95	180	105	165	170	140	180	115	185	170	2990	212
13	250	95	180	140	140	165	130	170	165	180	180	3090	212
14	270	175	170	175	200	170	210	200	220	240	140	2975	212
15	290	155	180	100	185	180	210	155	205	175	250	2970	212
16	250	200	95	190	150	200	180	200	205	200	200	3125	212
17	270	240	45	200	160	190	210	205	230	215	220	3065	212
18	300	200	240	210	255	230	225	260	250	310	300	3055	212
19	280	180	175	200	190	205	185	300	205	200	200	2950	212
20	300	240	160	180	250	300	275	300	245	350	310	3085	212

Apskaičiuotos tašo paklaidos

Padavimo greitis:		Data:		2014m gegužė		Kompanija:		Tramex											
Skersmenų klasė:		230-330 mm		Rūšis:		Pušis													
Protokolas		Plongalys		Paklaida		25% nuo pl.		Paklaida Centre		Paklaida 75% nuo pl		Paklaida Storgalyje		Paklaida Ilgis		Tašo aukštis			
Nr.	Pl. Skersmuo	K	D	Plongalyje	K	D	25%	K	D	Centre	K	D	75%	K	D	Storgalyje	mm	mm	
1	290	205	205	0	205	220	-3,7588	235	210	6,56	255	245	2,948	275	285	-3,302	3095	212	
2	280	175	195	-4,3632	175	205	-6,7217	185	205	-4,599	175	220	-10,48	205	225	-5,071	2965	212	
3	280	175	205	-6,7217	190	205	-3,4935	210	230	-5,189	200	245	-11,81	210	255	-12,34	3070	212	
4	310	205	255	-13,561	235	265	-8,8443	250	235	4,29	265	235	8,844	260	235	7,2966	3050	212	
5	280	185	175	2,1226	180	180	0	160	215	-12,16	200	230	-7,606	205	300	-28,29	3070	212	
6	300	200	185	3,4051	250	185	16,672	270	240	9,021	255	260	-1,518	280	285	-1,666	3085	212	
7	240	155	65	11,675	250	200	13,267	190	180	2,182	160	210	-10,91	250	200	13,267	3030	212	
8	250	95	150	-7,9452	135	180	-8,3579	125	115	1,415	165	145	3,656	180	145	6,707	3090	212	
9	230	30	145	-11,866	100	100	0	105	105	0	135	110	3,611	145	60	10,274	3065	212	
10	330	255	210	12,338	270	240	9,0212	245	235	2,83	270	245	7,591	255	280	-7,886	3065	212	
11	290	205	200	1,194	20	210	-25,767	210	230	-5,189	220	240	-5,425	245	245	0	2970	212	
12	250	95	180	-13,782	105	165	-9,5519	170	140	5,483	180	115	11,31	185	170	3,1397	2990	212	
13	250	95	180	-13,782	140	140	0	165	130	6,088	170	165	0,988	180	180	0	3090	212	
14	270	175	170	1,0171	175	200	-5,5277	170	210	-8,962	200	220	-4,953	240	140	22,406	2975	212	
15	290	155	180	-4,9381	100	185	-14,284	180	210	-6,899	155	205	-10,61	175	250	-18,79	2970	212	
16	250	200	95	18,264	190	150	8,0189	200	180	4,481	200	205	-1,194	200	200	0	3125	212	
17	270	240	45	32,768	200	160	8,4906	190	210	-4,717	205	230	-6,412	215	220	-1,282	3065	212	
18	300	200	240	-10,377	210	255	-12,338	230	225	1,341	260	250	3,007	310	300	3,5967	3055	212	
19	280	180	175	1,0466	200	190	2,2995	205	185	4,599	300	205	28,29	200	200	0	2950	212	
20	300	240	160	18,868	180	250	-17,748	300	275	8,476	300	245	17,67	350	310	15,566	3085	212	

Pušies tašo plongalio rezultatai:

Vidurkis	0,768
Standartinė paklaida	2,8208
Mediana	0,5085
Standartinis nuokrypis	12,615
Imties dispersija	159,14
Eksceso koeficientas	0,6398
Asimetrijos koeficientas	0,9616
Duomenų aibės plotis	-46,551
Mažiausia reikšmė	-13,782
Didžiausia reikšmė	32,768
Suma	15,36
Duomenų skaičius	20

Pušies tašo rezultatai 25%: nuo plongalio:

Vidurkis	-2,9312
Standartinė paklaida	2,3961
Mediana	-3,6262
Standartinis nuokrypis	10,716
Imties dispersija	114,83
Eksceso koeficientas	-0,1528
Asimetrijos koeficientas	-0,0795
Duomenų aibės plotis	-42,438
Mažiausia reikšmė	-25,767
Didžiausia reikšmė	16,672
Suma	-58,623
Duomenų skaičius	20

Pušies tašo rezultatai 50% nuo plongalio:

Vidurkis	0,453
Standartinė paklaida	1,365
Mediana	1,798
Standartinis nuokrypis	6,107
Imties dispersija	37,29
Eksceso koeficientas	-0,793
Asimetrijos koeficientas	-0,506
Duomenų aibės plotis	-21,18
Mažiausia reikšmė	-12,16
Didžiausia reikšmė	9,021
Suma	9,051
Duomenų skaičius	20

Pušies tašo rezultatai 75% nuo plongalio:

Vidurkis	0,85
Standartinė paklaida	2,319
Mediana	-0,103
Standartinis nuokrypis	10,37
Imties dispersija	107,6
Eksceso koeficientas	1,167
Asimetrijos koeficientas	1,015
Duomenų aibės plotis	-40,09
Mažiausia reikšmė	-11,81
Didžiausia reikšmė	28,29
Suma	17
Duomenų skaičius	20

Pušies tašo storgalio rezultatai :

Vidurkis	0,181
Standartinė paklaida	2,593
Mediana	0
Standartinis nuokrypis	11,6
Imties dispersija	134,5
Eksceso koeficientas	1,096
Asimetrijos koeficientas	-0,525
Duomenų aibės plotis	-50,69
Mažiausia reikšmė	-28,29
Didžiausia reikšmė	22,41
Suma	3,626
Duomenų skaičius	20

Tyrimo protokolas

Padavimo greitis:		Data:		2015m vasaris		Kompanija:		Migva					
		Rūšis:		Pušis									
Protokolas		Plongalys		25% nuo pl.		Centre		75% nuo pl		Storgalyje		Ilgis, mm	Tašo aukštis, mm
Nr.	Pl. Skersmuo	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D		
1	210	160	155	175	155	200	145	200	150	215	155	2540	100
2	240	160	210	155	190	145	200	130	220	180	250	2500	100
3	170	140	155	155	165	155	155	160	170	150	175	2460	100
4	160	155	140	160	150	170	150	165	150	180	155	2490	100
5	140	135	105	140	115	145	120	145	125	140	135	2500	100
6	180	135	120	140	100	120	130	120	155	160	175	2450	100
7	230	160	140	130	170	130	190	135	190	130	230	2550	100
8	170	160	160	170	165	170	170	180	170	180	190	2560	100
9	140	135	60	145	80	150	120	150	135	155	120	2540	100
10	170	165	150	175	140	180	140	185	160	195	200	2520	100
11	220	205	195	220	195	220	225	220	215	210	225	2520	100
12	240	200	205	220	200	230	180	240	180	240	260	2530	100
13	160	130	155	130	160	150	160	150	165	155	165	2550	100
14	160	150	140	155	140	155	150	160	150	135	195	2560	100
15	190	90	130	140	140	155	120	145	145	140	245	2590	100
16	200	145	140	135	130	140	135	155	135	165	115	2500	100
17	140	105	135	115	125	135	135	125	135	130	145	2500	100
18	180	135	170	155	170	155	170	165	175	180	175	2520	100
19	160	160	90	170	100	195	105	180	120	190	140	2500	100
20	220	210	210	190	210	190	215	190	220	240	240	2560	100

Apskaičiuotos tašo paklaidos

Padavimo greitis:		Data:		2014m gegužė		Kompanija:		Migva															
Skersmenų klasė:		140-240		Rūšis:		Pušis																	
Protokolas		Plongalys		Paklaida		25% nuo pl.		Paklaida		Centre		Paklaida		75% nuo pl		Paklaida		Storgalyje		Paklaida		Ilgis	Tašo aukštis
Nr.	Pl. Skersmuo	K	D	Plongalyje	K	D	25%	K	D	Centre	K	D	75%	K	D	Storgalyje	mm	mm					
1	210	160	155	0,9286557	175	155	3,891509	200	145	11,19	200	150	10,318	215	155	13,0896	2540	212					
2	240	160	210	-10,908019	155	190	-7,11969	145	200	-11,2	130	220	-18,573	180	250	-17,748	2500	212					
3	170	140	155	-2,6090802	155	165	-1,88679	155	155	0	160	170	-1,9458	150	175	-4,7907	2460	212					
4	160	155	140	2,6090802	160	150	1,82783	170	150	3,774	165	150	2,786	180	155	4,93809	2490	212					
5	140	135	105	4,245283	140	115	3,758844	145	120	3,906	145	125	3,184	140	135	0,81073	2500	212					
6	180	135	120	2,2553066	140	100	5,660377	120	130	-1,47	120	155	-5,6751	160	175	-2,9629	2450	212					
7	230	160	140	3,5377358	130	170	-7,07547	130	190	-11,3	135	190	-10,54	130	230	-21,226	2550	212					
8	170	160	160	0	170	165	0,987618	170	170	0	180	170	2,0637	180	190	-2,1816	2560	212					
9	140	135	60	8,6232311	145	80	8,623231	150	120	4,776	150	135	2,5206	155	120	5,67512	2540	212					
10	170	165	150	2,785967	175	140	6,50059	180	140	7,547	185	160	5,0855	195	200	-1,1645	2520	212					
11	220	205	195	2,3584906	220	195	6,117335	220	225	-1,31	220	215	1,2824	210	225	-3,8473	2520	212					
12	240	200	205	-1,1939858	220	200	4,95283	230	180	12,09	240	180	14,858	240	260	-5,8962	2530	212					
13	160	130	155	-4,2010613	130	160	-5,12972	150	160	-1,83	150	165	-2,786	155	165	-1,8868	2550	212					
14	160	150	140	1,7099057	155	140	2,60908	155	150	0,899	160	150	1,8278	135	195	-11,675	2560	212					
15	190	90	130	-5,1886792	140	140	0	155	120	5,675	145	145	0	140	245	-23,835	2590	212					
16	200	145	140	0,8402123	135	130	0,78125	140	135	0,811	155	135	3,4198	165	115	8,25472	2500	212					
17	140	105	135	-4,245283	115	125	-1,41509	135	135	0	125	135	-1,533	130	145	-2,4322	2500	212					
18	180	135	170	-6,2942217	155	170	-2,87441	155	170	-2,87	165	175	-2,0047	180	175	1,04658	2520	212					
19	160	160	90	10,318396	170	100	11,14387	195	105	15,92	180	120	10,613	190	140	9,72877	2500	212					
20	220	210	210	0	190	210	-4,71698	190	215	-5,97	190	220	-7,2524	240	240	0	2560	212					

Tyrimo protokolas

Padavimo greitis:		Data:		2015m vasaris		Kompanija:				Ignalinos lenpjūvė			
		Rūšis:		Pušis									
Protokolas		Plongalys		25% nuo pl.		Centre		75% nuo pl		Storgalyje		Ilgis, mm	Tašo aukštis, mm
Nr.	Pl. Skersmuo	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D		
1	210	165	153	164	145	166	155	163	135	153	123	3100	144
2	210	155	154	162	136	152	136	156	185	153	132	3070	144
3	210	171	160	182	157	182	132	180	172	145	174	3030	144
4	210	170	182	175	182	158	160	155	118	160	128	3030	144
5	210	170	142	163	142	160	135	157	136	156	136	3060	144
6	210	188	172	166	139	150	140	150	132	142	128	3110	144
7	210	165	110	170	90	165	155	185	155	178	169	3180	144
8	210	150	148	167	140	168	142	153	156	177	153	3060	144
9	210	165	137	170	137	172	150	170	159	170	163	3000	144
10	210	155	154	162	136	152	136	156	185	153	132	3070	144

Apskaičiuotos tašo paklaidos

Padavimo greitis:		Data:		2014m gegužė		Kompanija:		Ignalinos lenpjūvė																	
Skersmenų klasė:		210 mm		Rūšis:		Pušis																			
Protokolas		Plongalys		Paklaida		25% nuo pl.		Paklaida		Centre		Paklaida		75% nuo pl		Paklaida		Storgalyje		Paklaida		Ilgis		Tašo aukštis	
Nr	Pl. Skersmuo	K	D	Plongalyje	K	D	25%	K	D	Centre	K	D	75%	K	D	Storgalyje	K	D	mm	mm					
1	210	165	153	2,25	164	145	3,462	166	155	2,082	163	135	4,92	153	123	4,88	3100	212							
2	210	155	154	0,182	162	136	4,568	152	136	2,717	156	185	-5,83	153	132	3,53	3070	212							
3	210	171	160	2,147	182	157	4,997	182	132	9,257	180	172	1,66	145	174	-5,5	3030	212							
4	210	170	182	-2,49	175	182	-1,47	158	160	-0,375	155	118	5,956	160	128	5,43	3030	212							
5	210	170	142	5,151	163	142	3,777	160	135	4,348	157	136	3,628	156	136	3,44	3060	212							
6	210	188	172	3,396	166	139	4,856	150	140	1,71	150	132	2,993	142	128	2,23	3110	212							
7	210	165	110	8,918	170	90	12,26	165	155	1,887	185	155	6,014	178	169	1,84	3180	212							
8	210	150	148	0,351	167	140	4,887	168	142	4,752	153	156	-0,55	177	153	4,67	3060	212							
9	210	165	137	4,986	170	137	5,973	172	150	4,177	170	159	2,134	170	163	1,37	3000	212							
10	210	155	154	0,182	162	136	4,568	152	136	2,717	156	185	-5,83	153	132	3,53	3070	212							

Pušies tašo plongalio rezultatai:

Vidurkis	2,507
Standartinė paklaida	0,729
Mediana	2,198
Standartinis nuokrypis	3,26
Imties dispersija	10,63
Eksceso koeficientas	0,453
Asimetrijos koeficientas	0,552
Duomenų aibės plotis	-11,4
Mažiausia reikšmė	-2,49
Didžiausia reikšmė	8,918
Suma	25,07
Duomenų skaičius	10

Pušies tašo rezultatai nuo 25% plongalio:

Vidurkis	2,394
Standartinė paklaida	0,743
Mediana	4,712
Standartinis nuokrypis	3,324
Imties dispersija	11,05
Eksceso koeficientas	4,005
Asimetrijos koeficientas	0,645
Duomenų aibės plotis	-13,7
Mažiausia reikšmė	-1,47
Didžiausia reikšmė	12,26
Suma	47,88
Duomenų skaičius	10

Pušies tašo rezultatai 50% nuo plongalio:

Vidurkis	1,664
Standartinė paklaida	0,576
Mediana	2,717
Standartinis nuokrypis	2,574
Imties dispersija	6,628
Eksceso koeficientas	2,834
Asimetrijos koeficientas	1,243
Duomenų aibės plotis	-9,632
Mažiausia reikšmė	-0,375
Didžiausia reikšmė	9,257
Suma	33,27
Duomenų skaičius	10

Pušies tašo rezultatai nuo 75% plongalio:

Vidurkis	0,755
Standartinė paklaida	0,974
Mediana	2,563
Standartinis nuokrypis	4,356
Imties dispersija	18,98
Eksceso koeficientas	-0,23
Asimetrijos koeficientas	-0,95
Duomenų aibės plotis	-11,8
Mažiausia reikšmė	-5,83
Didžiausia reikšmė	6,014
Suma	15,1
Duomenų skaičius	10

Pušies tašo storgalio rezultatai :

Vidurkis	1,27
Standartinė paklaida	0,7
Mediana	3,49
Standartinis nuokrypis	3,11
Imties dispersija	9,67
Eksceso koeficientas	5,52
Asimetrijos koeficientas	-2,2
Duomenų aibės plotis	-11
Mažiausia reikšmė	-5,5
Didžiausia reikšmė	5,43
Suma	25,5
Duomenų skaičius	10

Tyrimo protokolas

Padavimo greitis:		Data:		2015m vasaris		Kompanija:		Asaja					
		Rūšis:		Pušis									
Protokolas		Plongalyje		25% nuo pl.		Centre		75% nuo pl		Storgalyje		Ilgis, mm	Tašo aukštis, mm
Nr.	Pl. Skersmuo	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D		
1	260	215	240	240	245	270	225	295	255	330	355	2460	212
2	260	230	240	220	255	230	265	270	275	280	295	2440	212
3	230	210	210	215	215	225	215	215	215	230	220	2490	212
4	260	240	230	250	270	250	265	260	250	270	240	2440	212
5	230	205	200	210	200	215	225	230	220	225	220	2450	212
6	300	265	255	275	280	285	290	275	265	280	270	2440	212
7	270	250	255	260	250	280	275	280	270	270	260	2460	212
8	260	245	235	245	240	260	270	260	265	270	275	2440	212
9	300	275	270	280	270	300	295	285	280	350	355	2450	212
10	265	240	235	250	240	240	235	260	265	260	265	2460	212
11	280	260	255	260	250	270	280	295	295	300	310	2430	212
12	220	200	190	225	230	225	230	230	225	260	270	2450	212
13	230	180	175	220	230	205	210	205	210	220	240	2470	212
14	270	240	235	240	240	250	240	255	250	250	240	2460	212
15	280	260	255	260	255	265	260	280	270	280	290	2430	212
16	220	190	195	200	210	180	185	205	205	210	230	2440	212
17	210	180	185	170	180	185	180	180	185	190	190	2450	212
18	250	200	230	205	200	230	240	205	200	235	240	2490	212
19	230	215	220	205	210	205	205	225	220	220	240	2430	212
20	240	220	210	240	240	240	230	250	260	260	255	2480	212

Apskaičiuotos tašo paklaidos:

Padavimo greitis:				Data:	2014m gegužė		Kompanija:			Tramex								
Skersmenų klasė:		230-330 mm		Rūšis:	Pušis													
Protokolas		Plongalys		Paklaida	25% nuo pl.		Paklaida	Centre		Paklaida	75% nuo pl.		Paklaida	Storgalyje		Paklaida	Ilgis	Tašo aukštis
Nr.	Pl. Skersmuo	K	D	Plongalyje	K	D	25%	K	D	Centre	K	D	75%	K	D	Storgalyje	mm	mm
1	210	160	155	-6,706958	175	155	-1,43	200	145	13,134	200	150	12,972	215	155	-10,1	2540	212
2	240	160	210	-2,771226	155	190	-9,802	145	200	-10,22	130	220	-1,607	180	250	-5,085	2500	212
3	170	140	155	0	155	165	0	155	155	2,5943	160	170	0	150	175	2,6533	2460	212
4	160	155	140	2,7712264	160	150	-6,132	170	150	-4,555	165	150	3,0071	180	155	9,0212	2490	212
5	140	135	105	1,1939858	140	115	2,4175	145	120	-2,594	145	125	2,6533	140	135	1,3119	2500	212
6	180	135	120	3,0660377	140	100	-1,636	120	130	-1,695	120	155	3,184	160	175	3,2429	2450	212
7	230	160	140	-1,488797	130	170	3,0071	130	190	1,6362	135	190	3,2429	130	230	3,125	2550	212
8	170	160	160	2,8301887	170	165	1,4298	170	170	-3,125	180	170	-1,548	180	190	-1,607	2560	212
9	140	135	60	1,6067217	145	80	3,2429	150	120	1,7541	150	135	1,6657	155	120	-2,078	2540	212
10	170	165	150	1,4003538	175	140	2,8892	180	140	1,4004	185	160	-1,548	195	200	-1,548	2520	212
11	220	205	195	1,5182783	220	195	3,0071	220	225	-3,243	220	215	0	210	225	-3,597	2520	212
12	240	200	205	2,2995283	220	200	-1,341	230	180	-1,341	240	180	1,3414	240	260	-3,125	2530	212
13	160	130	155	1,0465802	130	160	-2,653	150	160	-1,223	150	165	-1,223	155	165	-5,425	2550	212
14	160	150	140	1,4003538	155	140	0	155	150	2,8892	160	150	1,4888	135	195	2,8892	2560	212
15	190	90	130	1,5182783	140	140	1,5183	155	120	1,5478	145	145	3,2429	140	245	-3,361	2590	212
16	200	145	140	-1,135024	135	130	-2,417	140	135	-1,076	155	135	0	165	115	-5,189	2500	212
17	140	105	135	-1,076061	115	125	-2,064	135	135	1,0761	125	135	-1,076	130	145	0	2500	212
18	180	135	170	-7,606132	155	170	1,194	155	170	-2,771	165	175	1,194	180	175	-1,4	2520	212
19	160	160	90	-1,282429	170	100	-1,223	195	105	0	180	120	1,3119	190	140	-5,425	2500	212
20	220	210	210	2,5353774	190	210	0	190	215	2,7712	190	220	-3,007	240	240	1,5183	2560	212

Pušies tašo plongalio rezultatai:

Vidurkis	0,0560142
Standartinė paklaida	0,663328
Mediana	1,2971698
Standartinis nuokrypis	2,9664956
Imties dispersija	8,800096
Eksceso koeficientas	1,9625526
Asimetrijos koeficientas	-1,519972
Duomenų aibės plotis	2,1226415
Mažiausia reikšmė	-7,606132
Didžiausia reikšmė	3,0660377
Suma	1,120283
Duomenų skaičius	20

Pušies tašo rezultatai nuo 25% plongalio:

Vidurkis	-0,5
Standartinė paklaida	0,7299
Mediana	0
Standartinis nuokrypis	3,264
Imties dispersija	10,654
Eksceso koeficientas	2,3681
Asimetrijos koeficientas	-1,32
Duomenų aibės plotis	-13,05
Mažiausia reikšmė	-9,802
Didžiausia reikšmė	3,2429
Suma	-9,994
Duomenų skaičius	20

Pušies tašo rezultatai 50% nuo plongalio:

Vidurkis	-0,152
Standartinė paklaida	0,991
Mediana	-0,538
Standartinis nuokrypis	4,4318
Imties dispersija	19,641
Eksceso koeficientas	4,3827
Asimetrijos koeficientas	0,8342
Duomenų aibės plotis	-23,35
Mažiausia reikšmė	-10,22
Didžiausia reikšmė	13,134
Suma	-3,037
Duomenų skaičius	20

Pušies tašo rezultatai nuo 75% plongalio:

Vidurkis	1,2647
Standartinė paklaida	0,7479
Mediana	1,2529
Standartinis nuokrypis	3,3445
Imties dispersija	11,186
Eksceso koeficientas	7,6857
Asimetrijos koeficientas	2,2738
Duomenų aibės plotis	-15,98
Mažiausia reikšmė	-3,007
Didžiausia reikšmė	12,972
Suma	25,295
Duomenų skaičius	20

Pušies tašo storgalio rezultatai :

Vidurkis	-1,209
Standartinė paklaida	0,9607
Mediana	-1,577
Standartinis nuokrypis	4,2963
Imties dispersija	18,458
Eksceso koeficientas	0,6417
Asimetrijos koeficientas	0,2949
Duomenų aibės plotis	-19,12
Mažiausia reikšmė	-10,1
Didžiausia reikšmė	9,0212
Suma	-24,17
Duomenų skaičius	20