

Tartu Ülikool
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Ökoloogia ja Maateaduste instituut
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö loodusgeograafias

**Raplamaal kasvava kahe lehistegrupi vanused ja
radiaaljuurdekasvu mõjutavad tegurid**

Aimar Jaakson

Juhendaja: PhD. Alar Läänelaid

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja: /allkiri, kuupäev/

Osakonna juhataja: /allkiri, kuupäev/

Tartu 2013

Sisukord

1. Sissejuhatus	3
1.1 Dendrokronoloogia ajaloost.....	3
1.2 Lehise iseloomustus.....	4
1.3 Kasvu mõjutavad tegurid	6
1.3.1 Mullastik ja kliima	6
1.3.2 Antropogeensed tegurid	7
1.3.3 Taimehaigused ja puidukahjurid.....	7
2. Materjal ja metoodika	10
2.1 Uuritavate lehiste asukohad ja kasvukoha iseloomustus.....	10
2.2 Kliima.....	12
2.3 Kasvuperioodi ülevaade.....	13
2.4 Materjal	14
2.5 Andmete töötlemine	16
3. Tulemused	20
3.1 Lehiste kronoloogiad	20
3.2 Lehiste kasvu seosed temperatuuri ja sademetega.	21
3.3 Näitaastate andmed	24
4. Arutelu.....	29
5. Kokkuvõte	34
6. Summary.....	36
7. Tänuavaldused	38
8. Kasutatud kirjandus.....	39

1. Sissejuhatus

Inimesed on ikka ja alati tundnud huvi mineviku vastu. Ajaloolased ammutavad oma infot ajaloolistest tekstidest, arheoloogilistest leidudest ja mujalt. Loodusteadlastel on ka võimalik minevikust saada teada kirjalikest allikatest, kuid seda mitte alati ja mitte igas valdkonnas. Mineviku infot on talletunud veekogude setetesse, kivimitesse, atmosfääri, taimedesse ja mujale ning teadlaste ülesandeks on see salvestunud info kokku koguda ning ära kasutada.

Üheks uuemaks teadusharuks on kujunenud dendrokronoloogia, mis mõõdab puude aastarõngaste laiuseid ning kasutab saadud andmeid ajalis-ruumiliste protsesside uurimiseks. Dendrokronoloogia meetodite rakendused ei piirdu ainult metsandusega, aastarõngaste andmeid saab kasutada näiteks hüdroloogias – veerežiimide kindlaks määramisel, arheoloogias – määratlemaks vanu objekte, kunstiteaduses, kus näiteks maalitahvel võib pakkuda teavet maalimisaja kohta jne.

1.1 Dendrokronoloogia ajaloost

Dendrokronoloogia on noor teadus, mille päris esimesed uurimused pärinevad juba 15. sajandist, kui Leonardo da Vinci leidis seoseid aastarõngaste laiuste ja sademete hulkade vahel. 19. sajandi lõpust ja 20. sajandi algusest ilmusid aastarõngaste alased uurimused Ameerikas ja Euroopas.

Euroopas pani dendrokronoloogia teaduslikule uurimisele aluse sakslane Bruno Huber, Venemaal Fjodor Švedov ja Ameerikas Andrew Douglass.

Tõsisem teaduslik koostöö sai alguse 1974. aastal, kui Arizona Ülikoolis toimus Globaalne Rahvusvaheline Dendroklimatoloogiline nõupidamine. Sellest alates on

toimunud maailma tehnoloogias suured arengud, mis võimaldavad üha täpsemalt registreerida, töödelda, analüüsida aastarõngaste andmeid.

Eestis on dendrokronoloogiliste uurimustega tegelenud Alar Läänelaid. Dendrokronoloogia-alase uurimuse on avaldanud ka Irje Lepik 1993. aastal ja Sandra Vijar 2011. aastal (Lepik 1993; Vijar 2011). Mõlemad autorid on käsitlenud lehiste aastarõngaid ja neid mõjutavaid tegureid.

Puude aastarõngastesse on salvestunud infot mitmete nähtuste kohta (temperatuur, sademed, kahjurid jne.). Puid mõjutavad erinevad tegurid nii väliselt – kliimaatilised tegurid, ka inimtekkelised tegurid, seesmiselt mõjutavad aastarõngaste teket puude vananemine ja pärilikud omadused. Aastarõngaste ja kliimaatiliste tegurite vaheliste seoste leidmise teeb keerukamaks asjaolu, et puu juurdekasvu ei mõjuta üks aasta, vaid suisa mitu eelnevat aastat, sellega seoses on ka võrdlemine keerukas (Pärn 2004).

Lehiseid Eestis looduslikult ei kasva, mistõttu on nad tundlikumad igasugustele teguritele kaasa arvatud kliimaatilised tegurid. Samas on lehistel väga selgelt eristatavad aastarõngad, mis teeb nende mõõtmise lihtsamaks.

Käesolevas töös on uuritud kahes kultuurilooliselt huvitavas paigas, Paiba talu, Vigala vald, Raplamaal ja Rosenthali kabeli, Velisemõisa küla, Märjamaa vald, Rapla maakond ümber kasvavate lehiste vanust ja kasvu iseloomu. Töö eesmärk on leida euroopa lehiste ja kliimaatiliste tegurite (sademetehulk ja kuu keskmine temperatuur) vahelisi seoseid. Selgitati välja, kas ja kuidas mõjutavad temperatuur ja sademetehulk lehise radiaalset juurdekasvu neis paikades.

1.2 Lehise iseloomustus

Euroopa lehis (*Larix decidua* Mill.) on heitlehine okaspuu, mille levilaks on Kesk- ja Ida-Euroopa mägialad - Alpid, Karpaadid, Tatrad ja Sudeedid. Põhjapoolsemad looduslikud

puistud on Poola ja Leedu lõunaosas. Inimtegevuse mõjul on lehiseid rohkelt kasvamas ka väljaspool looduslikku areaali.

Looduslikus areaalis on lehiste kõrgus kuni 52 meetrit, Eesti parkides, aedades ja puistutes kasvavad lehised 33 – 36 meetri kõrguseks.

Esimesed katsetused Eestis võõrpuuliikide kasutamiseks haljastuses tehti 18. sajandil. Teadaolevalt esimesed lehised istutati Suure-Kambja metsaparki 1735. aastal. Vanuse poolest järgmised lehised on Vana-Vigala mõisnike von Uexküllide poolt mõisaparki istutatud lehised. Peale mõisaparkide rajati Uexküllide poolt Vigala mõisa teede äärde lehisealleesid, see toimus 19. sajandi keskel.

19. sajandi II poolel toimus mõisate rikastumine, seoses sellega hakati üha rohkem rajama mõisaparke ja alleesid. Esimeste seas olid Uexküllid Vigalast, lehisealleesid rajati Raplamaale Haimresse, Ida-Virumaale Kukrusele, Edisele jm. Tolajal mõisaparkidesse istutatud lehispuudest olid mõned euroopa ja vene lehised, sest mõisnikud soovisid oma elukoha lähedal näha esiisade maalt pärit liike (Paves 2004). Vähem oluline pole ka asjaolu, et lehis on üks vähestest heitlehistest puuliikidest, mis hakkab haljendama kevadeti üsna varakult.

Tänaseks tegeldakse lehiste kasvatamisega mitmel pool erinevates puukoolides. Üheks vanimaks sealjuures on Järvelja, mis on propageerinud kultiveerimist ja levitanud lehiseid üle saja aasta.

Lehised sõltuvalt konkreetsest puuliigist on erinevate nõudmistega. Euroopa lehis eelistab kontinentaalset kliimat, kuid merelistes kliimatingimustes kasvab ka hästi, nagu on näidanud Suurbritannia, Taani ja Poola kogemus. Lehised on ka külmakindlad. Reljeefi järgi on lehis kõrgmäestike puu, samas kasvab lehis väga edukalt ka Eestis, mis tähendab, et reljeefi puhul ei saa rääkida levikut piiravast tegurist. Mullastiku osas on sobilikumad tingimused viljakatel muldadel ja seda eriti juhul, kui puid kasvatatakse väljaspool areaali. Eesti kogemuste põhjal saab väita, et kasvukohtade osas sobib igasuguse lõimisega ja pH-ga muld, ainsaks tingimuseks on liigniiskuse puudumine.

1.3 Kasvu mõjutavad tegurid

Puukasvu mõjutavad järgmised tegurid: puu liik, kasvukoht, kasvukohale omased looduslikud tingimused – kliima, hüdroloogia, mullastik, päikesekiirgus. Peale nende mõjutavad puude kasvu ka antropogeensed tegurid, saastatus, transport ning veel pidurdavad puude kasvu mitmesugused haigused ja kahjurid.

Lehised on võõrpuud, mis on Eestisse sisse toodud 18. sajandil. Vaatamata asjaolule, et lehis on Eestis ikkagi võõrpuuliik, võib õigete lehiseliikide valikute ja kasvukohtade korral saavutada lehise kasvatamisel häid tulemusi, mis on isegi kasvu kiiruselt paremad kui kodumaised puuliigid.

1.3.1 Mullastik ja kliima

Lehised võivad kasvada väga erinevatel mullatüüpidel. Sõltuvalt liigist näiteks ameerika ja dauuria lehised võivad kasvada soodes, liival; Kaug-Idas esinevad lehised (korea, jaapani, amuuri jne.) saavad hakkama samuti tagasihoidlikes mullastikutingimustes. Väljaspool looduslikku areaali kasvavad lehised on siiski tundlikumad mullastiku suhtes, mistõttu kasvavad nad paremini viljakamatel muldadel.

Euroopa lehis pärineb kontinentaalse kliimaga aladelt, kuid tuues näitena Suurbritannia, Taani, kus lehis kasvab edukalt, siis võib öelda, et kliima merelisuus pole märkimisväärne faktor, mis piiraks lehiste kasvu. Samasugune olukord on ka Eestis, kus lehiseid on kasvatatud üle paarisaja aasta ja väga edukalt. Lehiste külmakindlus on samuti üpris suur. Külmakahjustusi võivad põhjustada sügisese varakülma ja sedagi Euroopa ja Kaug-Ida lehiste puitumata oksatippudele (Paves 2004).

Külmakindluse tsoonide teooria kohaselt paigutuvad Eestis kasvavad lehised kolmandasse külmakindluse tsooni (Laas 1967). See tähendab, et lehised on külmakindlad ja võimelised taluma ka käremaid pakaseid (-25°....-35°C).

1.3.2 Antropogeensed tegurid

Puid mõjutavateks antropogeenseteks teguriteks on transport, ehitus, vibratsioon, õhusaaste, teehooldusest tingitud saaste. Enim on inimtegevuse poolt ohustatud maanteed äärde jäävad puud, samuti inimasulates kasvavad puistud. Käesolevas uurimistöös uuritud lehiseid antropogeensed tegurid oluliselt ei mõjuta, sest puud asuvad eemal suurematest maanteedest ja asulatest.

1.3.3 Taimehaigused ja puidukahjurid

Puudel põhjustavad kahjustusi - seenhaigused, bakterhaigused ja putukparasiidid. Seenhaiguste levik on seotud seeneniidistiku ehk mütseeliga, mis tungivad radiaalsetesse säsiikiertes - seal on rohkesti kasvuks ja arenguks vajalikke toitaineid (Saarman, Veibri 2006).

Okaspuudel levinud sinetusseened põhjustavad puidu värvuse muutust. Eestis tekitavad puidus sinetust kottseened (*Ceratocystis sp.*). Puitu lagundavatest seentest kahjustavad okaspuud kollane hamblehik (*Lentinus lepideus*), mustjas kõrbik (*Gloeophyllum sepiarium*) (Saarman, Veibri 2006).

Euroopa lehist kahjustavad lehisevähk, juurepess ja külmaseen. Lehisevähi levik võib võtta lausa epideemilise vormi, kahjustuste põhjustajaks *Trichoscyphella willkommii* (Hart.) Nanf. Lehisevähil on kaks vormi - võrsete ja okste kuivamine või võrsetele okstele tüvehaavandite teke, mille tagajärjel toimub võrse või oksa kuivamine ülalpool kahjustatud ala. Haiguse kiiret levikut soodustab hiliskülma kahjustus. Lehisevähk levib kõikidel lehistel, vähem jaapani lehisel, mis tundub olevat kahjustusele vähem vastuvõtlik.

Okaspuudel leviv juurepess põhjustab juure- ja tüvemädanikku. Juurepessi nakatumine toimub eoste kaudu, mida kannavad edasi loomad ja putukad. Nakatumine võib toimuda ka seeneniidistiku kaudu, seda juhul kui terved juured puutuvad kokku nakatunud juurtega. Mädanik ei levi lehisel juurekaelast kõrgemale, ning kahjustus levib puistudes häiludena (Paves 2004).

Külmaseen on samuti üks olulisemaid puu kahjustajaid, eelkõige tekitab juurepessu. Külmaseen on jagatud viieks eri liigiks, olulisemad on *Armillaria borealis* Marxm. & Korhonen ehk põhja-külmaseen ja *Armillaria ostoyae* Herink – tõmmu-külmaseen. Mõlemad on levinud Eestis laialdaselt. Kahjustused avalduvad okaste kolletumises (paves 2004).

Okaste kahjustumist põhjustab ka merioos, tekitajaks *Meria laricis* Vuill. Syn. *Hartigiella laricis* (Hart.) P. Syd. Seen parasiteerib lehiseokkail, levides okkakudedes. Levides kevadel ja nakatumisoht on suurem puude alumistel okste okkail ja nõrgematel puudel. Algselt muutub okka värvus kollaseks, lõpuks pruuniks ning kui parasiit jõuab okka kinnitumiskohani, variseb okas maha. Merioosi soodustavaks tingimuseks on vihmane ja niiske suvi, puu nakatumisest okaste varisemiseni kulub 4 – 5 nädalat. Vähem tundlikumad lehiseliigid on Kaug- Ida lehiseliigid – jaapani, kuriili lehis (Paves 2004).

Putukakahjustused põhjustavad puudel erinevaid kahjustusi, mis võivad hukutada puu täielikult või takistada puu kasvuprotsessi oluliselt. Seega on putukakahjustused oluline puude kasvu ja arengut piirav tegur. Kahjustusi on võimalik ka dendrokronoloogiliselt uurida.

Putukahjurite rünnakute registreerimisel on dendrokronoloogilistel uuringutel oluline roll. Okaste mahavarisemine ja aastarõngaste laius oleneb puuliigist, okaste mahavarisemine sõltub kasvuperioodist ja kliimast. Ajavahemikul 2000 kuni 2002 toimusid putukarünnakud Tšehhis, põhjustades lehisel okaste varisemist. Putukarünnakute tulemusena oli mitmel järgneval aastal puude kasvu pidurdumine, lisaks kitsad või puuduvad aastarõngad. Antud kahjustusi uuriti dendrokronoloogiliste meetodite abil.

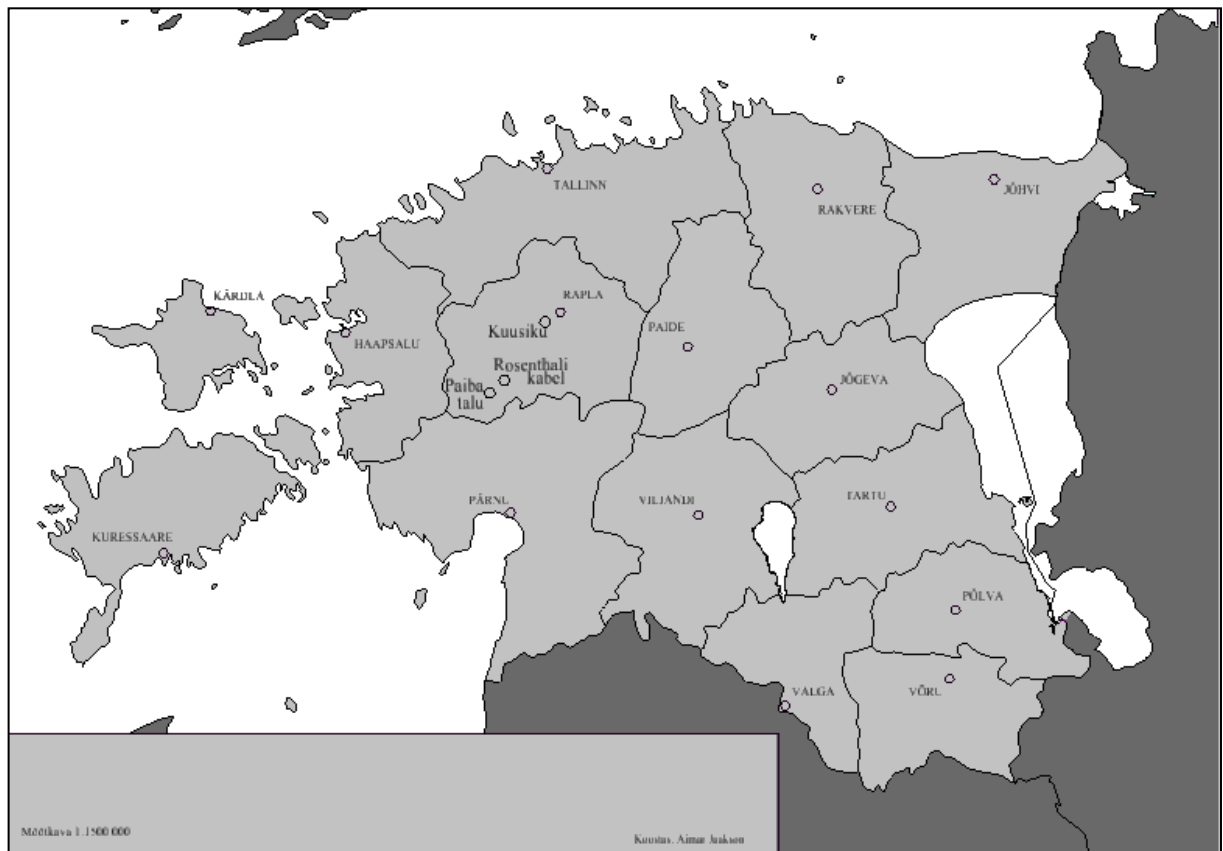
Lehiseid kahjustavad suur-lehisevaablane (*Pristiphora erichsonii* Hart.), kirju-lehisevaablane (*Pristiphora wesmaeli* Tischb.) lehise-tupekoi (*Coleophora laricella* Hb.), nimetatud kahjurid on need, kelle kahjustused on tõestamist saanud, muidugi on see nimekiri pikem, kuid teiste kahjurite rünnakutest otsest tõestusmaterjali pole.

2. Materjal ja metoodika

2.1 Uuritavate lehiste asukohad ja kasvukoha iseloomustus

Puurproovid on pärit Raplamaalt, kahest teineteisele lähestikku asuvast paigast. Esimene euroopa lehiste prooviala asub Rapla maakonnas, Vigala vallas, Päärdu külas, Paiba talu lehisealleelt (endine Vigala metskond) (joon. 1, 2). Metsavahikoha õue sissesõiduteed ääristab saja meetri pikkune tähelepanuväärselt kõrge lehiseallee. Allee on loode-kagu suunaline, algab Tamma oja äärest (N 58°44'52'' 24°21'32,84'') tuletõrje veevõtukohta juurest, mis on soodsalt mõjutanud lehiste kasvu (Kusmin 2007)

Teine ala, kust puuriti proovid, asub Rapla maakonnas, Märjamaa vallas, Velisemõisa külas. Tegemist on Rosenthalide kabeli varemete juures kasvavate lehistega.



Joonis 1. Uuritavate alade kaart – Raplamaa lõunaosast Paiba talu ja Rosenthalide kabel. Kliimaandmed pärinevad Kuusiku ilmajaamast Rapla lähedalt.

Paiba talus on sündinud Bernhard Laipmann (02.02.1865 – 16.(ukj 29.) 01.1906). Laipmann oli hea haridusega, oskas saksa ja vene keelt. Laipmannist sai üks kohaliku ühiskonnaelu liidreid, juhtides Vigala seltsielu ja Bernhardi eestvõttel asutati kohalik muusikaselts. Laipmanni algatusel koostasid 1905. aastal kohalikud talupojad majanduslike nõudmiste märgukirja ja viisid selle parun von Uexküllile. Bernhard Laipmann vangistati kindral Bezobrazovi karistussalga poolt 13.01.1906, süüdistades teda Tartu aulakongressist osavõtus, talupoegade ässitamises ja keelatud kirjanduse omamises. Mõisteti surma mahalaskmise läbi ja otsus viidi täide 16.01.1906. On maetud Vigala kalmistule (Kõivupuu 2012).

Rosenthali kabeli ümbruses kasvavatelt lehistelt oli võetud 6 proovi, kabeli lasi ehitada Gustav Heinrich von Wetter- Rosenthal. Gustav Rosenthal oli kireva elulooga mees, 1776. aastal elades eksiilis astus ta John Rose'i nime all Põhja-Ameerika sõjaväkke, kus ta jõudis oma teenistuse käigus majori auastmeni. Naasnud kodumaale oli Gustav Rosenthal tegev Eestimaa rüütelkonna eesotsas 1803 – 1806. Temal oli suuri teeneid 1805. aasta talurahvaseaduse väljatöötamisel ja vastuvõtmisel. Gustav Rosenthal suri 1829. aastal. Rosenthalide kabel püstitati Alamaale tütre Margaretha Ulrike jaoks, kes suri 1809. Kabel ehitati 1824. aastal. Tänapäevaks on kabelist alles vaid müürifragmendid. Kabeli ümber kasvavad kasvavad lehisid on istutatud 19. sajandil, ainult üks puu on 20. sajandi algusest (Kiili 2009).



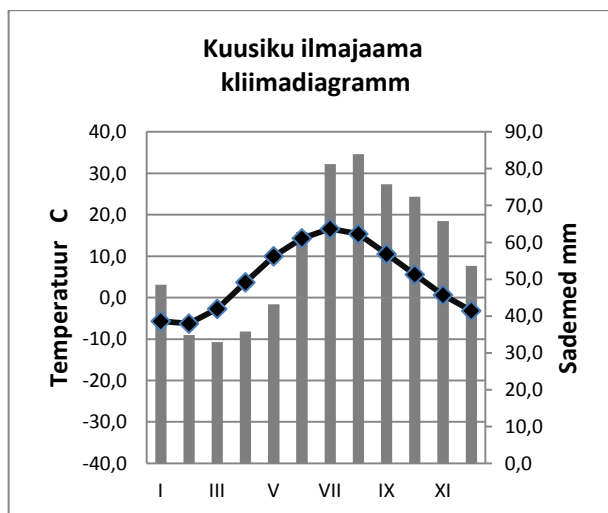
Joonis 2. Lehisallee Paiba metsavahi talu juures (vasakul) ja Rosenthali kabeli varemed (paremal). Fotod A.Jaakson 2013.a.

Mõlemal proovialal olevad puud kasvavad gleistunud nõrgalt või keskmiselt leetunud muldadel. Paiba lehiseallee esimesed puud kasvavad lammi-gleimullal, ülejäänud allee kasvab gleistunud nõrgalt leetjal mullal. Rosenthali kabeli ümbruse lehised kasvavad gleistunud keskmiselt leetjatel muldadel. Eestis kasvavad lehised on leplikud, nagu juba eelpool sai mainitud, samas nad on tundlikud liigniiskuse ja seisva põhjavee suhtes. Seega üldises plaanis on antud mullad lehise kasvuks sobivad. Muidugi lammimuldadel kasvavaid lehiseid võib ohustada liigniiskus.

Maastikutüübi poolest kuuluvad Paiba ja Rosenthali proovialad Lääne-Eesti madaliku maastikuvööndisse. Mullad on Siluri lubjakividel. Maastik on tasane, suuremaid pinnavorme ei esine.

3. Kliima

Proovialadele kõige lähedam meteoroloogiline mõõtmisjaam on Kuusiku, mille mõõtmisread algavad 1926 aastaga. Mõlemad mõõtepaigad asuvad sisemaal, ent mere mõjutustel on oluline tähtsus piirkonna kliimale.



Joonis 3. Kuusiku ilmajaama kliimadiagramm.

Vaatlusperioodi 1926 - 2010 keskmine temperatuur Kuusikul on +4,9° C ja keskmine sademete hulk perioodil 1926 – 2008 691 mm.

Kuusiku vaatlusandmete read algavad 1926 aastaga, keskmiste temperatuuride järgi on kõige külmemaks kuuks veebruar (-6,2° C), kõige soojem kuu on juuli +16,6 °C. Kõige Sajusem kuu on august 84 mm-ga ja kõige kuivem kuu märts, keskmine sademetehulk on 33 millimeetrit (joon. 3).

Kuusiku vaatlusperioodi järgi on kõige jahedamad aastad aasta keskmise temperatuuri järgi periood 1940 – 1942 (+2,1...+2,9°C) ja 1956, 1985 ja 1987 nende aastate keskmine oli +3,1 - +3,2 °C. Kõige soojemad aastad on olnud 1934 (+ 6,8 °C), 1989 (+7,0 °C) ja 2000 (+6,7 °C).

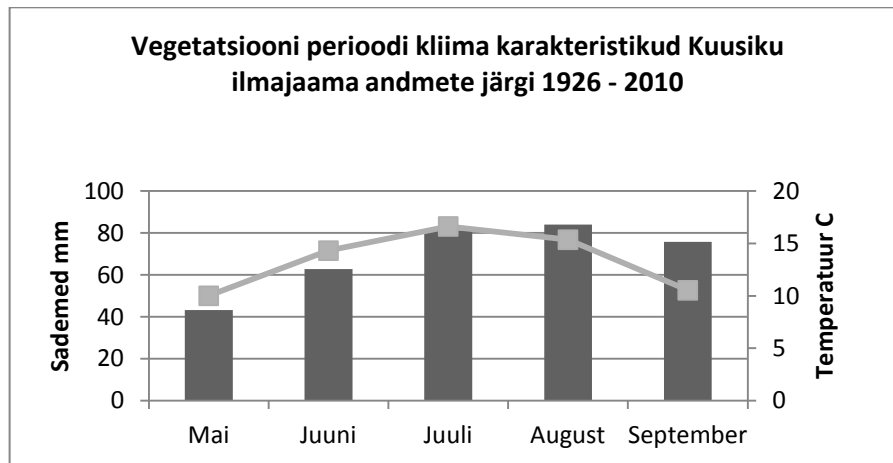
Sademete hulga poolest on kõige kuivemateks aastateks 1933 (460 mm), 1941 (408 mm) ja 1947 (436 mm). Kõige sajusemad aastad 1928 (947 mm), 1981 (903 mm), 1988 (938 mm), 1990 (1015 mm) ja 2008 (927 mm).

3.1 Kasvuperioodi ülevaade

Üldine vegetatsiooniperiood (õhutemperatuur on pidevalt üle +5 °C) kestab Eestis 170 – 180 päeva; mai algusest septembri lõpuni. Kasvuperiood algab heitlehelistel taimedel kevadel pungade puhkemisega ja lõpeb sügisel lehtede langemisega. Suve esimesel poolel kasvavad nad kiiresti, toimub pikkuskasv, mis lakkab suve keskel. Pikkuskasvu pidurdumise põhjusteks on kasvukeskkonna temperatuuri tõus ja taimed ei saa piisavalt vett. Keskkonna tingimustest tulenevalt saab pikkuskasv pärsitud – teisisõnu toimub taimede rakukestade puitumine. Suve teisel poolel iseäranis juhul kui on palju sademeid toimub puittaimedel hiliskasv, mille võrsed ei puitu ja osutuvad külmaõrnadeks (Miidla 1984).

Kasvuperioodi lõppedes algab valmistumine talveks, heitlehelised puud langetavad lehed (lehised langetavad okkad). Külmaperioodi aitab üle elada puhkeseisund, mille ajal kasvuprotsessid peatuvad, ainevahetus aeglustub ja toimuvad muutused rakkude koostises (Miidla 1984).

Lehised õitsevad aprilli lõpul või mai algul. Kasv algab mais-juunis ja kestab septembrini, eurojaapani lehistel on vegetatsiooni perioodi pikkuseks 95 - 120 päeva. Seemned valmivad sügiseks, seemneaastad korduvad Eestis 4 – 6 aasta järel. Vihmaste ja niiskete ilmade korral võib esineda ka kaks seemneaastat järjest, sest seeme püsib kabis üle aasta (Paves 2004).



Joonis 4. Kasvuperioodi iseloomustavad kliima näitajad Kuusikul

Kasvuperioodi kõige soojemad kuud on juuli ja august, keskmised temperatuurid +17 ja +15 kraadi. Kõige sademeterikkamad kuud on ka juuli ja august, sademete hulgas (81 mm juulis ja 84 mm augustis) (joon.4).

3.2 Materjal

Paiba talu juurde viival alleel on puuritud 18 lehist. Puurimisi on teostatud järgnevalt: kõigepealt on võetud proovid 12 järjestikku kasvavalt puult, seejärel on väike vahe tehtud ja võetud veel 4-lt lehiselt. Rosenthali kabeli juures on puuritud 6 lehist, mis kasvavad ümber Rosenthali kabeli varemete. Välitöid tegid Alar Läänelaid ja Kalev Tihkan 25. juulil 2007. aastal. Puurproovid on võetud valdavalt 1,3 meetri kõrguselt puu tüve põhjapoolsest küljest. Proov ulatub tavaliselt puu südamikuni, kahe lehise proovid on puuritud läbi puutüve (lehisid 9 ja 11). Paiba kahel lehisel (nr. 14 ja nr. 15) oli tüvi keskelt pehkinud ja proov seetõttu lühike. Lehise proovid on sobivad uurimiseks eelkõige seetõttu, et aastarõngad on selgelt eristuvad helelaidade puudu tõttu.

Tabel 1. Uuritavate lehiste nimekiri

Nr.	Asukoht	Übermõõt (cm)	Raadius (cm)	Toorproov (cm)	Puurproovi võtmise ilmakaar	Aegridade algus
1	Rosenthali	248	39,47	37,5	NE	1822
2	Rosenthali	230	36,61	29,6	N	1880
3	Rosenthali	282	44,88	39,2	N	1887
4	Rosenthali	264	42,02	37,4	N	1899
5	Rosenthali	226	35,97	34,7	W	1853
6	Rosenthali			44,9	N	1913
7	Paiba	237	37,72	35	NW	1915
8	Paiba	199	31,67	34	N	1912
9	Paiba	62	9,87	16	N	1916
10	Paiba	209	33,26	30,1	N	1916
11	Paiba	53	8,44	13,7	N	1948
12	Paiba	200	31,83	30,8	N	1910
13	Paiba	135	21,49	26,8	N	1911
14	Paiba	160	25,46	12,8	N	1922
15	Paiba	173	27,53	12	N	1925
16	Paiba	159	25,31	22,1	N	1908
17	Paiba	140	22,28	28,7	N	1912
18	Paiba	134	21,33	18,5	N	1906



Puurimiseks kasutati juurdekasvupuuri, see on torukujuline puur, mis kruvitakse puu tüvesse 1,3 meetri kõrguselt maapinnast ja saadud puuproov eemaldatakse ekstraktori abil (joon. 5). Proovid kuivatatakse ja analüüsitakse laboris.

Joonis 5. Haglõfi juurdekasvu puur

3.3 Andmete töötlemine

Kuivatatud puursüdamikel lõigati üks külg žileti või noaga siledaks – selleks et paremini eristada eriti kitsaid aastarõngaid, vajadusel hõõruti proovi ka veel kriidiga. Järgmisena analüüsisin puursüdamikke mikroskoobi abil.

Aastarõngaste laiused mõõdeti 0,01 millimeetrites, mõõdetud aastarõngad loendati ja rõngad dateeriti programmiga TSAP-Win. Andmed salvestati arvuti kõvakettale. Iga aastarõnga dateerimine toimus vastavalt tema tekkeajale. Dateeringute võrdlemiseks kasutati Eesti lehiste kronoloogiat. Mõõdetud-dateeritud kronoloogiad salvestati lõpuks üheks suureks kronoloogiaks, mida hakati edasi analüüsima (Rinn 2003). Kõik arvutused, kasutavad laboris dateeritud aastarõngaste andmeid ja meteoroloogilisi andmeid.

Edasi järgnes saadud mõõtmistulemuste kvaliteedi kontrollimine COFECHA programmiga.

COFECHA programm on kirjutatud Richard L. Holmesi poolt juba 1982. aastal. Programm on väga hea vahend dendrokronoloogias ning senini üks olulisemaid ristdateerimise programme. Puude kasvus võib esineda mitmeid häireid (puuduolev aastarõngas või erakordselt kitsas aastarõngas jne), mille tekkepõhjused tulenevad väga erinevatest teguritest – metsatulekahjud, erakordsed kliimatilised tingimused, putukakahjustused jne. Eelpool loetletud tegurite mõjul pole COFECHA programmil võimalik hinnata aastarõngaste mõõtmistulemuste sobivust (Nilson 2011). COFECHAGA andmete töötlemise järgselt eristasin vigased andmereal, vajadusel lisasin kronoloogiatesse puuduvad aastad. Ebasobivateks osutusid 3 Paiba lehise kronoloogiad ja 3 Rosenthali lehise kronoloogiad. Paiba lehistest

osutusid vigasteks mõlemad puud, mille puursüdamik oli puuritud läbi puu, Rosenthali lehistest jäi välja kronoloogiast üks puu, mille tüvi oli alt pehkinud, teine puu oli kaldu teise lehise najal ning ka need mõlemad puud ei osutunud sobivaiks. Saadud andmerealid olid siiski piisavad, et jätkata andmeanalüüsiga.

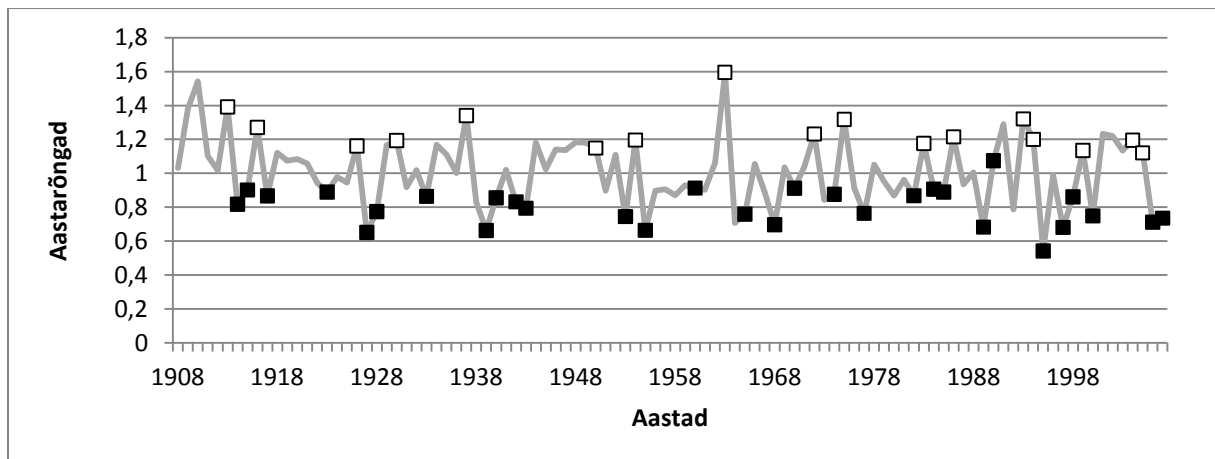
Kvaliteedi kontrollimise järel teostasid Paiba ja Rosenthali lehiste kronoloogiate graafilist võrdlemist ja kontrollimist TSAP- Win programmiga. Saadud tulemused keskmistasid, Paiba lehisid omavahel ja Rosenthali lehisid omavahel. Sain kaks kronoloogiat Paiba kronoloogia ja Rosenthali kronoloogia, seejärel võrdlesid tulemusi Eesti lehise keskmistatud kronoloogiaga. Eesmärgiks teha kindlaks visuaalselt Paiba ja Rosenthali kronoloogiate sarnasused ja erinevused keskmistatud kronoloogiast.

Rosenthali lehise puistu analüüsimisel tekkis probleem, et puude vanuste erinevused on suured ja sellepärast ei saa kasutada andmete analüüsimiseks aastarõngaste naturaallaiusi. Tuleb puude vanuse mõju elimineerida, selleks kasutan standardiseeritud aastarõngaste indekseid. Andmete standardiseerimiseks kasutasid programmi Arstan. Standardiseeritud aastarõngaste indeksid saadakse, kui tegelik aastarõnga laius jagatakse normeeritud laiusega (saadakse aastarõngaste laiuse aegrea tasandamisel mingi funktsiooniga – negatiivne eksponentfunktsioon, lineaarne regressiooni funktsioon või splinefunktsioon). Tulemuseks saame indeksi, mille väärtus jääb 1000 juurde. Indeksid, mille väärtused on alla 1000 tähistavad kitsamaid aastarõngaid ja vastavalt indeksid üle 1000 laiu aastarõngaid. Standardiseeritud kronoloogiat kasutasid selleks, et võrrelda aastarõngaste ja kliimatingimuste vahelisi seoseid.

Dendrokliimaatiliseks analüüsiks kasutasid Dendroclim2002 programmi, eesmärgiks oli leida korrelatsioone puude kasvu ja keskmise temperatuuri ja sademete hulga vahel. Meteoroloogiline andmestik pärines ühest jaamast – Kuusikult, mis asus ühtlasi ka mõlemale puistule kõige lähemal. Vaatlusperiood algas eelmise aasta maikuuga ja lõppes käesoleva aasta septembriga. Perioodi pikkuseks oli 17 kuud, sellise valiku tingis asjaolu, et aastarõngas formeerub käesoleval aastal, kuid eelmise aasta ilmastikuolud võivad seda kasvu soodustada või hoopis pärssida.

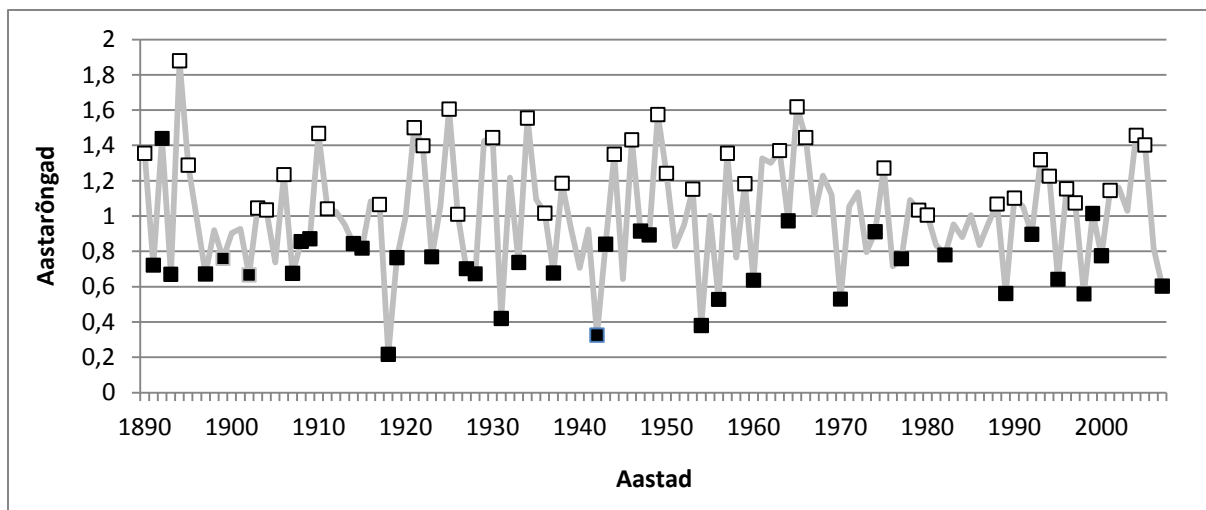
Kronoloogiates esinesid eriti kitsad aastarõngad, nende väljafiltreerimiseks kasutasin programmi Weiser, mille abil on lihtne määratleda kronoloogiates asuvaid kitsaid ja laiu aastarõngaid. Analüüs teostatakse kõikides kronoloogiates kokku ning tingimuseks on see, et usutavate tulemuste saamiseks peab kasv olema pärsitud vähemalt 70 % puudel. Tulemuseks on nn. näitaastad, lisaks on võimalik määratleda näitväärtuste intervalle (*pointer intervals*) ja kombineeritud variant (näitväärtused ja intervallid on omavahel kombineeritud). Konkreetset selle töö juures huvitasid mind ikkagi näitaastad ja nende seosed ilmastikuga, seega ei pööranud näitintervallidele ja kombineeritud variandile tähelepanu.

Mõlemal joonisel (joon. 6.1. 6.2.) on võrreldud Paiba ja Rosenthali lehiste kronoloogiaid, lisatud näitaastate andmed. Eraldi tõin välja Weiseri andmete järgi eriti kitsad ja eriti laiad aastarõngad, mis sai tähistatud erineva värviga. Võttes aluseks Weiseriga koostatud andmed, sain hakata tegema võrdlusi teiste Eesti lehiste kohta tehtud andmetega.



Joonis 6.1. Paiba lehiste standardkronoloogia ja näitaastad perioodil 1908 – 2007¹

¹ Valged ja mustad riskülikud joonistel tähistavad Weiseriga saadud näitaastaid, valged ruudud on positiivsed näitaastad ja negatiivsed näitaastad on mustad ruudud.



Joonis 6.2. Rosenthali lehiste standardkronoloogia ja näitaastad perioodil 1890 – 2007¹

4. Tulemused

4.1 Lehiste kronoloogiad

Olles kontrollinud ja parandanud mõõtmistulemused ning eemaldanud vigased andmerealad, sain kaks standardkronoloogiat, Paiba ja Rosenthali lehistele kohta. Paiba lehistele standardkronoloogia perioodil 1908 – 2007 ja Rosenthali lehistel 1890 – 2007. Standardkronoloogiate keskmiseks indeksite väärtused on Paiba lehistel 996 ja Rosenthali lehistel 992.

Tabel 4. Paiba ja Rosenthali standardkronoloogiate karakteristikud.

Statistilised näitajad	Prooviala	
	Paiba	Rosenthal
Ulatus	1906 - 2007	1889 - 2007
Pikkus (aastates)	102	119
Puude arv	9	3
Keskmine laius (mm)	2,00	2,82
Keskmine tundlikkus	0,262	0,318
Standardhälve	0,229	0,313
Autokorrelatsioon		
1.järku	0,397	0,255
2.järku	-0,033	0,055
3.järku	0,682	-0,01

Paiba lehistele vanused jäävad 83 ja 102 aasta vahele, keskmine vanus on 94,2 aastat.

Lehistele vanuseks lugesin aastarõngaste arvu mõõdetud puurproovides. Samas on selle meetodi puuduseks tõik, et osad puurproovid ei ulatu säsini, seega ei saa täpselt määrata puu vanust. Selleks tuleb kasutada kumulatiivse juurdekasvu meetodit, mida ma ka tein.

Paiba lehise allee puhul võib eeldada, et puud on istutatud ühel ajal, kuid akumulatiivse juurdekasvu meetodi järgi on allees, kaks lehist teistest tunduvalt nooremad. Vanuse erinevuse põhjuseks võib olla mõnede puude hilisem istutamine.

Kronoloogias olevate aastarõngaste laiused jäid 1,31 mm ja 3,22 millimeetri vahele, keskmiseks aastarõnga laiuseks oli 2,0 millimeetrit. Standardhälbe keskmine näitaja on 0,229. Naaberaastarõngaste laiuste suhtelist erinevust näitab keskmine tundlikkus, mis väljendab radiaalkasvu reaktsiooni kasvutingimustele aastast-aastasse varieeruvuse kaudu (Fritts 1976, Pärn 2004 järgi). Tundlikkuse miinimumväärtus on null, seda sellisel juhul, kui kõik aastarõngaste laiused on võrdsed. Keskmise tundlikkuse maksimaalne väärtus saab olla 2, seda juhul, kui 0-st suurema väärtusega aastarõngad vahelduvad puuduvate aastarõngastega (s.o. 0 laiusega aastarõngastega). Paiba lehiste keskmine tundlikkus on 0,262. Autoregressioon iseloomustab aastarõngaste varieeruvuse seda osa, mida põhjustavad eelneva(te) aasta(te) kasvutingimuste, sh. põhilise tegurina kliima, järelmõjud. Kasvutingimuste mõju eelmistel aastatel on seda väiksem, mida rohkem autoregressioon järkude suurenedes kahaneb. Paiba kronoloogias esineb langev trend ainult regressiooni esimese ja teise järgu vahel. Kolmanda regressiooni järk on hoopis kasvav. See tähendab kasvutingimuste järelmõjud on puudele olulised (tabel 4).

Rosenthali lehiste keskmine vanus on 107 ja 119 aasta vahel, keskmine vanus 114,3 aastat. Keskmine vanus on mõõdetud aastarõngaste arv 2007. aasta seisuga. Aastarõngaste keskmine laius on 2,82 millimeetrit, jäädes 2,32 ja 2,95 millimeetri vahele. Standardhälve on 0,313. Rosenthali kabeli lehiste tundlikkus on pisut kõrgem Paiba kronoloogiast, olles 0,318, mis on ikkagi madal näitaja. Autoregressioon on Rosenthali lehistel kahanev, seega kasvutingimuste mõju on ka väiksem, kuid mitte olematu.

Antud karakteristikute põhjal võib väita, et edaspidised kliimavaatlused on vajalikud, kuna esineb seoseid radiaalkasvu ja ilmastikuolude vahel.

4.2 Lehiste kasvu seosed temperatuuri ja sademetega.

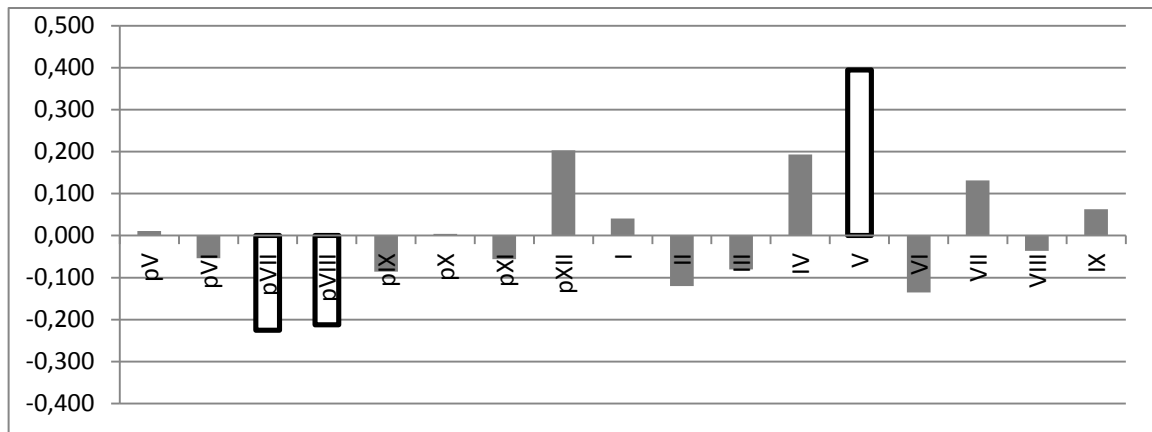
Programmi DendroClim2002 abil tehtud analüüside põhjal võib öelda, et seosed temperatuuri, sademete ja lehiste kasvu vahel on täiesti olemas ja seda mõlema kasvukoha

puude vahel. Valdavalt mõjutavad puude kasvu eelmise aasta ilmastiku tingimused. Seal juures temperatuuri mõju juurdekasvule on selgem, sademete mõju väga esile ei tule, kuid mõningal määral siiski.

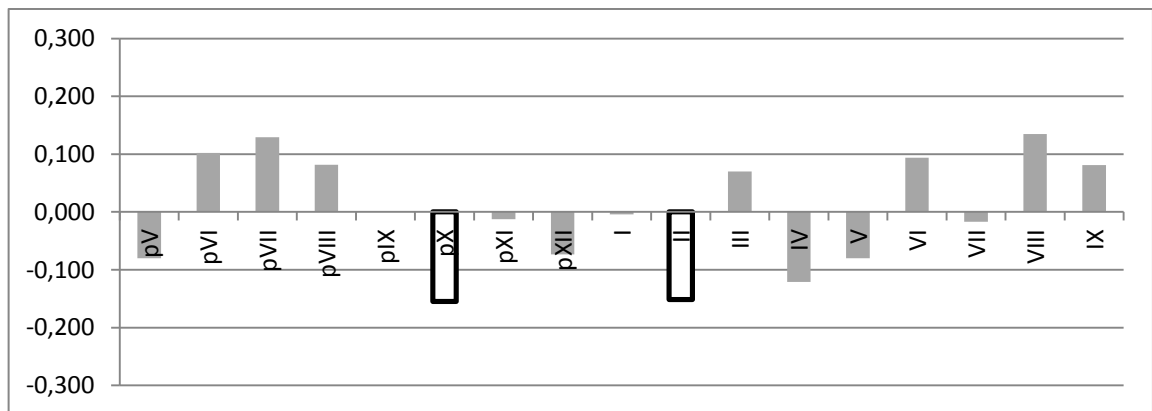
Paiba lehiste juurde kasvu mõjutasid kõige rohkem eelmise aasta juuli, augusti temperatuur ning käesoleva aasta mai temperatuur. Sademete hulga ja lehiste kasvu vahelised seosed jäid temperatuuriga võrreldes tagasihoidlikumaks. Vähest mõju puude kasvule võib täheldada eelmise aasta oktoobri ja käesoleva aasta veebruari sademete hulkade vahel. Eelmise aasta ilmastiku ja kasvu vaheline seos oli eranditult negatiivne. Temperatuuri maikuu seos on positiivne Paiba lehistel. Sademete hulga märkimisväärsamad seosed Paibal on aga negatiivsed.

Arvestades mõlema lehise kasvukohtade suhtelist lähedust, võib eeldada, et juurdekasvu mõjutavad ilmastikutingimused on omavahel sarnased. Siiski tuleb tõdeda, et sarnasusi Paiba ja Rosenthali lehiste kasvu ja ilmastiku vahel on, kuid on ka erinevusi. Rosenthali kabeli lehiseid mõjutab temperatuur rohkem kui sademetehulk. Olulist mõju avaldab Rosenthali lehistele eelmise aasta juuli ja augusti temperatuur (joon. 8.1., 8.2.). Käesoleva aasta temperatuuridest on suurema mõjuga jaanuari ja septembri näitajad. Paiba lehistel oli mai väga selge korrelatsiooniga (joon. 7.1., 7.2.), kuid Rosenthali kabeli lehiste ja mai temperatuuride seos on väike. Sademete hulga seos on üleüldiselt kasvule väga väike ja seda nii Paiba lehistel kui Rosenthali kabeli juures kasvavatel puudel. Rosenthali lehiseid mõjutav sademetehulk on eelmise aasta juuli sademetehulk, millel on positiivne seos juurdekasvuga. Eelmise aasta juuli ja augusti temperatuuride korrelatsioonid on negatiivsed, see tähendab madalam temperatuur mõjub juurdekasvule paremini ja vastupidi. Jaanuari ja septembri temperatuuride seos on positiivne. Sademetehulga kõige parem korrelatsioon eelmise aasta juuliga on samuti positiivne. Sellega seoses tekib huvitav seos – temperatuuri seos juulis on negatiivne, aga sademetehulga seos positiivne, tõsi, temperatuuri seos juurdekasvule on märkimisväärselt tugevam, kui seda sademetehulga seos.

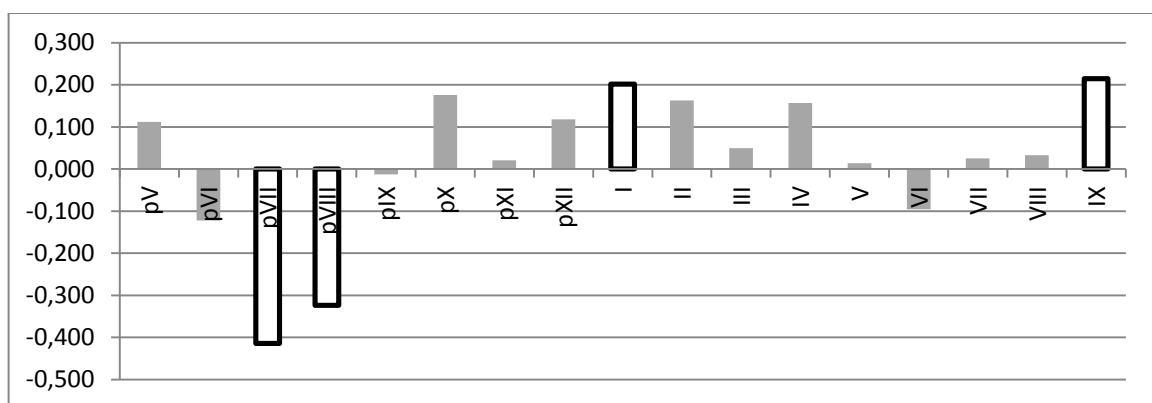
Sellest johtuvalt võib öelda, et peamine puude kasvu mõjutav tegur on temperatuur, sademetehulga mõju puude kasvule on väike.



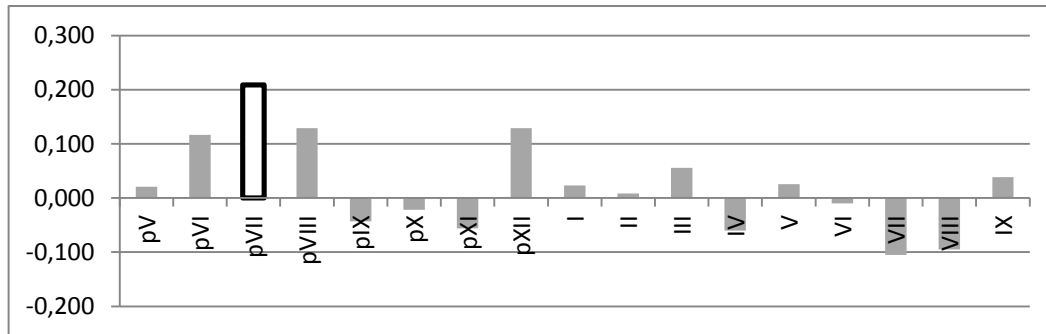
Joonis 7.1. Korrelatsioon lehiste kasvu ja temperatuuri vahel Paibal¹



Joonis 7.2. Korrelatsioon lehiste kasvu ja sademetehulga vahel Paibal¹



Joonis 8.1. Korrelatsioon lehiste kasvu ja temperatuuriga Rosenthali kabeli juures.²



Joonis 8.2. Korrelatsioon lehistekasvu ja sademete vahel Rosenthali kabeli juures.²

4.3 Näitaastate andmed

Puurproovil olevad tumedad jooned markeerivad aastarõngast – puu juurdekasvu ühe kalendriaasta jooksul. Samas ei ole aastarõngaste vahelised laiused alati ühesugused, mõningatel juhtudel olenevalt keskkonna, inimõju või mõne muu tegurist johtuvalt võivad aastarõngad olla väga kitsad – seda laadi aastarõngaid kutsutakse näitaastateks (*pointer year*).

Mõiste näitvahemiku (*pointer interval*) on sõnastanud ja kasutanud Schweingruber ja Kaennel (Kaennel, Schweingruber 1995). Nende järgi on näitvahemiku puhul tegemist situatsiooniga, kus oluline osa puu aastasest juurdekasvust näitab eelmise aastaga sarnast kasvu tõusu- või langustrendi. Tavajuhtudel määratletakse näitvahemikku protsentuaalselt, samas mõned teadlased (Eckstein, Bauch 1969) on kasutanud statistilisi kriteeriume. Weiseris määrab kasutaja ise ära puu juurdekasvu protsendi osakaalu.

Näitväärtus vastab erakordselt kõrgele või väga madalale väärtusele, mis esineb ühes kronoloogias. Näitväärtuste määramiseks kasutatakse kahepoolset filtrit, kus iga aasta on liikuva akna keskmis ja arvutatakse standardhälve ja keskmine. Selle aasta väärtusnäit on avaldatud lokaalse keskmise hälbe kaudu. Weiser kasutab vaikimisi määratud akna laiust, kuid kasutajal on alati võimalus seda muuta.

² Valged tulbad tähistavad programmi DendroClim2002, kuid, mil esines statistiliselt oluline seos temperatuuride/sademete ja puude kasvu vahel. P-täht (*previous*) tähistab eelmist aastat.

Iga aasta indeksid, mis on määratletud kui näitaastad, mida võrreldakse antud künnise väärtusega.

Programm Weiser aitab määrata neid eriti kitsaid aastarõngaid, ja ka eriti laiad aastarõngad markeerib ära.

Paiba lehiste kronoloogia pikkus on 1908 – 2007, sellest kronoloogiast tõi Weiser välja 49 näitaastat: 18 positiivset ja 31 negatiivset aastat.

Rosenthali lehiste standardkronoloogia pikkus 1890 – 2007 aastani, Weiser leidis seal 77 näitaastat, millest 39 on positiivset ja 38 negatiivset aastat.

Antud andmetest nähtub, et näitaastate nimekiri on sügavamaks analüüsiks väga pikk. Seetõttu leidsin kronoloogiatest need näitaastad, mis olid nii Paibal kui Rosenthali kronoloogiates samad, kas siis positiivsed või negatiivsed. Selle tulemusena sain 16 negatiivset näitaastat ja 9 positiivset näitaastat (tabel 7). Lisaks oli kronoloogiates 8 aastat sellist, kus ühel kronoloogial oli positiivne aasta ja teisel negatiivne või vastupidi.

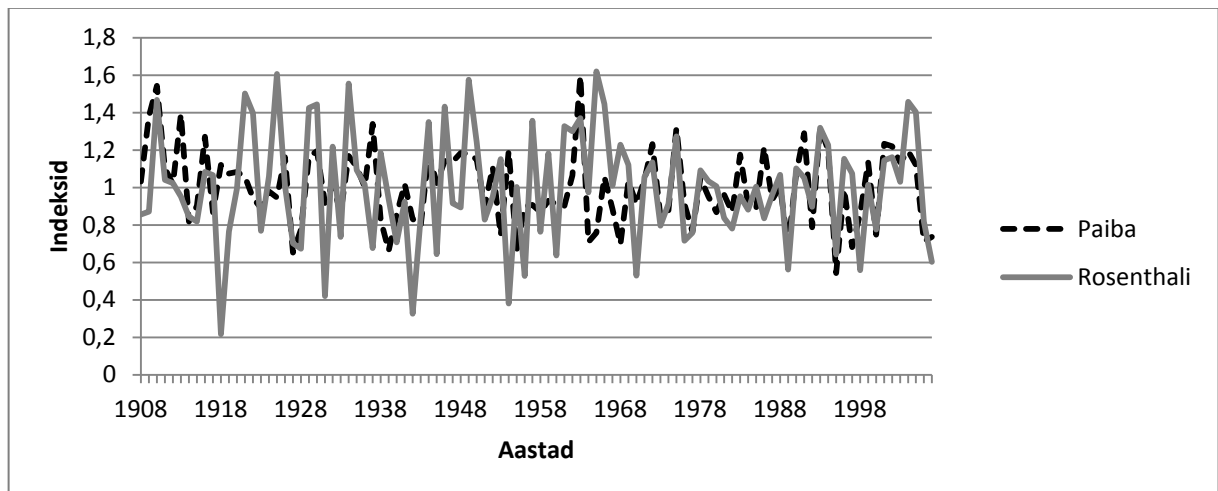
Tabel nr 7. Paiba ja Rosenthali lehiste ühised sarnased näitaastad.

Negatiivsed aastad			Positiivsed aastad		
1927	Kuum suvi	kuiv kevad, talv	1926	külm talv	kuiv suvi
1928	soe talv	vihmane suvi	1949	soe sügis, talv	kuiv sügis
1933	külm talv	kuiv suvi, sügis	1963	külm talv	kuiv talv
1942	külm talv	kuiv kevad	1975	soe talv	kuiv sügis, niiske talv
1943	soe kevad, talv	vihmane suvi	1993	soe kevad, talv	vihmane suvi
1964	külm kevad	kuiv kevad	1994	erisusi pole	vihmane sügis
1970	külm talv	kuiv suvi, talv	2004	soe kevad, talv	vihmane suvi
1974	soe sügis, talv	kuiv kevad	2005	soe talv	vihmane suvi
1982	soe sügis	kuiv sügis			
1989	soe talv	vihmane suvi			
1995	soe talv	vihmane kevad, talv			

1998	soe talv	vihmane suvi
2000	soe talv	vihmane talv

Saadud näitaastaid võrdlesin Sandra Vijar-i 2011 aastal kaitstud bakalaureusetöö andmetega. Sandra Vijar-i töö teemaks oli lehiste radiaaljuurdekasv ja selle seosed ökoloogiliste teguritega. Uuritavad lehisid kasvasid Koigis ja Vastse-Kuustes. Koigi lehiste standardkronoloogia võrdlemiseks ilmastikuga kasutati Kuusiku andmeid. See võimaldas jälgida, kui suured on erinevused standardkronoloogiates kui kliima karakteristikud on sarnased. Vastse-Kuuste kliima andmed olid Tartu ilmajaama põhised, sellest erinevusest hoolimata kontrollisin ka ühtelangevusi Vastse-Kuuste kronoloogiaga.

Paiba, Rosenthali ja Koigi lehistel oli ühiseid näitaastaid 11, neist 7 negatiivset (16-st ühisest Rosenthali ja Paiba omast) ja 4 positiivset (9 näitaastast). Nelja vaatluskoha andmete põhjal oli sarnaseid aastaid 4 – kaks positiivset näitaastat ja 2 negatiivset.

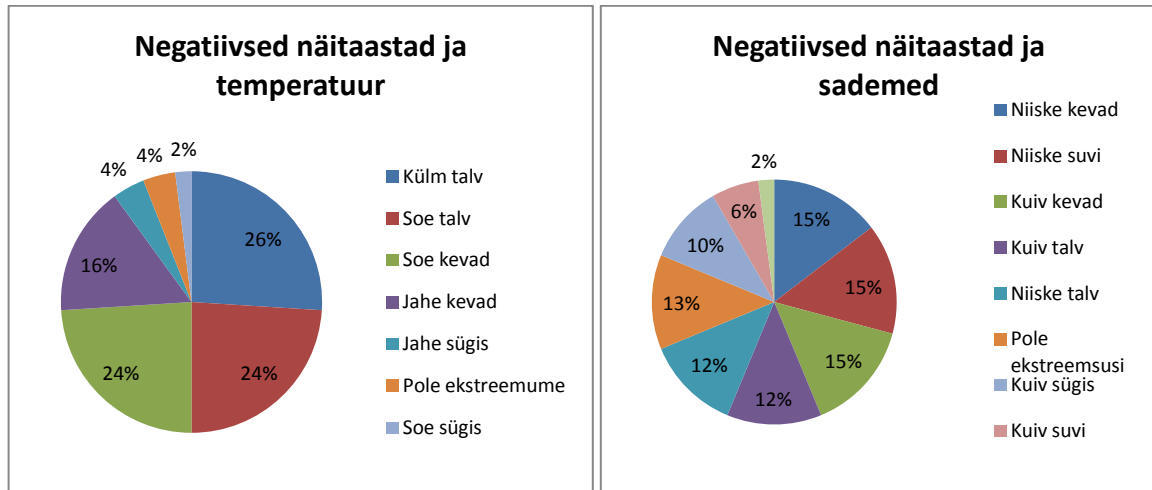


Joonis 9.1. Paiba ja Rosenthali lehiste kronoloogiate omavaheline võrdlus.

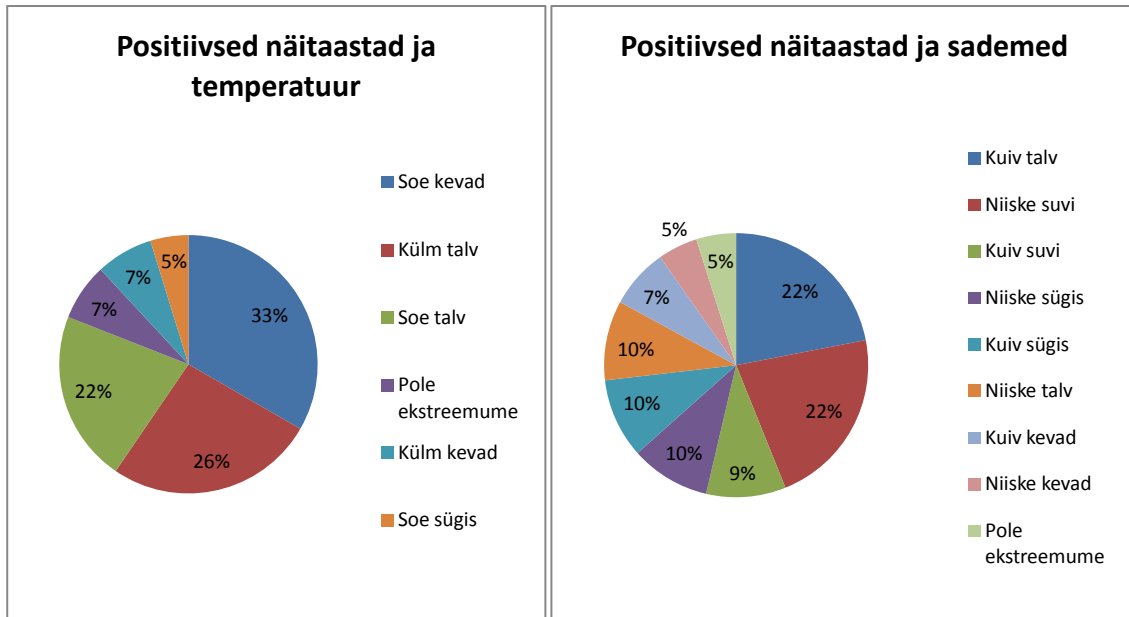
Joonisel (joon. 9.1.) on võrreldud mõlema kasvukoha lehiste aastarõngaste laiuseid, üldiselt on mõlemad hästi sünkroonis, siiski esineb osadel perioodidel kõrvalekaldeid (näit 1950. aastatel), kus Rosenthali lehiste keskmised aastarõngad oleksid justkui ühe aasta võrra nihkes Paiba omadega võrrelduna. Hiljem see nihe kaob. Samas radiaalkasvu väärtuste alguse (1908 – 1950) ja hilisem periood (1970 – 2007) klapivad üksteisega väga hästi.

Lisaks tulevad jooniselt esile Rosenthali lehiste eriti kitsad aastarõngad (1918, 1931, 1942, 1954) ja eriti laiad (1921, 1922, 1925, 1934, 1949, 1965) aastarõngad. Huvitaval kombel ei ole erakordseid radiaalkasvude erinevusi väga esile tulnud hilisemal perioodil ehk 1970 – 2007. Sellist tendentsi üheks põhjuseks võib olla, see, et esimesel 30 eluaastal on puu kasvul välismõjud suuremad, hiljem mõjutuste osakaal väheneb. 1995 -2000 perioodil on mitu eriti kitsast aastarõngast, selline trend on nii Paiba kui ka Rosenthali lehistel.

Näitaastate kliimatingimuste iseloomustamiseks on kasutatud subjektiivseid väljendeid „Niiske“, „Jahe“, „Soe“ jne. Selle all mõeldakse tavalistest keskmistest temperatuuridest ja sademehulkadest märkimisväärsmaid erinevusi. Negatiivsete näitaastate osas, oli selge erinevus temperatuuris, kasvu pidurdasid enim soojad kevaded ja talved või külmad talved. Sademete hulgad olid jaotunud ühtlaselt. Positiivsed näitaastad eristusid sooja kevade ja talve ning külma talve osas. Sademehulkade poolest tõusis esile kuivad talved või niisked suved (joon. 10a, 10b, 10c, 10d).



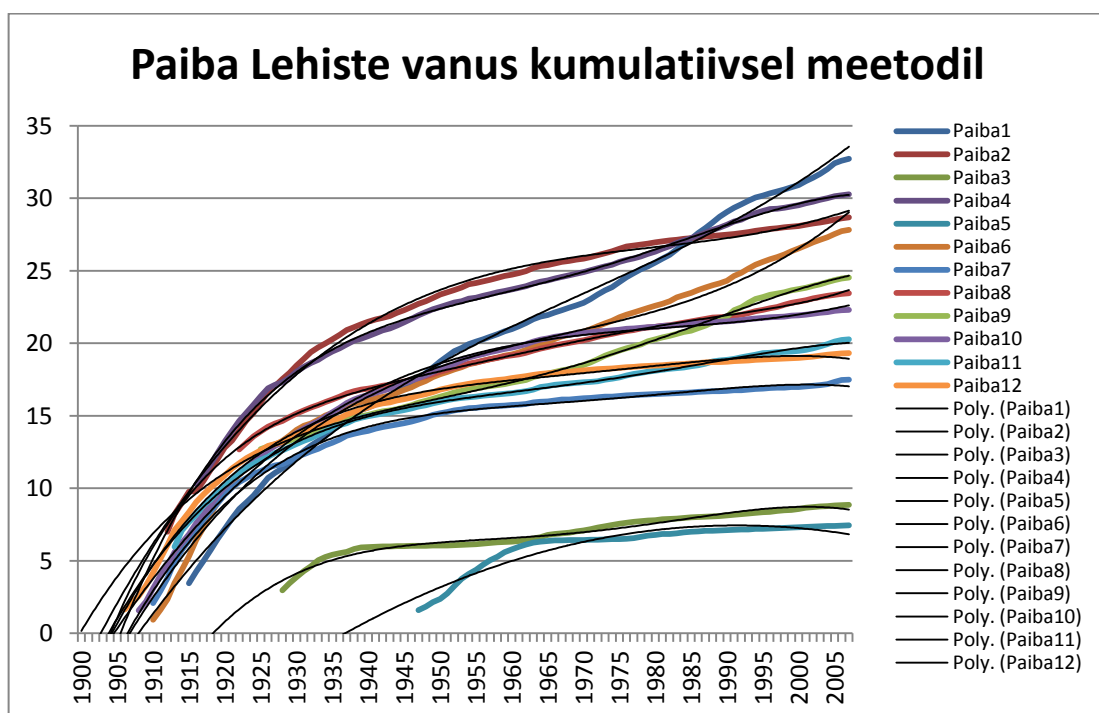
Joonised 10a., 10b. Negatiivsete näitaastate ja temperatuuri ning sademete erinevused.



Joonised 10c, 10d. Positiivsete näitaastate seosed temperatuuri ja sademetega.

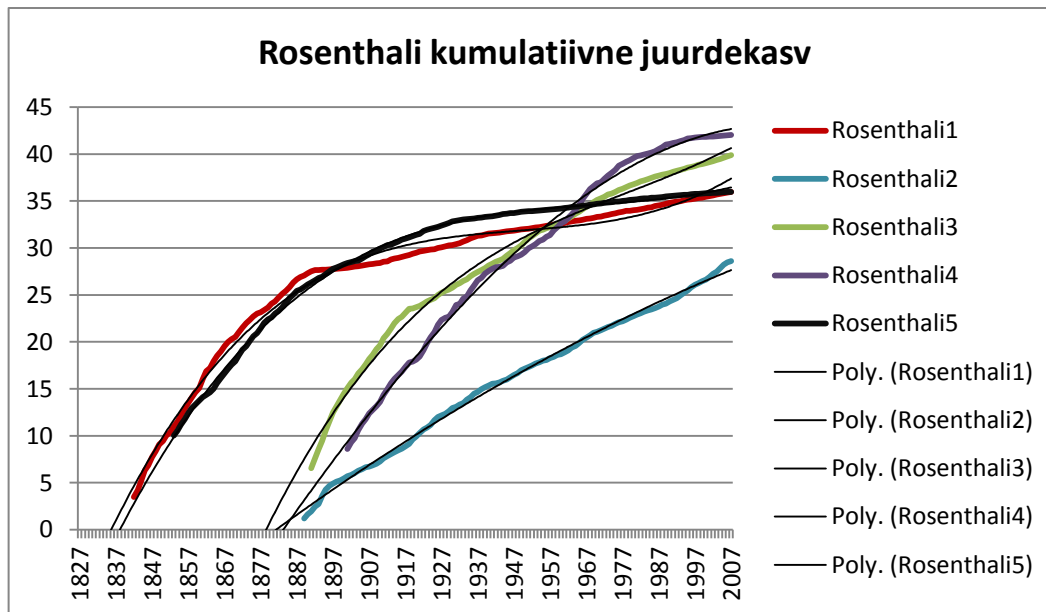
5. Arutelu

Lehiste vanuste määramiseks ei sobi aastarõngaste arv puurproovides, seda põhjusel, et puur ei pruugi ulatuda sāsini või on lehis seest pehkinud. Selleks, et saaksin puu vanuse ikkagi määratleda, kasutan kumulatiivse juurdekasvu meetodit. Puurproovi võtmise ajast (s.o. 2007) teen graafiku, kuhu siis on kantud mõõdetud aastarõngaste laiused, pikendades seda nullpunktini, saan teada graafikult lehiste ligikaudse vanuse. Saadud andmete järgi saab määrata kindlaks puu ligikaudse vanuse.



Joonis 11a. Paiba lehiste kumulatiivne juurdekasv.

Paiba lehiste trendijoonete järgi võib oletada, et lehiseallee on istutatud 1906. või 1907. aastal (joon 11a). See oleks siis seotud Bernhard Laipmanni hukumisega seotud, sest hukati ju Laipmann 1906. aastal. Üleüldisest trendist jäävad välja kaks puud – lehised 3 ja 5. Trendijoonete funktsioonid ei sobitu lehise nr 3 ja 5 juurdekasvuga, seega on puud nooremad, kui sedatrendijoon näitab. Lehise nr 3 istutusaeg jääb 1928. aasta juurde ja lehis nr 5 istutati umbes 1946. Bernhard Laipmanni eludaatumitega pole võimalik nende kahe puu istutusaega siduda, seoses sellega oletan, et need puud istutati hiljem, sest mingil põhjusel ei läinud allees kaks lehist kasvama ja asendati hiljem uute istikutega.



Joonis 11b. Rosenthali lehiste kumulatiivne juurdekasv

Rosenthali lehiste istutusaja andmeid on keerulisem seostada (joon. 11b), kolm lehist (2,3,4,) on istutatud 1880. aastatel. Lehisid 1 ja 5 on kumulatiivse meetodi põhjal teistest vanemad. Vanemate lehiste istutusaeg võiks olla 1839. aastal, mis tähendaks seda, et puud on istutatud Gustav von Rosenthali 10. surma-aastapäeva puhul. Kahjuks puuduvad tõendid, seega on see ainult hüpotees. Oletada, võib ka, et lehis nr. 5. on istutatud Margaretha von Rosenthali mälestuseks, kelle sünnist möödunuks 100 aastat. Ka see on kahjuks vaid oletus.

Rosenthali lehiste aastarõngaste laiused varieeruvad päris palju. Andmeseeria pikkuseks on 118 aastat (1890 – 2007). Perioodi algust iseloomustavad suured kõikumised, kus kitsad aastarõngad vahelduvad laiade aastarõngastega. Kasvu vähenemine saabub 1897. aastal ja kestab 1902. aastani, sealt edasi jätkub ebauhtlane kasv 1961. aastani. Periood 1961 – 1969 on soodne ja aastarõngad on laiad. Edasi jätkub kõikuv juurdekasv kuni 2007. aastani välja.

Paiba lehiste periood on 100 aastat (1908 – 2007), võrreldes Rosenthali andmetega on kõikumisi vähem ja kasvu algusperioodil on aastarõngad laiemad. Suuremad kõikumised, kus laiale aastarõngale järgneb väiksem aastarõngas, on fikseeritud 1960. – 1980. aastatel. Positiivse juurdekasvuga on periood 2001-2005. Paiba ja Rosenthali lehiste aastarõngaste laiuste omavaheline võrdlus väga suuri erinevusi ei näita. Iseloomulikuks jooneks on Rosenthali aastarõngaste ulatuslikum kõikumisamplituud võrreldes Paiba lehiste aastarõngastega. Aastate

kaupa on võimalik jälgida ühtset muutuste trendi. Sarnastel joontel on lihtne põhjus – mõlemad kasvukohad asuvad üksteise läheduses.

Aastarõngaste laiuste võrdlemine kahe lähestikku asuva kasvukoha vahel näitas märkimisväärset sarnasust. Uurides detailsemalt kahe lehise kasvukoha näitaastaid Weiseri programmiga, olid tulemused järgmised: Paiba kronoloogias on 49 näitaastat (neist 31 positiivset ja 18 negatiivset), Rosenthali kronoloogias 77 näitaastat (39 positiivset ja 38 negatiivset). Kõrvutades kronoloogiate andmeid omavahel oli tulemuseks 27 ühesugust näitaastat (17 negatiivset ja 10 positiivset). Üllatav oli sealjuures positiivsete näitaastate väike kokkulangevus. Selgub, et eriti laiad aastarõngad võivad lehistel moodustuda erinevatel aastatel, olles ilmselt põhjustatud kohalikest teguritest. Seevastu eriti kitsad aastarõngad esinevad rohkem samadel aastatel, andes tunnistust neid esile kutsuvatest ühistest teguritest (kliimategurid). Peale andmeridade omavahelise võrdlemise oli võimalik kasutada võrdlusmaterjalina Sandra Vijar-i bakalaureusetöö andmeid. Sandra Vijar võrdles oma töös Koigi ja Vastse-Kuuste lehiseid. Koigi lehistele puhul kasutas ta Kuusiku ilmajaama andmeid – nagu mina Paiba ja Rosenthali lehistele andmeridadeski.

Koigi kronoloogias on välja toodud 29 näitaastat (neist 14 positiivset ja 15 negatiivset), tõmmates paralleeli Paiba ja Rosenthali lehistele näitaastatega, siis rohkem sarnasusi on Koigi ja Rosenthali vahel – 21 näitaastat on sarnased, Paiba ja Koigi lehistele juures on samu näitaastaid 15. Koigi, Paiba ja Rosenthali andmete koondamisel on positiivseid näitaastaid 5 ja negatiivseid 7.

Resultaadid on järgmised: näitaastate kõrvutamisel oli sarnaseid tulemusi enim Koigi ja Rosenthali lehistele vahel, sealhulgas ka Vastse-Kuuste lehistele ridades leidis analoogiat, pisut enam kui Koigi lehistega. Kõigi nelja puude rühma võrdluses sain 4 ühist näitaastat – 2 positiivset (1963, 2005) ja 2 negatiivset (1927, 1989).

Positiivsete ja negatiivsete näitaastate sarnasuste põhjused võivad peituda, mitmetes tegurites näiteks Eesti territooriumi väiksuses, reljeefi tasapinnalisuses, üsna ühtlases kliimas. Samas jällegi näitaastate erinevused võivad tuleneda erinevatest tingimustest: kasvukoha pinnas, hüdroloogia (põhjavee taseme erinevused), valguse kättesaadavus, puidukahjurid jne. Vähem olulised faktorid pole ka antropogeenne tegevus, saasteained, transport, põllumajanduslik tegevus jne. Nooremad puud on kergemini mõjutatavad kui vanemad puud.

Sademe olulisust lehise vegetatsiooniperioodil tõestas Poolas Malopolska piirkonnas tehtud uuring, kus leiti, et negatiivseid näitaastaid võib seostada põuase vegetatsiooniperioodiga või siis vastupidi rohkelt sademeid vegetatsiooniperioodil mõjutab kasvu positiivselt (Danek 2009). Põuaperioodi pärssiv mõju lehistele avaldus ka Leedus tehtud uuringus (Vitas, Žeimavičius 2010).

Kasvu pidurdumise põhjuseid võib olla mitmeid. Üheks tõenäolisemaks variandiks võib pidada puidukahjurite tegevust, mistõttu on radiaaljuurdekasv jäänud väikeseks. Lehise kahjurite alaseid uuringuid on tehtud Kesk-Euroopas mitmeid Tšehhi (Vejpustkova, Holuša 2005) ja Prantsusmaa (Büntgen, Frank, Liebhold, Johnson, Carrer, Urbinati, Grabner, Nicolussi, Levanic, Esper 2009). Neist tehtud uuringutest on ilmnenu, et kahjurite aktiivsem tegevus mingitel aastatel on mõjunud lehise radiaaljuurdekasvule pidurdavalt. Eestis pole analoogseid uurimusi tehtud, seetõttu saab teha ainult hüpoteetilisi järeldusi kahjurite tegevuse kohta.

Prantsuse Alpides tehtud mõõtmiste tulemusena registreeriti 200 aasta jooksul 22 kahjurite rünnakuperioodi (Rolland, Baltensweiler, Petitcolas 2001) . Neist kahjustustega aastatest jäid minu lehiste aegriidade vahemikku (s.o. 1926–2007) kaheksa perioodi. Eeldades, et kahjuriterünnakud toimusid samal aastal Prantsusmaaga, võib pidada kahjurite rünnakute perioodiks Paiba lehistel aastaid 1978–1981, Rosenthali proovialal 1980 – 1981. Reaalset tõestusmaterjali selle nähtuse kohta ei ole leitud.

Teine võimalik lehiste juurdekasvu pidurdav tegur on nn. käbiaastad. Tegemist on taaskord hüpoteesiga, mille jaoks tõendusmaterjali pole. Oletuse aluseks on asjaolu, et need aastad, kui puud kasvatavad palju käbisid, on neile sedavõrd kurnavad energeetilises mõttes, et nende juurdekasv jääb tagasihoidlikumaks. Käbiaastate kohta on tehtud uuring Poolas, kus kuue erineva puuliigi käbiaastaid uuriti küsitluse käigus, sealhulgas ka euroopa lehise käbide moodustumist(Kantorowicz 2000).

Euroopa lehise käbide moodustamisel ilmnes teatav trend – käbiaastad oli 2 järjestikusel aastal. Samas ei selgunud uuringust, kas käbiaastad järjestikustel aastatel olid samadel puudel, samas kasvukohas, erinevatel lehistel samas kasvukohas või hoopiski on ka vaadeldavad kasvukohad erinevad. Nende spekulatsioonide põhjal kerkib esile küsimus, kas küsitluses osalejad ei kipu mitte liiga kergkäeliselt käbide moodustamist lehistel üle hindama, iseäranis võrdluses teiste puuliikidega.

Eestis lehiste käbiaastate kohta andmed puuduvad, seega võib oletada, et mõne aasta väike juurdekasv on põhjustatud käbiaastast. Paraku on tegemist hüpoteesiga.

Paiba lehiste standardkronoloogiate ja Weiseri programmiga arvatatud näitaastate puhul, ilmneb huvitav tendents, nimelt kronoloogia algusaastate juures s.o. 1926 – 1937 on domineerivad lehiste kasvu soodustavad tingimused, kuidas muidu seletada asjaolu, et radiaaljuurdekasv on positiivne.

Teine huvitav trend, mille sain Weiseri abil, on see, et kronoloogia viimane kümnend (1996-2007) on olnud peamiselt juurdekasvu osas väike. Joonist vaadates ilmneb hoopiski teatav kõikumine: laiem aastarõngas vaheldub kitsama rõngaga. 2006. ja 2007. aasta juurdekasvud on olnud väiksed.

Rosenthali kabeli lehiste standardkronoloogias esinevad laiad aastarõngad 1926 – 1966, sel perioodil on aastarõngad laiemad kui 1967 – 2007. Erakordselt kitsaid aastarõngaid (<0,5) rohkem.

6. Kokkuvõte

Uurimistöö üheks eesmärgiks oli leida seoseid lehiste radiaalkasvu ja kliimatiliste tegurite vahel, tuua välja, millised tingimused mõjuvad euroopa lehise kasvule soodsamalt ja missugustes oludes lehiste kasv on väiksem, samuti võrrelda saadud andmeid seni tehtud uurimustega.

Uurimisobjektidena kasutati euroopa lehiseid, mis kasvavad Raplamaal Vigala vallas, Päärdu külas Paiba metsavahitalu juures alleel ja Märjamaa vallas, Velisemõisa külas Rosenthalide kabeli juures.

Kumulatiivset juurdekasvumeetodit kasutades sain Paiba metsavahi talu juures kasvava lehiseallee istutamise aastaiks 1906 – 1907. Kaks puud alleest olid istutatud mõnevõrra hiljem. Eeldatavalt istutati puud Bernhard Laipmanni mälestuseks, kes hukati 1906. aastal. Hiljem istutatud puud on asendatud allees hukkunud puude kohale.

Rosenthali kabeli ümbruse lehistel ühtset istutamise aega määrata ei õnnestunud. Kaks lehist on istutatud teistest varem. Need lehised asuvad kabeli sissepääsu kõrval kahel pool. Lehiste istutamisaega ja mingeid sündmusi seostada pole võimalik, siiski ma oletan, et ukse kõrvale istutati lehised peale Gustav Rosenthali surma, seega näiteks 5. surma-aastpäevaks 1834. aastal. Teiste ümber kabeli kasvavate lehiste istutamisaeg jääb ca 50 aastat hilisemaks, 1880. aastatesse.

Uuritavad lehisekronoloogiad on üldjoontes sarnased, on olemas väiksemad lahknevused, kuid nende põhjuseks on kasvukohtade erinevus. Rosenthali kabeli lehised on eakamad kui Paiba talu lähedal kasvavad puud, kuid erinev kronoloogiate pikkus ei osutunud takistuseks edaspidiste statistiliste võrdluste tegemisel.

Lehisekronoloogiad võrreldi kliimanäitajatega Kuusiku ilmajaamast: temperatuuri ja sademetehulgaga. Selgus, et sademetehulk on teisejärgulisem kasvu mõjutavatest parameetritest. Leiti nn. näitaastad – aastad, mil puude kasv on tunduvalt väiksem või suurem kui muidu. Neid näitaastaid uuriti täpsemalt, et selgitada välja aeglase kasvu põhjused. Kasvu pidurdamisel oli oluline osa temperatuuril, eelkõige talve ja kevade temperatuuridel – külm talv ja külm kevad pärssisid olulisemalt puude juurdekasvu. Positiivseid näitaastaid, kus aastarõngad oli laiad, mõjutas jällegi soe talv ja soe kevad.

Samas esineb kronoloogiates ka soodsaid või negatiivse juurdekasvuga aastaid, mida klimatoloogiliste parameetritega seletada ei õnnestu. Üheks võimalikuks põhjuseks on sellistel juhtudel putukarüüded, mida Eestis lehistel pole uuritud ja seega on see oletuslik. Samuti on võimalik, et lehiste kasvu mõjutavad käbiaastad. Taaskord tuleb tõdeda, et Eestis sellelaadseid andmeid pole, küll on analoogseid andmeid teada mujalt Euroopast. Seega on lehiste dendrokronoloogias küsimusi, mis vajaksid veel täiendavat uurimist tulevikus.

Ages and radial growth affecting factors of two groups of larches growing in Rapla County.

Aimar Jaakson

7. Summary

One of the aims of the study was to find correlations between real growth rates of larches and climatic factors; to show, which conditions have a favourable effect on the growth of European larch (*Larix decidua*), and which conditions have a negative effect on the growth of larches; and to compare the earlier data to existing research.

The objects of research were European larch trees that are located in a parkway near the Paiba forester's cottage in the Päärdu village, Vigala rural municipality, Rapla County, and near the Rosenthal memorial chapel in the Velisemõisa village, Märjamaa rural municipality. The planting time of the larch parkway near the Paiba forester's cottage was determined by the method of cumulative growth as 1906 – 1907. Two of the trees in the parkway were planted later. The trees were presumably planted in the memory of Bernhard Laipmann, who was executed in 1906. The younger trees were planted in the place of fallen trees on about 1928 and 1946.

The exact planting time of larches around the Rosenthal memorial chapel could not be determined. Two of the larches, which stand on either sides of the chapel entrance, were planted earlier. We can presume that the two larches were planted for Gustav Rosenthal's 5th death anniversary in 1834. The planting time of other larches growing around the chapel falls in the 1880s about 50 years later.

The studied larch chronologies are quite similar, whereas discrepancies result from differences in natural sites. The larches near the Rosenthal memorial chapel are older than the trees growing near the Paiba cottage, but the different length of chronologies did not hinder drawing the following statistical comparisons.

The larch chronologies were compared to climatic variables, including temperature and precipitation amounts recorded at the Kuusiku weather station. The most important parameter is temperature and the amount of precipitation is a secondary parameter among factors that influence larch growth in the sample plots. First, I determined the so-called pointer years, when tree growth was significantly lower or bigger than usual. These examples were studied closely, in order to find out the reasons for slow growth rates. Temperature played an important role in slower growth rates, especially in case of spring and winter temperatures – cold winter and spring temperatures significantly inhibited tree growth. Positive pointer years, when the year rings were wider, were influenced by warm winter and spring temperatures.

At the same time, the chronologies also indicate the years of favourable or negative growth trend, which cannot be explained by climatologic parameters. One of the possible reasons is insect outbreaks, which have not been studied in Estonian larches in the recent years, and is thus hypothetical. Another possibility is that the growth rate of larches is influenced by cone years. There are no data on the subject in Estonia, but respective data can be found from other places in Europe. Therefore, there are research questions in larch dendrochronology that require further study in the future.

8. Tänuavaldus

Soovin avaldada tänu Alar Laaänelaiule, Kalev Tihkanile, Jaak Jaagusele ja Sillaotsa muuseumile abi eest käesoleva töö kirjutamisel.

9. Kasutatud kirjandus

- Aalde, R., Kask, H., Kusmin, J. 2007. Rapla pärandkultuurist. Eesti Loodusfoto, Rapla.
- Büntgen, U., Frank, D., Liebhold, A., Johnson, D., Carrer, M., Urbinati, C., Grabner, M., Nicolussi, K., Levanic, T., Esper, J. 2009. Three centuries of insect outbreaks across the European Alps. *New Phytologist.*, 182: 929-941.
- Danek, M. 2009 The influence of climate conditions on tree ring width of larch (*Larix decidua* Mill.) from the Northern part of the Malopolska province. *Sylvan.*, 153: 768 – 776.
- Eckstein, D., Bauch, J. 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstwissenschaftliches Centralblatt.*, 88: 230-250.
- Fritts, H.C: 1976. Tree Rings and Climate. London, New York, San Francisco.
- Gonzalez, I. G. 2001. Weiser: a computer program to identify event and pointer years in dendrochronological series. *Dendrochronologia.*, 19: 239–244
- Kaennel, M., Schweingruber, FH. 1995. Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portugese and Russian. Eidgenössische Forschungsanstalt für Land, Schnee und Landschaft and Paul Haupt Verlag, Bern, 467 pp.
- Kantorowicz, W. 2000. Half a century of seed years in major tree species in Poland. *Silvae Genetica.*, 49, 6.
- Kiili, J., 2009. Vaimõisa Ameeriklane Gustav von Rosenthal 1. Nädaline., 18: 10.
- Kiili, J. 2009. Vaimõisa Ameeriklane Gustav von Rosenthal 2. Nädaline., 32: 8-9.
- Kõivupuu, M. 2012. Jõulud Vigalas ehk kangelase rekonstrueerimine. Läänemaa muuseumi toimetised., 15: 51-72.
- Laas, E. 1967. Dendroloogia. Valgus, Tallinn.
- Lepik, I. 1993. Tallinn- Tartu maantee ääres kasvavate okaspuude ja Tartu Toomemäe lehiste dendroklimatoloogiline analüüs. Diplomitöö. Tartu Ülikool, Tartu.
- Miidla, H. 1984. Taimefüsioloogia. Valgus, Tallinn.

- Nilson, P. 2011. Hariliku männi tüvevormi analüüs. Magistritöö metsamajanduse erialal. Eesti Maaülikool, Tartu 19-20.
- Paves, H. 2004. Lehis: metsa- ja pargipuu. Eesti Metsaselts, Tartu.
- Pärn, H. 2004. Hariliku männi puistute radiaalkasvu ja kliimategurite vaheliste seoste ajalisest varieeruvusest. Metsanduslikud uurimused., 40: 65-79.
- Rinn, F. 2003. TSAP-Win User Reference. Frank Rinn, Heidelberg.
- Rolland, C., Baltensweiler, W., Petitcolas, V. 2001. The potential for using *Larix decidua* ring widths in reconstructions of larch budmoth (*Zeiraphera diniana*) outbreak history: dendrochronological estimates compared with insect surveys. Trees., 15: 414-424.
- Saarman, E., Veibri, U. 2006. Puiduteadus, Tartu.
- Vejpustkova, M., Holuša, J. 2006. Impact of defoliation caused by the sawfly *Cephalcia lariciphila* (Hymenoptera: Pamphiliidae) on radial growth of larch (*Larix decidua* Mill.) Eur J Forest Res., 125: 391-396.
- Vijar, S. 2011. Lehiste radiaaljuurdekasvu ökoloogiliste seoste selgitamine dendrokronoloogilistel meetoditel. Bakalaureusetöö keskkonna tehnoloogias. Tartu Ülikool, Tartu.
- Vitas, A., Žemavičius, K. 2010. Regional Tree-ring Chronology of European Larch (*Larix Decidua* Mill.) in Lithuania. Baltic Forestry., 16: 187-193.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Aimar Jaakson**

(sünnikuupäev: 17.09.1978)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose:

Raplamaal kasvava kahe lehistegrupi vanused ja radiaalkasvu mõjutavad tegurid

mille juhendaja on **Alar Läänelaid**,

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu 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.

Tartus, 20.05.2013