



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut
Metsamajanduse osakond

Uku Lõbu

**PALKMAJAEHITUSE MÄNNIPALKIDES
KALDKIULISUSE ESINEMINE**

OCCURRENCE OF SPIRAL-GRAIN
IN PINE LOGS USED IN LOG HOUSE BUILDING

Bakalaureusetöö
Metsamajanduse õppekava

Juhendaja: lektor Andres Uus, MSc

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Uku Lõbu		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Palkmajaehituse männipalkides kaldkiulisuse esinemine			
Lehekülgi: 27	Jooniseid: 17	Tabeleid: 0	Lisasid: 0
Osakond:	Metsamajandus		
Uurimisvaldkond:	Metsatööstus		
Juhendaja:	Lektor Andres Uus, MSc		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2018		
<p>Järgnevas töös on analüüsitud kaldkiulisuse esinemist palkmajaehituseks mõeldud männipalkides. Teemavalik tulenes peamiselt autori huvist palkmajaehituse vastu ja soovist uurida täpsemalt kaldkiulisust. Palkmajades kasutatavat kaldkiulist palki on maailmas vähe uuritud ja Eestis peaaegu üldse mitte. Töö on koostatud palkide mõõtmistulemuste põhjal, kus igal palgil mõõdeti kaldkiulisus ühe meetri kohta sentimeetrites, kasutades selleks mõõterauda ja mõõtepulka ning seejärel on läbi viidud tulemuste põhjalik analüüs. Mõõtmised viis autor läbi palkmajaehituse ettevõtte laoplatsil kooritud palkidel. Ettevõtte asub Põlva maakonnas Räpina vallas ja palgid olid raiutud Põlva maakonnas eelkõige Mooste ja Orava valdades. Käesoleva töö raames mõõdeti kokku 1000 palki.</p> <p>Töö koosneb kolmest suuremast osast, milles esimeses osas on kirjeldatud kaldkiulisust ja selle liike, kaldkiulisuse olulisust ja esinemist puuliikide lõikes ning väli- ja kameraaltööde metoodikat. Töö teine osa koosneb välitööde- ja arvutamise metoodikast, kus autor kirjeldab mõõtmiste teostusprotsessi ja tulemuste arvutamist. Kolmandas töös osas on esitatud mõõtmiste tulemused.</p> <p>Töö eesmärk on saada kaldkiulisuse esinemise kohta võimalikult täpseid andmeid, mida metsandussektoris on võimalik erinevatel viisidel kasutada.</p>			
Märksõnad: Palkmajaehitus, kaldkiulisus, männipalk			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Uku Lõbu		Speciality: Forestry	
Title: Occurrence of spiral-grain in pine logs used in log house building			
Pages: 27	Figures: 17	Tables: 0	Appendixes: 0
Department: Field of research: Supervisor: Place and date:		Forest management Forest Industry Lecturer Andres Uus, MSc Tartu, 2018	
<p>The present study analyzed occurrence of spiral-grain in pine logs used in log-houses. Choice of the topic is based on the interest of the author in the construction of log houses, and specifically using the spiral-grained wood on that field. Research on spiral-grained wood so far is scarce, and even more so in Estonia. This work is based on measurements of spiral grain (in centimeters per one meter) with measurement bar, beam and tape line on every log.</p> <p>Measurements were made at a private log house building company log storage area on peeled pinewood logs. The company is located in Põlva county (Räpina municipality) and the logs were harvested mostly in Põlva county municipalities of Mooste and Orava. All together 1000 pinewood logs were measured for the study.</p> <p>The study comprises of three major sections where first one contains description and importance of different types of spiral-grained wood, its occurrence in the different tree types, and fieldwork and post fieldwork analysis methodology. Second section describes fieldwork and calculation methodology used. Measurement results are presented in the third part.</p> <p>The purpose of the study was to get as accurate data on the occurrence of spiral-grained pinewood as possible that can be used in forestry sector.</p>			
Keywords: log house construction, spiral-grained wood, pinewood logs			

SISUKORD

Sisukord	4
SISSEJUHATUS	5
1. KALDKIULISUSE KIRJELDUS JA LIIGID	6
1.1 Tangentsiaalne kaldkiulus	8
1.2 Radiaalne kaldkiulus	9
2. KALDKIULISUSE STANDARDID PALKMAJA EHTUSES	10
3. TÖÖSSE KAASATUD ETTEVÕTETE LÜHIKIRJELDUS	11
4. VÄLITÖÖDE METOODIKA	13
Tulemuste arvutamise meetoodika	16
5. ANDMETE ANALÜÜSI TULEMUSED	17
KOKKUVÕTE	23
Kasutatud kirjandus	25
Lisad	26

SISSEJUHATUS

Käesoleva uurimistöo teemaks on palkmajaehitusel kasutatavate männipalkide kaldkiulisus. Teema valik on autorile aktuaalne mitmest aspektist lähtuvalt: kaldkiulisuse esinemist ei ole eelnevalt palju uuritud; palkmajaehituse ettevõttel oli huvi ja vajadus kaldkiulisuse teemat uurida; autori isiklik tööalane perspektiiv on pühenduda palkmajade ehitamisele ning valdkonna erinevate tehnoloogiate ja võimaluste uurimisele ning kasutamisele.

Kuna Eestis on palkmajaehitus tähtsal kohal, on oluline uurida, kuidas palkmajade ehituskvaliteeti parandada ja tõhustada. Olulisel ja aktuaalsel kohal on ka võimalikult keskkonnasõbralik raietegevus ja arukas metsamajandusloogika. Ajalooliselt on ehituspalgina Eestis kasutatud pigem mäнди, kuna selle esinemissagedus on suurem kui kuusel. Ehitaja seisukohast vaadatuna on mäнди kuusest kergem töödelda - kuusel on kõvad oksad ja määnd moonduv kuivades vähem kui kuusk. Männil, mida antud töös uuriti, esineb okaspuudest kõige rohkem kaldkiulisust.

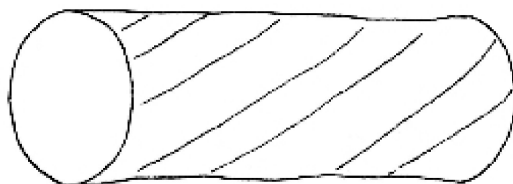
Männil esineb nii vasakpoolset kui ka parempoolset kaldkiulisust. Palkmajaehituse seisukohast on ohtlikum vasakpoolne kaldkiulisus, kuna võib tekitada seinapalkide osalist väljakeeramist seinas.

Töö praktilises osas teostati männipalgi kaldkiulisuse mõõdistamine palkmajade ehitusega tegelevates ettevõtetes Hobbiton OÜ ja Saulerman OÜ. Mõõdistamised viidi läbi nimetatud ettevõtete laoplatssidel kooritud männipalkidel.

Töö eesmärkideks oli välja uurida kui suures mahus esineb ehituspalgina kasutataval männil kaldkiulisust ning kuidas see jaguneb vasak- ja parempoolseks kaldkiulisuseks; leida seoseid kasvukohatüübi ja kaldkiulisuse vahel; männi kasvukohtade vaatluse kaudu leida kasvukohatüübi seoseid vasak- või parempoolse kaldkiulisuse esinemisega. Seoste ilmnmisel saaks tulevikus palkmaja tootjad võimalusel vältida teatud kohtades kasvanud puude kasutamist.

1. KALDKIULISUSE KIRJELDUS JA LIIGID

Kaldkiulus on puidukiudude kõrvalekaldumine materjali pikiteljest. Kaldkiulisust esineb kõikidel puuliikidel, okaspuudest sagedamini männil, kuusel ja lehisel; lehtpuudest valgepöögil. Eristatakse vasakpoolset kaldkiulisust, mida illustreerib joonis 1 ja parempoolset kaldkiulisust.



Joonis 1. Vasakpoolne kaldkiulus.

Puidu kiudude, samuti ka aastarõngaste kalde suurusest olenevad saematerjalide ja vineeri mehhaanilised omadused (eriti tõmbetugevus piki kiudu ja staatiline paindetugevus), kuid suureneb vastupanu puidu lõhestamisele. Kaldkiulus raskendab puidu töötlemist (hõõveldamist ja tahumist) ja vähendab puidu painduvust.

Olenevalt kiudude suunast jaguneb kaldkiulus tangentsiaalseks (looduslikuks) ja radiaalseks (tehislikuks) (Saarman, Veibri 2006: 446).

Vaatamata kaldkiulise palkmaterjali kapriissele iseloomule, on läbi aegade kaldkiulist palki kasutatud palkmajade ehitamisel (joonis 2), aga ka dekoreerimisel (joonis 3).



Joonis 2. Kalkiuline palk vanas palkmajas (foto: erakogu).



Joonis 3. Kalkiuline palk kasutusel uksepiidana vanas talumajas (foto: erakogu).

1.1 Tangentsiaalne kaldkiulus

Tangentsiaalne kaldkiulus on kõrvalekalle puidu normaalsest ehitusest, mis väljendub puidu keermekujulises ladestumises, mis on nähtav kooritud ümarsortimentide, samuti saematerjalide tangentsiaalpinnaal. Tangentsiaalne kaldkiulus on tuvastatav kiudude, lõhede, säsiikiirte, vaigukäikude ja soonte suuna järgi. Kui puidu tunnused ei ole küllaldased kaldkiulise eraldamiseks, tuleb kaldkiulise kindlaks tegemiseks materjali proov lõhestada radiaalsuunas või tõmmata materjali tangentsiaalsele külgpinnale joon noa seljaga.

Kasvatatel puudel ja koorimata materjalidel on tangentsiaalse kaldkiulise määramine raskendatud. Koorelõhede ja tüvel kulgevate ebatasaste suund ei lange alati kokku kaldkiulisega. Kiudude suunast annab täielikuma ettekujutuse puidu pindmisest kambiumikihi lähedalt koore niinesast võetud proov, samuti värvainete viimine puitu.

Olenevalt kiudude suunast eristatakse vasak- ja parempoolset kaldkiulist. Peale lihtkaldkiulise (vasak- või parempoolse) esineb mõnedel puuliikidel liit- ehk vahelduv kaldkiulus, millele on iseloomulik kiudude suuna muutumine tüve raadiuse suunas.

Looduslik (tangentsiaalne) kaldkiulus esineb kõikidel puuliikidel. Tugevasti arenenud kaldkiulus esineb vahtral, sirelil, kasel ja paplil, aga tavaliselt kiudude kõrvalekaldumine ei ületa 4°. Kiudude suuna kõrvalekalle muutub sama liigi puudel ja isegi sama puu tüve piirides. Suuremal osal puuliikidest esineb nii parempoolne kui ka vasakpoolne kaldkiulus, kuigi üksikutele liikidele on iseloomulik üks kindel kiudude suund. Näiteks hobukastanil on ainult parempoolne kaldkiulus, õunapuul peamiselt vasakpoolne, vahelduv kaldkiulus on nulus, plaataniil ja väga paljudel troopilistel puuliikidel.

Väga paljude puuliikide kiudude kaldenurk muutub seoses vanusega (reeglina vanusega suureneb). Okaspuudel (mänd, kuusk, nulg, lehis) (joonis 4) on valdavalt levinud vasakpoolne kaldkiulus, kusjuures 10-20 aasta vanuseni kiudude kaldenurk suureneb pidevalt, hiljem hakkab see vähenema ja 40-80 aasta vanuses muutub vasakpoolne kaldkiulus parempoolseks. Lehtpuudel sellist seaduspärasust ei täheldata.

Kalldkiulisuse tekkimise põhjuste kohta ei ole päris kindlat teooriat. Arvatakse, et kalldkiulisus tekib seoses kambiumi arengu ja noorte rakkude tekkimisega. Nähtavasti on põhiline osa rikke tekkimisel siiski geneetilistel teguritel. Samuti võivad avaldada mõju kasvakohtingimused ja puu kasvu iseärasused. Ebasoodsad mullastikutingimused (kuivus ja kivisus) suurendavad kalldkiulisust. On täheldatud, et sama liigi piires sammasjuurestikuga puudel on väiksem kalldkiulisus võrreldes nendega, millel on arenenud pinnapealne juurestik.

Kalldkiulisus areneb rohkem valitsevatel puudel, vähem rõhutud puudel. Üksikult kasvavatel puudel on suurem kiudude kaldenurk. Samasugust nähtust põhjustab ka tuul, mida arvatakse sageli ka kalldkiulisuse põhjuseks (Saarman, Velbri 2006: 446-447).



Joonis 4. Tangetsiaalne kalldkiulisus kuusepalgil (foto: erakogu).

1.2 Radiaalne kalldkiulisus

Radiaalne kalldkiulisus on puidukiudude ja aastarõngaste kõrvalekaldumine radiaalsuunas. See ilmneb saematerjalidel ja spooni radiaalpindadel puidukiudude kõrvalekaldumises sortimendi pikiteljest, tangentsiaalpindadel joonise järgi, mis tekitab aastarõngaste läbisaagimisel. Radiaalne kalldkiulisus on iseloomulik saematerjalidele ja spoonile (joonis

5), mis tekib kõverate, koondeliste ja tüüakate ümarmetsamaeterjalide pikisaagimisel. Saematerjalidel tuleb ilmsiks radiaalkülgedel sortimendi servaga mitteparalleelsete aastaringidena, tangentsiaalkülgedel väljakiilunud aastaringidena. (Saarman, Velbri 2006:447)



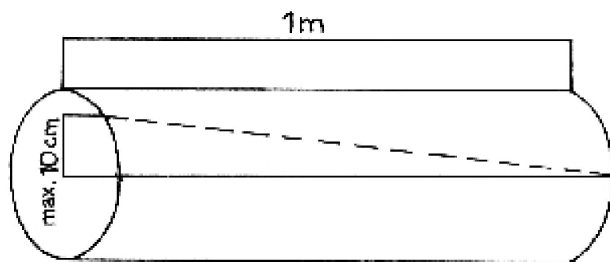
Joonis 5. Radiaalne kaldkiulisus kuuselaual (foto: erakogu).

2. KALDKIULISUSE STANDARDID PALKMAJAEHITUSES

Erinevad standardid ja juhendmaterjalid seavad kaldkiulisusega palkide kasutusele palkkonstruktsioonis mõnevõrra erinevaid piiranguid:

1. Palkehitusstandardis soovitatakse ilma igasuguste täpsustusteta kaldkiulisusest materjalist kasutada ehitamiseks ainult kuni 1:10 suhtega paremakäelise keerdkasvu ja kuni 1:20 suhtega vasakukäelise keerdkasvuga palke. Joonisel 6 on kujutatud

parempoolse kaldkiulisuse vastava suhtega palgi mõõdistustulem (Uus, Lõbu 2007:10).



Joonis 6. Parempoolse kaldkiulisuse mõõtmine.

2. Eesti Puitmajaliidu palkehitusstandardis soovitatakse kaldkiulisest materjalist kasutada ehitamiseks ainult kuni 1:10 suhtega kaldkiulisusega palke olenemata kaldkiulisuse käelisusest (Eesti Puitmajaliit, *s.a.*).

Hobbiton OÜ palkseinte ehituse kvaliteedinõuded (Hobbiton OÜ, 2011) sätestavad:

- suure kaldkiulisusega (kalle 6-10 cm ühe meetri kohta kogu palgi pikkuses) palke kasutatakse ainult esimese rea pooliku palgina;
- keskmise kaldkiulisusega (kalle 4-6 cm ühe meetri kohta kogu palgi pikkuses) palke kasutatakse ainult alumises $\frac{1}{4}$ palkseina vertikaalmõõdes;
- väikese kaldkiulisusega (kalle alla 4 cm ühe meetri kohta kogu palgi pikkuses) palke kasutatakse kõikides palkseina osades, k.a pärliniteks.

Juhul kui tootmisjärgus oleval majal avastatakse palgi kaldumine seinas, mille tulemusel on vara või tapi vahele tekkinud vahed, tuleb see palk välja vahetada (Hobbiton OÜ, 2011).

3. TÖÖSSE KAASATUD ETTEVÕTETE LÜHIKIRJELDUS

Osaühing Hobbiton alustas majandustegevust 1997. aastal. 16 tegevusaasta jooksul on ettevõttes valmistatud üle 400 käsitööna toodetud palkmaja. OÜ Hobbiton annab tööd 35 inimesele. Ettevõtte on orienteeritud peamiselt Norra turule. (OÜ Hobbiton, *s.a*)

Osaühing Saulerman asutati 2001. aastal. Osaühing kuulub Hobbiton Home OÜ koosseisu veel kahe teise palkmaju tootva ettevõttega. Saulerman OÜ põhitegevusalaks on käsitööna palkmajade ehitamine. Ettevõttel on kolm tootmishalli, mis paiknevad Räpina vallas Meelva külas (joonis 7).



Joonis 7. Pildil on kujutatud OÜ Saulermani tootmishalli (foto: erakogu).

Aastas valmib ettevõttes 10 - 12 suuremat elumaja, lisaks väikeehitused (saunad, aidad, bussijaamad, mälestuspingid). 80 % palkmajadest toodetakse Norrasse, Rootsi ja Prantsusmaale, ülejäänud majad toodetakse Eesti turule. Oluline partner on RMK, kellelt saadakse vajaminev ehituspalk. Ettevõtte tegevust juhib kaheliikmeline juhatus – Meelis Rämson ja Ragner Lõbu. (OÜ Saulerman, *s.a.*)

4. VÄLITÖÖDE METOODIKA

Uurimistöö praktiliseks osaks oli OÜ Hobbiton ja OÜ Saulerman laoplatsil männipalkide kaldkiulisuse mõõtmistöö teostamine, mis leidis aset detsembrist 2017. a. kuni märtsini 2018. a. Ettevõtetes ehituseks kasutatav männipalk varutakse metsast peamiselt talvisel perioodil. Ühtekokku mõõdistati 1000 männipalki. Mõõtmine viidi läbi palgi tüvepoolsemast otsast. Kaldkiulisuse mõõdistamiseks kasutati mõõtmisrauda, mõõtelatti ja mõõtmispulka (joonis 8).



Joonis 8. Mõõtmisraud, mõõtelatt ja mõõtmispulk (foto: erakogu).

Mõõtmisraud on palgi kaldkiulisuse mõõdistamise tööriist. Mõõtmisrauda pealtpoolt kinni hoides ning samal ajal palgi suhtes ristipidi tõmmates saab mõõdiku allservas asuva teraga palgi sisse joone teha. Mõõtmine viidi läbi kooritud palkidel, kuna koorimata palkidele tehtud märgistus ei pruugi olla sirge ja korrektne. Mõõtmisrauda kasutati joone

tõmbamiseks mööda palgi keskjoont. Joone tõmbamist alustati 1 kuni 1,5 meetri kauguselt palgi tüvepoolsemast ristlõikest ja liikudes tüvepoolsema otsa suunas (joonis 9). Kaldkiulisuse ulatuse mõõdistamiseks on vaja meetri pikkust joont, parema jälgitavuse huvides on mõistlik kasutada joont, mis on veidi pikem kui meeter. Tüvepalgi suure keerme korral oli tarvis mõõdistada kaugemalt kui meeter, et välistada joone mahajooks enne ristlõikeni jõudmist.



Joonis 9. Mõõdistusjoone märkimine kooritud palgile (foto: erakogu).

Joonele asetati meetrine T-tähe kujuline mõõtelatt, mille ühes otsas oli 40 cm pikkune ristipidise kinnitusega latt (joonis 10). Väiksem latt oli numereeritud sentrimeetrite kaupa - 20 cm ulatuses mõlemale poole, samaaegselt nii vasakpoolse kui parempoolse kaldkiulisuse mõõtmiseks. Mõõtmiseks asetati mõõtelatt ilma ristlatita otsaga palgi tüvepoolsemasse otsa joone lõppu, täpselt palgi keskjoonele. Mõõtelati otsas oleva

numereeritud mõõtelati abil oli võimalik kindlaks teha palgi kaldkiulusis sentimeetrites ühe meetri kohta (joonis 11). Teostati ka palgi tüvepoolse diameetri mõõdistamine.



Joonis 10. Kooritud männipalgi kaldkiulususe mõõdistamine mõõtrauga (erakogu).



Joonis 11. Keerme ulatus palgil sentimeetrites (erakogu).

Andmed kanti peale mõõdistamist mõõtmislehele, tehes kanne mõõtmise kuupäeva, palgikoorma numbri, palgi läbimõõdu kohta ja kas tegemist oli tüvepalgiga. Kaldkiulisuse kohta tehti märges parempoolsuse või vasakpoolsuse kohta ja kaldkiulisuse ulatus sentimeetrites ühe meetri palgi kohta.

Tulemuste arvutamise meetodika

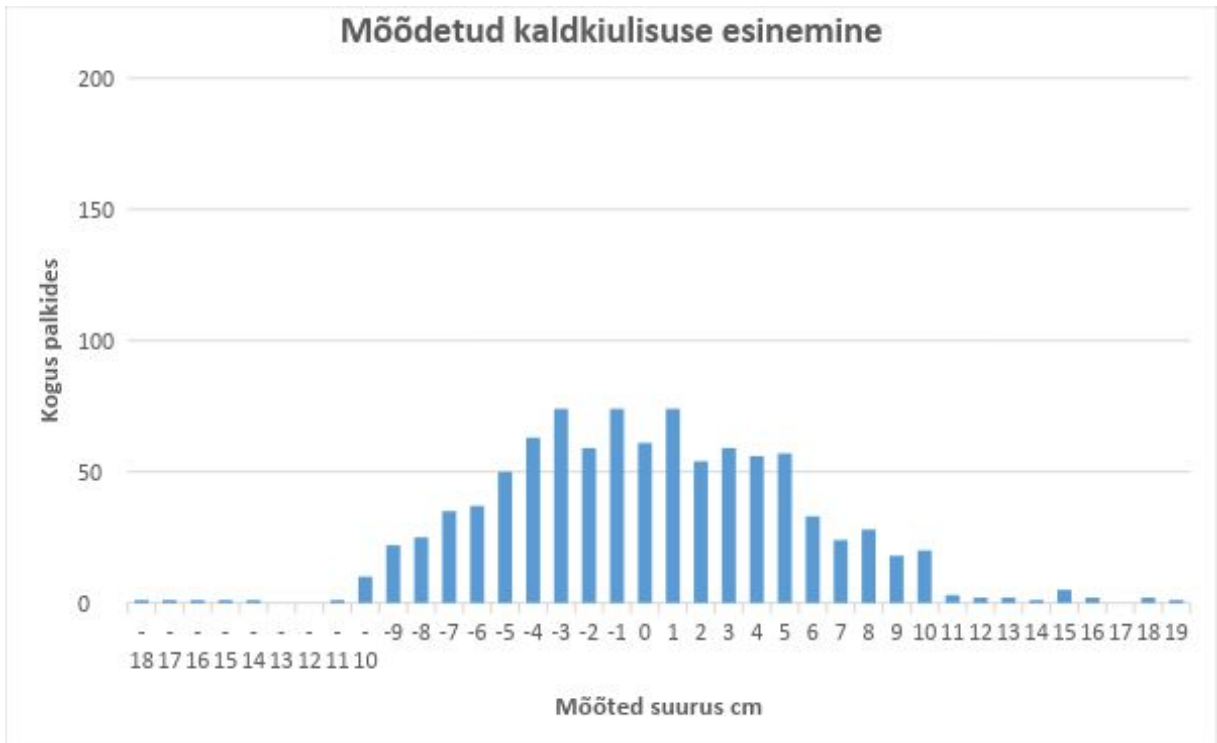
Esmalt toimus välitöödel kogutud andmete kandmine mõõtmislehtedelt Exceli tabelisse. Puidu toormaterjal tuli Riigimetsa Majandamise Keskusest (RMK), mõõdetud koormate veoselehti puudutav vajalik info laekus ettevõtetest. Veoselehtede ja mõõdetud koormate vahel loodi seos. Ettevõtetal olid metsamaterjali mõõtmislehed, millel mahuliselt

laoplatsile toodud koormad, varustatud koorma numbri ja veoselehe numbriga. Veoselehe number võimaldas RMK veoselehed ja töös mõõdistuseks kasutatud koormad kokku viia. Veoselehtedel on seos vaheladudega. RMK-sse tehti päring vaheladude andmetele, fikseerides puidu täpse lõikamiskuupäeva. Seejärel sai mõõtmislehtede, veoselehtede ja metsaladude andmed kokku viia ning arvutada välja tulemused.

Eesmärgiks oli välja uurida männipalkidel esineva kaldkiulisuse jagunemine vasak- ja parempoolseteks – kui ka nende palkide päritolu järgi püüda välja selgitada, miks vasak- või parempoolne kaldkiulisus tekib, aga ka kasvukohatüübi lõikes välja tuua kus vasak- või parempoolset kaldkiulisust kõige rohkem või vähem esineb.

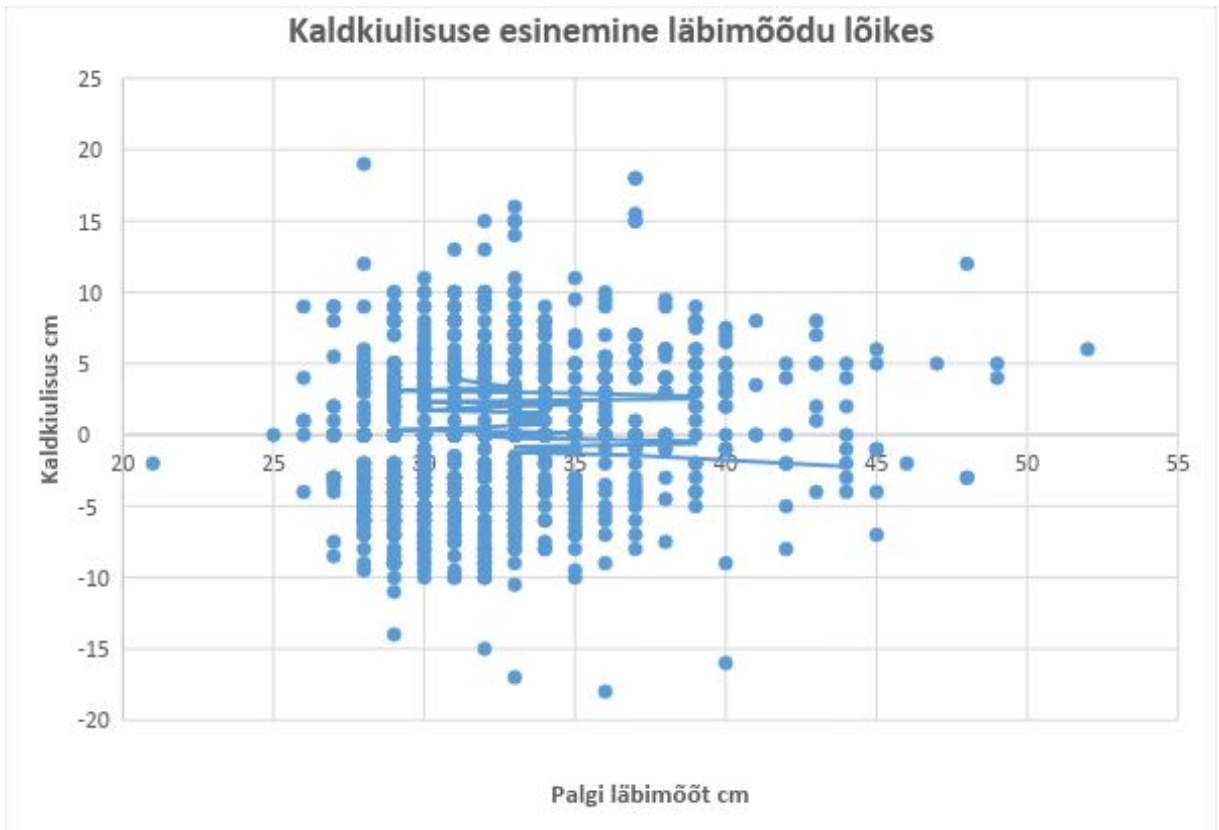
5. ANDMEANALÜÜSI TULEMUS

Joonisel 12 on välja toodud palkidel mõõdetud kaldkiulisuse esinemine. Vasakpoolne kaldkiulisus on arvandmete loetavuse parendamiseks viidud miinusesse ja parempoolne plussi. Mõõdetud palkide kogusumma oli 1000 ühikut. Jooniselt 12 nähtub, et vasakpoolset kaldkiulisust esineb rohkem kui parempoolset. Mõõdetud palkidest ei esinenud 19,9% kaldkiulisust. Vasakpoolset kaldkiulisust esines 603 palgil ehk 60,3% ning parempoolset kaldkiulisust esines 397 palgil ehk 39,7%. Keskmine kaldkiulisus palkidel oli 0,014 cm parempoolset kaldkiulisust.



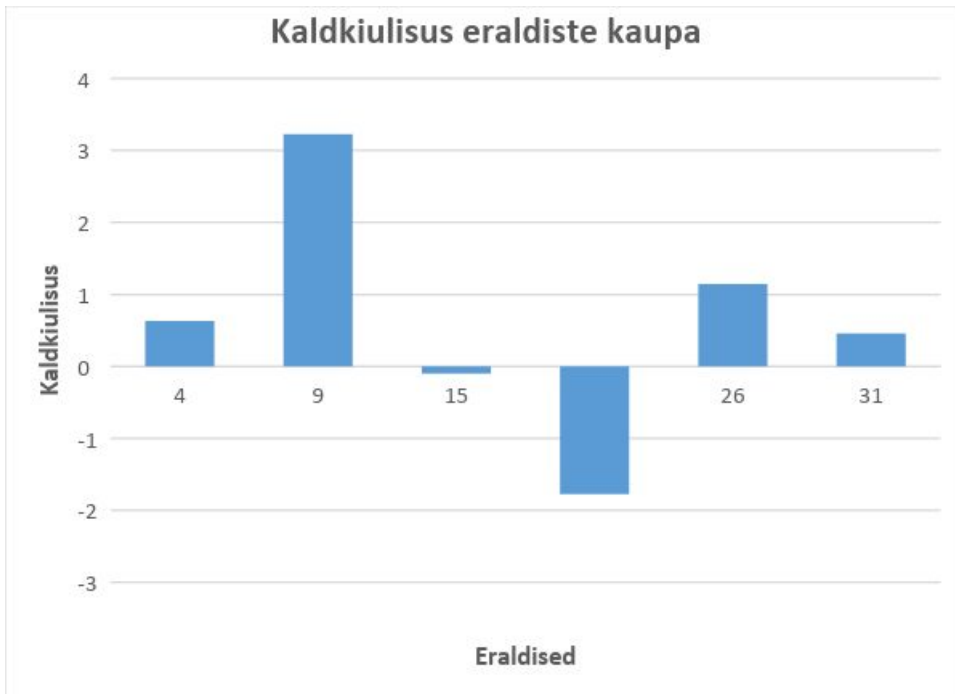
Joonis 12. Kaldkiulisuse esinemine mõõdetud palkidel.

Joonisel 13 on välja toodud kaldkiulisuse esinemine palkmaja palkide läbimõõtu arvesse võttes. Kõige enam esines kaldkiulisust 30 cm diameetriga palkidel, esinemissageduse keskmine jääb 30-35cm vahele. Vasakpoolne ja parempoolne kaldkiulisus jaotub sisuliselt võrdselt. Parempoolset esineb mõnevõrra rohkem kui vasakpoolset.



Joonis 13. Kaldkiulisuse esinemine mõõdistatud palkidel palgi läbimõõdu lõikes.

Joonisel 14 on välja toodud mõõdetud kaldkiulisus nende päritolueraldiste kaupa. Eraldisel 20 esines suuremal hulgal vasakpoolset kaldkiulisust - nimetatud puud olid kasvanud järsu kallaku peal. Selgitamaks, kas ja kuidas järsakul kasvanud puude suurem vasakpoolse kaldkiulisuse esinemine on seoses kasvukohaga, oleks vaja teha edasisi uurimusi.



Joonis 14. Mõõdistatud palkide kaldkiulisuse esinemine eraldiste kaupa.

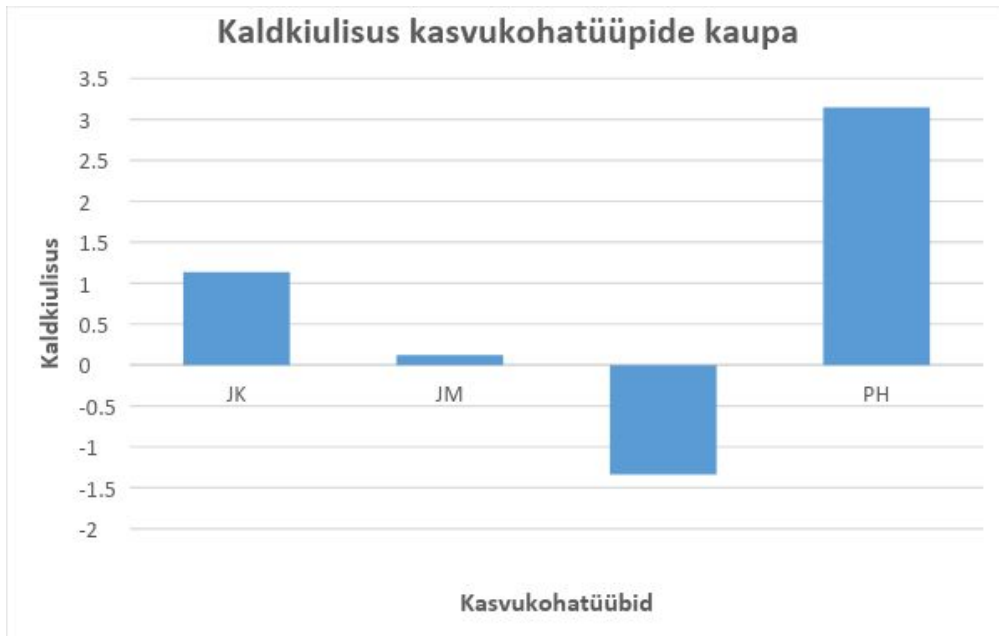


Joonis 15. Eraldis 9, millelt raiutud puit on suuremalt osalt parempoolse kaldkiulisusega. Kasvukohatüüp palumetsade tüübirühm, pohla kasvukohatüüp (foto: erakogu).



Joonis 16. Eraldiis 20 kust raiutud puit on suuremalt osalt vasakpoolse kaldkiulisusega. Puitmaterjal on raiutud jänese kapsa-pohla kasvukohatüüpi metsast (foto: erakogu).

Joonisel 17 on välja toodud kaldkiulisuse esinemine kasvukohatüüpide kaupa. Kõige enam esineb kaldkiulisust palumetsade tüübirühma kuuluvas pohla kasvukohatüübis, mil on täheldada tugevalt parempoolse kaldkiulise palgi esinemist (joonis 15). Teiste kasvukoha tüüpide puhul ei saa välja tuua suuri iseärasusi vasak- ja parempoolse jaotuvuse kohta.



Joonis 17. Kaldkiulisuse esinemine kasvukohatüüpide kaupa. JK - jänesekapsa kasvukohatüüp; JM - jänesekapsa-mustika kasvukohatüüp; JP - jänesekapsa-pohla kasvukohatüüp; PH- pohla kasvukohatüüp.

KOKKUVÕTE

Antud töö eesmärk oli välja uurida kui suures mahus esineb palkmaja ehitusele kasutusse minevatel männipalkidel kaldkiulisust ja selle jagunemist vasak- ja parempoolseks kaldkiulisuseks. Töö üheks sihiks oli leida seoseid kasvukohatüübi ja kaldkiulisuse vahel, teostada raielankide vaatlust ja leida seoseid ning kasvukohatüübi lõikes välja tuua kus vasak- või parempoolset kaldkiulisust kõige rohkem või vähem esineb.

Kõik töös seatud eesmärgid said analüüsi põhjal täidetud. Võrdlust teiste töödega polnud võimalik teostada, kuna vastavad võrdlusmaterjalid tehtud tööde näol Eestis puuduvad.

Kokku teostati mõõtmistöid tuhandel männipalgil. Mõõdetud palkidest 19,9% ei esinenud kaldkiulisust. Vasakpoolset kaldkiulisust esines 603 palgil ehk 60,3% ja parempoolset oli 397 ehk 39,7%. Keskmiselt oli palkidel 0,014 cm parempoolset kaldkiulisust.

Võttes aluseks Eesti Puitmajaliidu käsitööna palkmajade ehitamise miinimumnõuete standardi, kus mõlemapoolsele kaldkiulisusele on samad nõuded (kuni 1:10 suuremate kui 26 cm diameetriga palkide puhul), siis 97 protsenti käesoleva töö raames mõõdistatud palkidest mahub selle nõude sisse.

Analüüsis on aluseks võetud Hobbiton OÜ palkseinte ehitamise kvaliteedinõutepõhise jaotuse, milles suur kaldkiulisus on kalle 6-10 cm 1 meetri kohta, keskmine kaldkiulisuse kalle 4-6 cm 1 meetri kohta ja väikene kaldkiulisuskalle alla 4 cm 1 meetri kohta.

Mõõdistustulemustest lähtuvalt võib järeldada, et

- 48% palkidest on väikese kaldkiulisusega,
- 29% on keskmise kaldkiulisusega ja
- 25 % on suure kaldkiulisusega.

Mõõtmistulemuste analüüs ei näidanud otsest männipalgi kaldkiulisuse seost puidu kasvukohatüübiga. Samuti ei saa tulemuste ja ka raielangil vaatlustulemuste põhjal järeldada, miks ühes või teises kasvutüübikohas kaldkiulisus tekkinud on. Tulemuste põhjal võib veel järeldada, et vasakpoolne kaldkiulisus on pigem künklikel aladel ja

parempoolne pigem lagetatel aladel ning üldiselt esineb vasakpoolset kaldkiulisust rohkem kui parempoolset.

Uurimise käigus saadud andmeid kaldkiulisuse esinemise ja jaotusliku tendentsi kohta on võimalik rakendada palkmajade tarbeks ehituspilgi valimisel, luues palkmaja ehituse plaanis kõrgemat kvaliteeti ja efektiivsemat tööd.

Teema edasise uurimise ja põhjalikuma käsitlemise käigus võiks pöörata tähelepanu suuremale hulgale mõõtmistulemustele, eraldiste põhjalikumale analüüsile, tuvastamaks kasvukohatiübi ja kaldkiulisuse vahelisi seoseid, mis omakorda võimaldab palkmaja ehitusel, aga miks mitte ka muuks otstarbeks kogutava puidu valimisel keskkonnasõbralikumalt ja efektiivsemalt käituda.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Saarman E., Veibri U.** (2006). Puiduteadus. Kaldkiulisuse kirjeldus ja liigid. Eesti Metsaselts. lk 446-447.
2. **Uus A., Lõbu R.** (2007). Soovitused käsitööna palkmaja ehituseks. Vanaajamaja MTÜ. Ehituspaldi omadused. lk 10.
3. **Eesti Puitmajaliit** (2011). Eesti Puitmajaliidu standardid palkehitistele.
[http://www.puitmajaliit.ee/files/Eesti Puitmajaliidu standardid palkehitistele_2 redakts.pdf](http://www.puitmajaliit.ee/files/Eesti_Puitmajaliidu_standardid_palkehitistele_2_redakts.pdf)
(30.04.2018)
4. **OÜ Saulerman koduleht** www.saulerman.ee (30.04.2018)
5. **Hobbiton OÜ koduleht** www.hobbiton.ee (30.04.2018)
6. **Hobbiton OÜ** (2011). OÜ Hobbiton palkseinte ehitamise kvaliteedinõuded. Tartu.

LISA

Lisa 1.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Uku Lõbu, sünniaeg 18.08.1993,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Palkmajaehituse männipalkides kaldkiulisuse esinemine,

mille juhendaja on Andres Uus,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

(*allkiri*)

Tartu, _____

(*kuupäev*)

Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*) (*kuupäev*)