



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maachitusinstituut

**Kätlin Piiskop**

**HARILIKU KUUSE (*PICEA ABIES* L.) TERVISLIKU  
SEISUNDI HINNANG UENENUD RAIELANGIL**

**Health assessment of Norway spruce (*Picea abies* L.) on  
regenerated clear-cuttings**

Bakalaureusetöö  
Metsanduse õppekava

Juhendajad: Tiia Drenkhan, *MSc*  
dotsent Rein Drenkhan, *PhD*  
Elisabeth Rähn, *MSc*

Tartu 2017

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		<b>Bakalaureusetöö lühikokkuvõte</b>	
Autor: Kätlin Piiskop		Õppekava: metsandus	
Pealkiri: Hariliku kuuse ( <i>Picea Abies L.</i> ) tervisliku seisundi hinnang uuenenud raielangil			
Lehekülgi: 37	Jooniseid: 7	Tabeleid: 3	Lisasid: 1
Osakond:	Metsakasvatus		
Uurimisvaldkond:	Metsapatoloogia		
Juhendajad:	Tiia Drenkhan <i>MSc</i> , Rein Drenkhan <i>PhD</i> , Elisabeth Rähn <i>MSc</i>		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2017		
<p>Bakalaureusetöös uuritakse hariliku kuuse (<i>Picea abies L.</i>) taimede tervislikku seisundit viljakate kasvukohatüüpide puistutes ning juurepessu (<i>Heterobasidion spp.</i>) levikut mõjutavaid aspekte.</p> <p>Bakalaureusetöö eesmärgiks on teada saada, kui suur osa uuritud aladel kasvavatest harilikest kuuskedest on nakatunud juurepessu; millised juured on mädanikust rohkem nakatunud, kas peen- või jämejuured, ning võrrelda juuremädaniku levikut juuritud ja juurimata aladel. Uurimuse jaoks koguti 2015. ja 2016. aasta sügisel kuult proovialalt Tartumaa, Võrumaa ning Lääne-Virumaa metskondadest 236 juureproovi 118-lt harilikult kuuselt vanuses 5-8 aastat. Kolm prooviala (Rõuge, Elva, Viru) olid jaotatud sektoriteks, kus kahes korduses esinesid juuritud ja kontrollalad (juurimata), et hinnata kändude juurimise mõju juurepessu levikule. Kolmelt alalt (Tartu I, Tartu II, Tartu III) koguti proovid vaid juurimata aladelt. Kogutud juureproove analüüsiti laboris teostades liigispetsiifilisi DNA analüüse juurepessu tuvastamiseks ning liigi määramiseks. 118-st uuritud harilikust kuusest oli juurepessu nakkusega 37 puud, mis moodustab 31,4% uuritud puude arvust. Enim määrati kuuse-juurepessu (<i>Heterobasidion parviporum</i>) esinemist (23,7%), kuid kuuse juureproovides esines ka männi-juurepessu (<i>Heterobasidion annosum</i>) – 9,3% juurtest olid nakatunud. Juuretüüpidest oli aga enim nakatunud juurepessuga jämejuured, moodustades ca 9,7 % kogutud proovide hulgast (236 juureproovi) , millest enim tuvastati kuuse-juurepessu esinemist.</p> <p>Juuritud aladest esines juurepessu kõige enam Viru alal – 11st kogutud puu juurestikust oli</p>			

juurepessuga nakatunud 7 puud (64%). Kõige suurema juurepessu kahjustusega olid sinilille kasvukohatüübi alad (Viru ja Tartu III), sellele järgnesid jänsekapsa (Elva, Tartu I, Tartu II) ja jänsekapsa-mustika (Rõuge) kasvukohatüüpides olevad proovialad.

Märksõnad: harilik kuusk, *Heterobasidion* spp., kändude juurimine

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		<b>Abstract of Bachelor's Thesis</b>	
Author: Kätlin Piiskop		Specialty: Forestry	
Title: Health assessment of Norway spruce ( <i>Picea abies</i> L.) on regenerated clear-cuttings			
Pages: 37	Figures: 7	Tables: 3	Appendixes: 1
Department:	Silviculture		
Field of research:	Forest pathology		
Supervisors:	Tiia Drenkhan <i>MSc</i> , Rein Drenkhan <i>PhD</i> , Elisabeth Rähn <i>MSc</i>		
Place and date:	Tartu, 2017		
<p>The aim of this thesis is to study the occurrence and extent of <i>Heterobasidion</i> spp. in 5-8 year old uprooted and not rooted Norway spruce stands. Particular, if stump removal reduces the spread of pathogen among young spruce plants. Root samples were collected from six sampling plots in Tartu, Võru and Lääne-Viru County forest districts, from 118 spruces, in all 236 root samples (coarse and fine roots). Three sampling areas were divided into sectors with both uprooted and unmanaged areas to assess the impact of removing stumps on the spread of <i>Heterobasidion</i> spp. Other three plots were not rooted. The collected samples were analyzed by molecular methods to detect root rot infection and species. 37 of 118 studied spruces were infected with <i>Heterobasidion</i> which represents 31,4% of the examined trees, 27,3% of trees were infected with <i>Heterobasidion parviporum</i> and 9,3% with <i>Heterobasidion annosum</i>. The results of this research shows that occurrence of pathogen is more extensive in uprooted sites.. The most damaged were sampling plots in the <i>Hepatica</i> site type, followed by the areas in <i>Oxalis</i> and <i>Myrtillus</i> site types.</p>			
Keywords: <i>Picea abies</i> , <i>Heterobasidion</i> spp., uprooting			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	8
1.1 Juurepessu ( <i>Heterobasidion</i> spp.) üldiseloomustus.....	8
2. Juurepessu levik.....	9
2.2.1 Kuuse-juurepess ( <i>H. parviporum</i> ).....	11
2.2.2 Mäni- juurepess ( <i>H. annosum</i> ) .....	11
3. Metsamajandamisvõtete mõju juurepessu levikule .....	13
3.1 Rotstop.....	13
3.2 Kändude juurimine ja selle mõju juuremädaniku levikule.....	14
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	16
2.1 Katsealade valik.....	16
2.2.1 Juurimata alad.....	18
2.2.2 Juuritud alad .....	18
2.4 Laboratoorsed tööd.....	19
2.4.1 Molekulaarne juurepessu liikide määramine.....	20
3. TULEMUSED JA ARUTELU.....	23
3.1 Juurepessu levik Viru, Rõuge ja Elva katsealadel.....	25
3.2 Juuremädaniku levik Tartumaa katsealadel.....	26
KOKKUVÕTE.....	29
KASUTATUD KIRJANDUS.....	31
Health assessment of Norway spruce ( <i>Picea abies</i> L.) on regenerated clear-cuttings.....	34
LISAD .....	35
Lisa 1. Elva, Rõuge ja Viru alade sektori põhine proovitükkide jaotus .....	36

## SISSEJUHATUS

Harilik kuuse (*Picea abies*) puistud moodustavad Eestis 17,6% metsamaast ning 23,9% metsa tagavarast (Aastaraamat...2016). Kuuse kasvuks on sobilikud viljakad kasvukohatüübid (jänese kapsa, naadi, sinilille ja kastikuloo), mis on ühtlasi kõige paremad kasvukohatüübid juuremädanike levikuks (Hanso, Hanso 1999a).

Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) poolt tehti 2014. aastal metsauuendustöid ca 8000 hektaril, millest 72% moodustas metsaistutus. Puuliigiti istutati riigimetsa hariliku kuuske 48% (Aastaraamat...2016). Erametsa omanike poolt teostatud metsauuenduse mahud on summeeritult 2011. aasta seisuga ca 3743 ha, millest kuuse istutust teostati 2019,7 hektaril (Aastaraamat...2013).

Juurepessu (*Heterobasidion* spp.) esinemisel puistus halveneb puistu tervislik seisund, puidu kvaliteet ja väheneb juurdekasv ning puud muutuvad tormikahjustustele vastuvõtlikumaks. Juurepessu nakkuse levik sõltub kasvukohatingimustest ning inimtegevusest metsades. Raiete käigus tekkinud kändud on ideaalseks substraadiks juurepessu eostele (Hanso, Hanso 1999a). Juurepessu leviku ära hoidmiseks või piiramiseks on üks võimalikke lahendusi kändude juurimine, et parandada tulevaste okaspuupuistute tervislikku seisundit (Walmsley, Godbold 2010). Metsamajandamise eeskirja (2006) kohaselt on Eestis lubatud kuuse kändude juurimine kuues (pohla, jänese kapsa-pohla, mustika, jänese kapsa-mustika, jänese kapsa ja sinilille) kasvukohatüübis, kus metsamulda võib kahjustada sügavamalt kui 30 cm. Nimetatud kasvukohatüüpides on juurepessu levik oluline probleem, seetõttu uuriti kas kändude juurimine vähendab noorte kuuskede nakatumist juurepessu Eesti tingimustes.

Bakalaureusetöö eesmärgiks on teada saada, kui suur osa uuritud aladel kasvavatest noortest kuuskedest on nakatunud juurepessu; millised juured on mädanikust rohkem nakatunud, kas peen- või jämejuured, ning võrrelda juuremädaniku levikut kuuskedele juuritud ja juurimata aladel.

Töö esimeses osas antakse ülevaade kirjandusest juurepessu ning kändude juurimise kohta. Metoodika peatükis kirjeldatakse katsealasid ning teostatud väli- ja laboritöid. Tulemused ja arutelu on esitatud ühise peatükina.

Autor avaldab suurt tänu juhendajatele Tiia Drenkhan'ile, Rein Drenkhan'ile ja Elisabeth Rähn'ile kasuks tulevate näpunäidete ja paranduste eest ning hea kogemuse eest teadustöös osalemisel. Suured tänusõnad Kalev Adamson'ile ja Katrin Jürimaa'le laboritööde juhendamise ja abistamise eest.

Bakalaureusetöö teostati RMK projekti T160148MIMK „Kuusikute raieaja ja raieviiside mõju patogeenide levikule ja arvukusele ning puistu elurikkusele viljakates kasvukohatüüpides“ (2016–2019) ja projekti T11082MIMK "Kuusekändude varumise metsanduslikud aspektid ja kaasnevate keskkonnamõjude hindamine (1.07.2011–30.06.2014) raames.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Juurepessu (*Heterobasidion* spp.) üldisloomustus

Juurepess (*Heterobasidion* spp.) on kõige olulisem tüve- ja juuremädanikku tekitav seenpatogeen põhja parasvöötme metsades (Asiegbu *et al.* 2005). Seene levikut mõjutab inimtegevus (raied, väetamine jne) ning kasvukohatingimused (Hanso, Hanso 1999a). Suurt mõju avaldab juurepess just puhtpuistutele (kuusikud, männikud), kus majandamise tagajärjel tekkinud kändude ning tihedate juurekontaktide tõttu on puistu väga kergesti vastuvõtlik haigustele (Piri, Korhonen 2008). Tänu varjatud avaldumisviisile on juurepessu raske avastada ning kindlaks teha. Väliste tunnuste põhjal saame eristada männi- ja kuuse-juurepessu hümenofooril olevate pooride tiheduse alusel (männil- 4,4-12,2 poori/mm<sup>2</sup>; kuusel- 8,5-17,6 poori/mm<sup>2</sup>), kuid täpsem liigi määramine toimub molekulaarse analüüsi teel (Korhonen 1978). Seenpatogeeni esinemine tekitab tüves valgemädanikku ning mõjub surmavalt puu juurtele (Butin 1995).

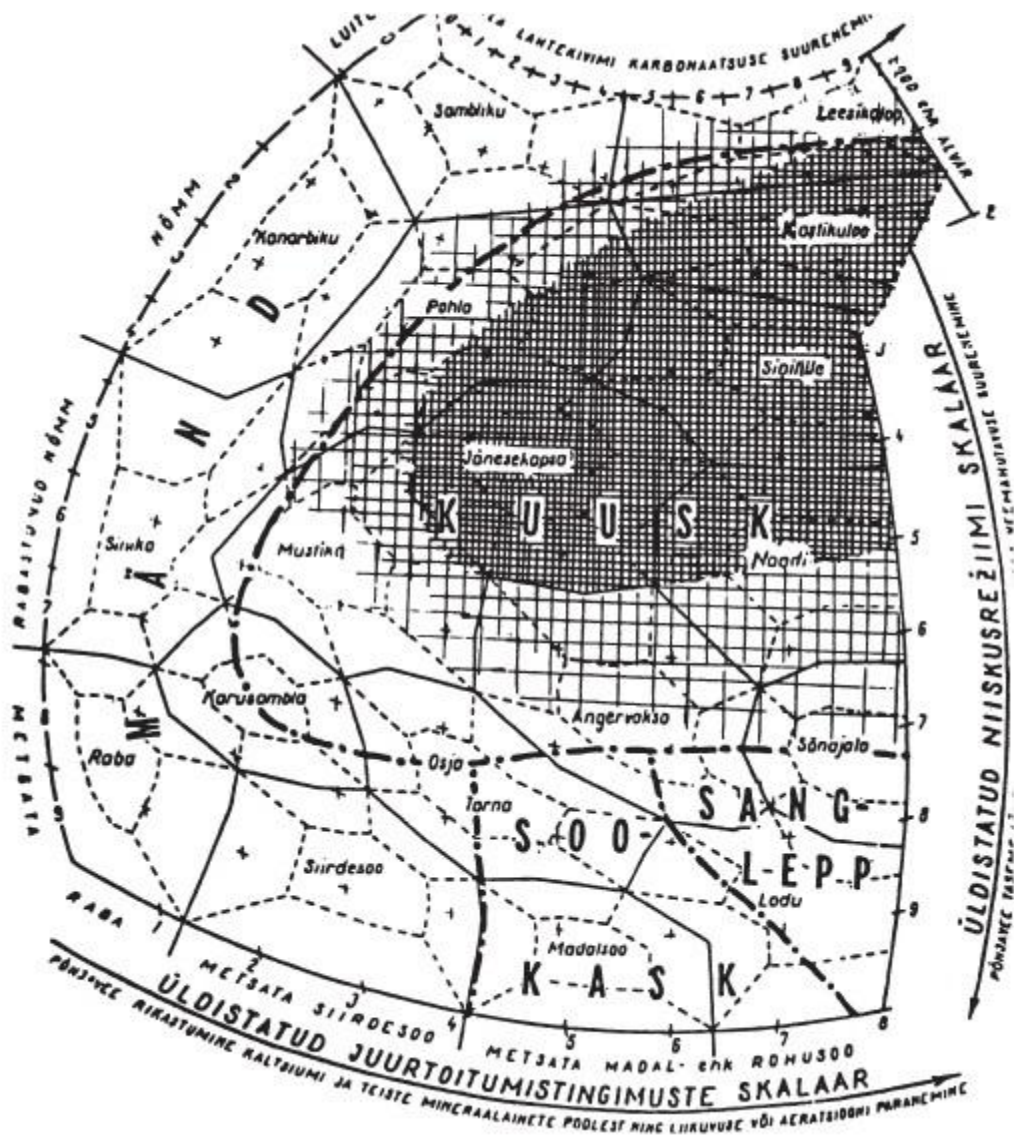
Juurepessu paljunemisorganiks on mitmeaastased viljakehad, mida võib leida kändudelt, metsas olevatelt raiejäätmetelt ning tormiheidetud puude juurtelt (Hanso, Õunap 2016). Juurepessust tingitud mädaniku tõttu väheneb puude juurdekasv ja halveneb puidu kvaliteet. Juurepessu esinemise tõttu hõreneb kuuse okastik kaugele arenenud haiguse korral, mis omakorda muudab metsa valgemaks. Juurepessust tingitud puude hävimise positiivne külg on see, et paranenud valgustingimuste tõttu muutuvad metsas ka niiskuse ja temperatuuri tingimused, mis muudavad sealse elukeskkonna sobilikuks paljudele erinevatele looma- ja taimeliikidele (Asiegbu *et al.* 2005). Siiski on majanduslik kahju märkimisväärne ning kogu Euroopas on hinnatud juurepessust tingitud kahjude summaks 800 miljonit eurot aastas (Piri, Hamberg 2015).

## 2. Juurepessu levik

Euroopas on enim levinud kolm juurepessu liiki – männi (*H. annosum*)-, kuuse (*H. parviporum*) – ja nulu-juurepess (*H. abietinum*), millest kuuse- ja männi-juurepess on levinud ka Eestis (Hanso, Hanso 1999b). Harilikul kuusel võib esineda mõlemat juurepessu liiki, kuid Eestis on kuusel domineerivam kuuse-juurepess (Korhonen *et al.* 1998). Männi-juurepessu on samuti kuuskedelt määratud, kuid selle leviku ulatus kuusikutes pole teada (Drenkhan 2014). Leedus on kuuskedel enim levinud männi-juurepess, mille põhjuseks võib olla laialdane liivmulla esinemine, mis on soodne männi kasvuks (Korhonen *et al.* 1998). Samuti on ka Soomest korduvalt kuuskedelt männi-juurepessu isoleerinud (Korhonen *et al.* 1992).

Juurepessu mütseeli levikuks on kõige soodsam temperatuuri vahemik 22-28 °C, kuid keskmine mullatemperatuur 5-20 cm sügavusel ei tõuse isegi suvekuudel nii kõrgele ning seetõttu on juurekontaktide kaudu seene levimine kergem ja tõhusam vaid hästi soojenevates, parajalt niisketes muldades (Hanso, Hanso 1999a). Kui juurepess on juba puistusse levinud, siis selle kahjustused mõjutavad puid mitmeid metsapõlvkondi (Hanso, Õunap 2016).

Männikutest (*Pinus sylvestris* L.) on juuremädanikule kõige vastuvõtlikumad pohla kasvukohatüübi männikud (24%) ning kuusikutest jänesekapsa-, sinilille- ning pohlakuusikud (kokku 31%) (Etverk 1974; Hanso, Hanso 1999a). Joonis 1 annab ülevaate kasvukohatüüpidest, mis on juurepessuohtrikud harilikule kuusele (viirutatud). Jooniselt selgub ka, et patogeen on enam levinud nendes kasvukohatüüpidest, mis on kuuse kasvamiseks kõige sobilikumad (Hanso, Hanso 1999a).



**Joonis 1.** Harilikule kuusele juurepessu levikuks ohtlikud alad (Hanso, Hanso 1999a)

Eesti metsades on juurepessust enim kahjustatud harilik kuusk. Kuusel areneb juuremädanik välja olenemata nakkuse asukohast ning seeläbi seletatakse ka kuusikute suuremat haigestumise osakaalu metsades (Hanso 1986).

### 2.2.1 Kuuse-juurepess (*H. parviporum*)

Kuuse-juurepess kahjustab peamiselt harilikku kuuske, kuid ka nulgu-, lehist- ja mäнди. Leitud on teda ka harilikult kanarbikult ja mustikalt (Hanso, Hanso 1999b). Kuuse-juurepess kahjustab puu juuri ja tekitab tsentraalsed mädanikke tüves (Hanso, Õunap 2016).

Algfaasis põhjustab kuuse-juurepess puidu värvimuutuse. Lagunemise alguses on värvimuutus helekollakas ning arenedes muutub pruunikaks. Mädaniku lõppfaasis võivad puu ja tema juured olla täiesti lagunened, samuti võivad puitu tekkida mädanikust põhjustatud tumedad laigud (Asiegbu *et al.* 2005). Jämedamates juurtes kahjustab kuuse-juurepess vaid tsentraalosa, kuidpeenjuurtes kõiki kudesid. Juurte kaudu liigub haigus tüve keskmisesse ossa ning võib tõusta isegi kuni 12m kõrguseni maapinnast (Hanso, Õunap 2016). Kui kuusk on nakatunud juurepessu, siis tavaliselt ei ole haiguse sümptomeid väga kaua aega üldse näha ning seda seetõttu, et kuusk suudab hävinud peenjuurte asemele kasvatada uusi peenjuuri, mäнд seda aga teha ei suuda ja tulemuseks on puude kuivamine (Drenkhan 2011). Kuna kuusel on juured väga pinnalähedased, hukuvad puud sageli tuuleheite tõttu (Hanso, Õunap 2016).

Kuuse-juurepessu nakatunud puud on väga vastuvõtlikud erinevatele üraseki liikidele, eriti kuuse-kooreüraskite (*Ips typographus*) kahjustustele. Kuuse-kooreüraski levikut on tihedalt seostatud just kuuse-juurepessu esinemisega, kuna haigestunud puud on nõrgad ja seetõttu vastuvõtlikud putukate rünnakutele, mis viib omakorda puu kiirema suremiseni (Asiegbu *et al.* 2005).

### 2.2.2 Mäंनी- juurepess (*H. annosum*)

Mäंनी-juurepess nakatab peamiselt harilikku mäندی, kuid ka teisi okaspuid (harilik kadakas (*Juniperus communis*) ja harilik kuusk) ning teda on leitud ka mitmetel lehtpuudelt, näiteks arukask (*Betula pendula*), harilik pihlakas (*Sorbus aucuparia*) ja harilikul kanarbikul (*Calluna vulgaris*) (Hanso, Hanso 1999b). Mäंनी-juurepess levib mäंनी juurtest maltspuidu välisosa kaudu kahjustades kambiumirakke. Mäंनी-juurepessu tekitatud mädanik ei tõuse tavaliselt kännu pinnast kõrgemale (s.o. 20-30 cm maapinnast) (Drenkhan 2011; Hanso, Õunap 2016).

Inglismaal tehtud uuring aga näitab, et 50-60 aastates puistutes on avastatud juurepessust haigestunud mände, kus tsentraalne mädanik on levinud 2,2 m kõrgusele (Greig 1995).

Männi kännu pinnalt on mädanikutekitajat keeruline tuvastada. Juurepessuga nakatunud puudel muutuvad okkad kahvatuoheliseks, võib esineda tüvel vaigujooksu, võra hõrenemist jms. Samuti pidurdub puu kasv. Mänd hakkab kuivama alles siis, kui juurepess on nakatanud üle 50% juurtest. Männi-juurepess nakatab just nooremaid männikuid, küpses eas oht väheneb (Hanso, Õunap 2016).

Bendz-Hellgren'i ja Stenlid'i (1998) andmetel kahjustab männi-juurepess rohkem maltspuitu kui lülipuitu. Nakatunud kändudes toimub seeneeoste arenemine ja nakkuse levimine puu juurte kaudu. Selle tõttu võivad ka järgnevad metsapõlvkonnad suure tõenäosusega nakatuda juurepessu (Piri, Korhonen 2007).

### 3. Metsamajandamisvõtete mõju juurepessu levikule

Raiete tulemusel tekkinud kännud haigestuvad soodsal temperatuuril (ööpäeva keskmine temperatuur +5 °C) eoste levimise teel ning seeläbi nakatavad juurekontaktide kaudu terveid puid (Asiegbu *et al.* 2005). Juuremädaniku leviku vähendamiseks on tähtis vältida kuuse- ja männikultuuride istutamist liiga tiheda seaduga, nakatunud alade raiumisel vahetada peapuuliiki, kuusikutes teha võimalikult vähesel määral harvendusraieid, et ei tekiks haigestumisele vastuvõtlikke kände. Vältida tuleks ka okaspuude puhul puhtpuistused (Hanso, Õunap 2016; Roll- Hansen, Roll-Hansen 1979).

Kui juurepessust nakatunud kasvukohta kultiveeritakse uuesti okaspuu (kuusk, mänd), siis suure tõenäosusega nakatub ka järgnev metsapõlvkond. Seetõttu soovitatakse peale okaspuu lageraiet kultiveerida lehtpuud (Piri, Korhonen 2007).

#### 3.1 Rotstop

Juurepessu leviku peatamiseks või ärahoidmiseks kasutatakse erinevaid metsamajanduslikke võtteid (talvised raied, segapuistute kultiveerimine, jne). Perioodil, kui seeneeoste kontsentratsioon õhus on suur, s.o eelkõige suviste raiete ajal, aga arvestades viimaste aastate talvesid, siis aastaringselt on vajalik okaspuukände töödelda biopreparaadiga Rotstop® (Drenkhan *et al.* 2008).

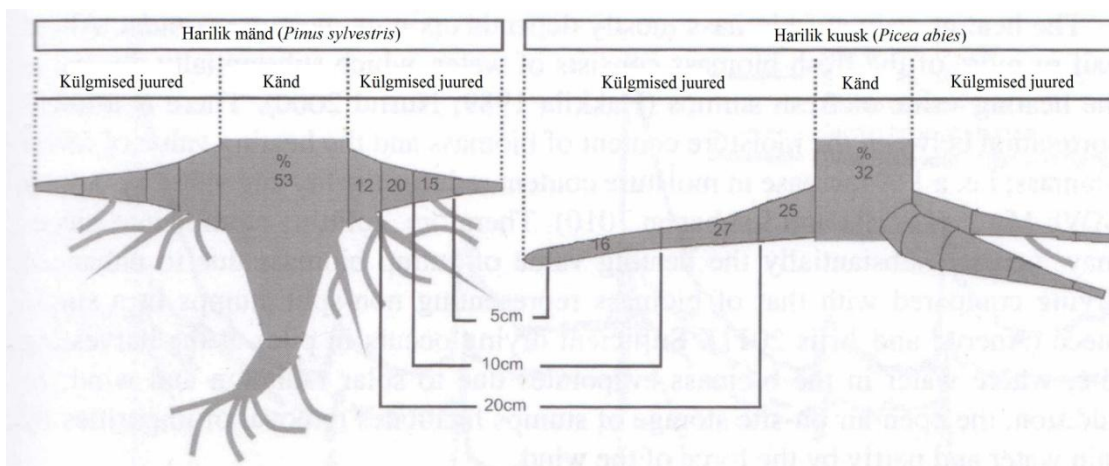
Rotstop on biopreparaat, mis sisaldab antagonistliku seene, hiidkooriku (*Phlebiopsis gigantea* Jülich) eoseid (Drenkhan 2011). Hiidkoorik on puidulagundaja ning seetõttu ei ohusta ta terveid puid, vaid kasutab oma elutegevuseks surnud puitmaterjali. Biotõrje mõju on loodusele ohutum kui keemiline tõrje, kuna biotõrjel kasutatavad preparaadid on keskkonnale ohutud ning lagundavad kände efektiivsemalt (Hanso, Drenkhan 2005; Drenkhan *et al.* 2008; Drenkhan 2011).

### 3.2 Kändude juurimine ja selle mõju juuremädaniku levikule

Kändude juurimisel saadavat puitmaterjali on taastuenergia saamiseks kasutatud Põhja- ja Baltimaades, kuid Eestis pole kändude kasutamine rakendust leidnud (Uri *et al.* 2015). Põhja-Ameerikas ja Euroopas on uuritud kändude eemaldamise tõhusust seenhaiguste vähendamisel, kuid meetodi tõhusus ei ole kinnitust leidnud (Cleary *et al.* 2012).

Enamjaolt eelistatakse juurimisel toitainerikkaid lageraie alasid, kust saadud raidmed on eemaldatud, et juurimise käigus oleks masinatel kergem liikuda (Hakkila 2004; Anerud 2012). Walmsley ja Godbold (2010) väidavad, et kasulikum oleks kände juurida koheselt peale raiet ning tekkinud jäätmeid kasutada väljaveoteedel, et raskemasinad pinnast ei kahjustaks.

Hariliku männi kändu kütteväärtus on kõrgem kui harilikul kuusel (Alam *et al.* 2013), kuid siiski eelistatakse juurida kuuse kände, sest pindmine juurestik muudab juurimise protsessi tunduvalt kergemaks (joonis 2) ning seetõttu on mulla elustiku häiringud väiksemad (Hakkila 2004; Athanassiadis *et al.* 2011).



**Joonis 2.** Hariliku männi ja kuuse juurestiku erinevused (Alam *et al.* 2013)

Kändude juurmise tulemusel viiakse tihti mullast välja toitained ning seeläbi võib juurimine mõjutada kasvukoha viljakust (Palviainen *et al.* 2010). Sellepärast peetakse ka oluliseks kände juurimise ajal raputada, et vähendada negatiivset mõju mullaviljakusele (Moffat *et al.* 2011; Anerud 2012). Peamine eesmärk kändude juurimisel on bioenergia saadavus, kuid oluliseks

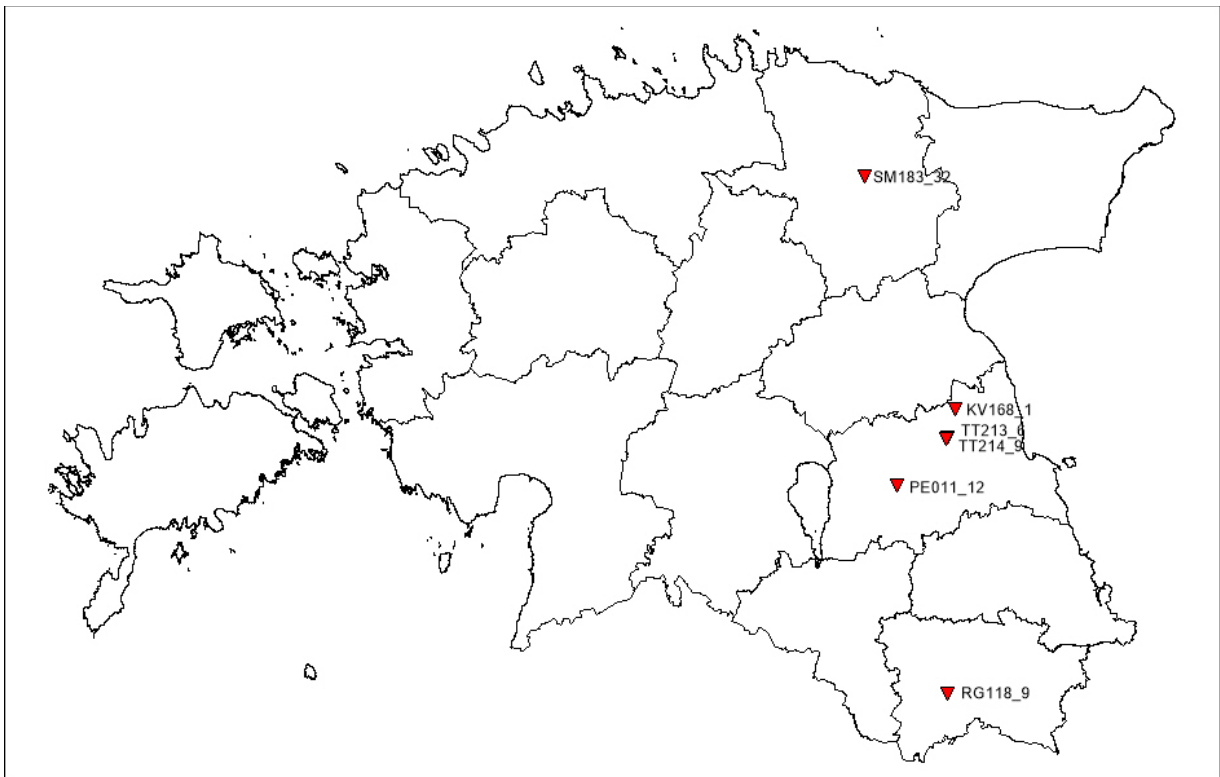
selle kõrval peetakse ka juurimise mõju juurepessu levikule (Uri *et al.* 2015).

Seenpatogeenide leviku erinevused juuritud ja juurimata aladel on minimaalsed, kuna juurimisel eemaldatakse mullast enamasti vaid jämedamad juured (diameeter üle 2cm). Peenemad juured jäävad mulda ja nendes elavad seened (patogeenid) edasi. Ka murdunud peenjuured võivad seenpatogeene endas kanda veel mitmeid aastaid peale kännu juurimist (Cleary *et al.* 2013). Seenpatogeenid võivad juurtes edasi elada vähemalt 7 aastat ja põhjustada haigestumist ka samal langil, lähedal asuvatel järgmise metsapõlvkonna puudel. Mädanikutekitajate edukaks eemaldamiseks ja edaspidiseks vältimiseks tuleks maapinnast eemaldada kõik haigestunud juured (ka kõige pisemad, läbimõõduga alla 1 mm), kuid see oleks väga kulukas, aeganõudev ja keeruline. Juuritud kännud tuleks langilt koristada hiljemalt aasta jooksul peale raiet, kui seda ei tehta, võivad seene eosed kändudest levida ja nakatada raiel tekkinud kände (Piri, Hamberg 2015).

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1 Katsealade valik

Bakalaureusetöö andmed on kogutud kuult kuusenoorendikult, kus puude vanus jäi vahemikku 5-8 aastat (joonis 3). Alad valiti hariliku kuusega uuendatud raiesmike hulgast jänesekapsa, sinilille ja jänesekapsa-mustika kasvukohatüüpidest Lääne-Virumaa, Võrumaa ja Tartumaa metskondadest.



**Joonis 3.** Proovialade paiknemine

Valitud aladest kolmel: Viru (kv.SM183 er. 32); Rõuge (kv.RG118 er. 9); Elva (kv.PE011 er.12) teostati kändude juurimised. Alad jagati neljaks sektoriks (lisa 1), millest kahes sektoris kändud juuriti ja kahes jäeti juurimata (kontrollalad). Nendel aladel toimus metsauuendus

2012. aastal 4 aastaste hariliku kuuse avamaataimedega. Eelneva metsapõlvkonna juurepessu nakkuse osakaal oli tugevaim Viru katsealal (89%) ning nõrgem Elva (23%) ja Rõuge (16%) aladel (Uri *et al.* 2015).

Kolmel alal Tartumaa metskonnas (KV168-1, TT214-9 ja TT213-6) kändude juurimist ei teostatud. Metsauuendamine/istutus toimus 2012. aasta kevadel väljaarvatud alal TT213-6, kus istutati taimed 2009 aasta kevadel. Lageraiealad uuendati 2 aastaste kuuse taimedega.

Kõik proovialad paiknevad majandusmetsades.

Proovide analüüsimisel pöörati lisaks kändude juurimisele tähelepanud ka puistu koosseisule ja kasvukohatüübile (tabel 1).

**Tabel 1.** Proovialade üldiseloostus

<b>Katsealad</b>	<b>Metskond</b>	<b>Istutus aasta</b>	<b>Metsa kasvukohatüüp</b>	<b>Puude vanus 2016. aastal</b>	<b>Juuritud/Juurimata alad</b>
Rõuge, RG118-9	Võrumaa	2012	JK-MS	7	Juuritud/ juurimata
Elva, PE011-12	Tartumaa	2012	JK	7	Juuritud/ juurimata
Viru, SM183-32	Lääne-Virumaa	2012	SL	7	Juuritud/ juurimata
Tartu I, KV168-1	Tartumaa	2012	JK	5	Juurimata
Tartu II, TT214-9	Tartumaa	2012	JK	5	Juurimata
Tartu III, TT213-6	Tartumaa	2009	SL	8	Juurimata

## **2.2 Välitööd**

Välitöid teostati 2015. ning 2016. aastal. Igalt alalt koguti juhuslikul valikul 18-20 hariliku kuuse juurt. Kuuelts katsealalt koguti kokku 236 juureproovi 118 puult. Puud valiti välja juhuslikult kaevates või tõmmates need maa seest välja, eemaldati puutüvi ning puude juured toodi Eesti Maaülikooli metsapatoloogia laborisse. Analüüsiti eraldi peen- (läbimõõduga kuni 1mm) ja jämejuuri (läbimõõduga 1 mm ja enam) juurepessu nakkuse tuvastamiseks.

Eelmise metsapõlvkonna tervislikku seisundit hinnati raiel tekkinud kändude nähtava mädaniku põhjal.

### **2.2.1 Juurimata alad**

Tartumaa metskonna aladelt koguti proovid 2016. aasta sügisel kolmelt proovitükilt (KV168-1, TT214-9, TT213-6). KV168-1 ja TT214-9 paiknevad jänsekapsa ning TT213-6 sinilille kasvukohatüübis. Igalt alalt koguti 18-20 puu juured.

### **2.2.2 Juuritud alad**

Juuritud alad paiknevad Tartumaa (Elva, PE011-12), Võrumaa (Rõuge, RG118-9) ja Lääne-Virumaa (Viru, SM183-32) metskondades. Kõigil kolmel alal esinevad juuritud ja kontrollalad (juurimata) kahes korduses (lisa 1). Juuritavatel proovitükkidel mõõdeti kõik kändud ning juuritavad kändud märgistati numbrita (joonis 4). Seejärel eemaldati valitud kändud roomikekskavaatori New Holland Kobeloc E235B abil, kasutades spetsiaalset juurimisseadet Paller KH-160. Kändude juurimine toimus 2011. aasta oktoobris (Uri *et al.* 2015).



**Joonis 4.** Märgistatud hariliku kuuse kändud enne juurimist (Foto: Tiia Drenkhan)

Elva (PE011-12) ja Rõuge (RG118-9) proovialadelt koguti juureproovid 2015. aasta novembris neljalt proovitükilt– juuritud ja kontrollaladelt (juurimata).

Viru proovialalt (SM183-32) koguti juureproovid 2016. aasta novembris juuritud ja kontrollaladelt.

Kõikidelt proovialadelt (Rõuge, Elva, Viru) koguti iga ala kohta 20 puu juured. Rõuge ja Elva aladelt koguti 10 puu juured juuritud sektoritest ning 10 puujuured kontrollaladelt. Viru katsealal koguti 11 puu juured juuritud sektoritest ning 9 puu juured kontrollaladelt.

## **2.4 Laboratoorsed tööd**

Laboritöid teostati töö autori poolt Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituudi metsapatoloogia laboris. Hariliku kuuse juured puhastati esmalt jooksva vee all ning seejärel lõigati steriilsete kääridega igalt puult jämedamaid (läbimõõduga 1mm ja enam) ja peenemaid (läbimõõduga kuni 1mm) juuri, mis pandi eraldi 2,0 microcentrifuge tuubidesse (MCT). Igalt puu juurelt võetud proovid (jäme- ja peenjuured eraldi) pandi tuubidesse kahes korduses.

Proovid (järe- ja peenjuured) võeti juhusliku valiku teel alates juuretípust liikudes puu juurekaela suunas. Ühelt taimelt võeti juuri vähemalt kolmest juhuslikust erinevast juurestiku asukohast, need tükeldati DNA eraldamise paremaks õnnestumiseks.

#### **2.4.1 Molekulaarne juurepessu liikide määramine**

##### DNA eraldamine

Hariliku kuuse juurte purustamiseks lisati MCT tuubi ca viis 3 mm läbimõõduga steriilset metallkuuli ning seejärel purustati homogenisaatoriga (Retsch GmbH, Haan, Germany). Juurtest DNA eraldamiseks kasutati DNA Thermo Scientific GeneJET Genomic DNA Purification Kit (Lithuania), järgides tootja poolt ette antud protokollit. Edasiste analüüside tegemiseks säilitati kõik proovid sügavkülmas -20°C juures.

##### PCR segu valmistamine

PCR segu sisaldas ühe proovi kohta: 4 µl PCR segu 5x HOT FIREPol Blend Master Mix'I (7,5 mM MgCl<sub>2</sub>) (Solis BioDyne Tartu), 0,5 µl kõrgemate seenerühmade praimerit ITS1-F 5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3') (Gardes, Bruns 1993), 0,5 µl seente universaalpraimerit ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (White *et al.* 1990), et kindlaks teha seente olemasolu puiduproovis, 1 µl analüüsitavat DNA-d ning 14 µl destilleeritud vett. Analüüside kontrollimiseks tehti negatiivne kontroll, kuhu lisati DNA asemel destilleeritud vett.

Ahelreaktsioon seene- universaalpraimeritega viidi läbi termotsükleriga Tprofessional Thermocycler (Biometra GmbH, Göttingen, Saksamaa) järgnevatel tingimustel: eelkuumutamine +95 °C juures 13 minutit, millele järgnes 35 tsükline 15 sekundi jooksul denaturatsioon +95 °C juures, praimerite seondumine 40 sekundi jooksul +55 °C juures ning DNA ahela süntees ühe minuti jooksul +72 °C juures. Lõppekstensioon toimus 7 minutit +72 °C juures.

Juurepessu otsinguks kuuse juurtest kasutati kuuse-juurepessu KJ-F (5'-CCATTAACGGAACCGACGTG-3'), KJ-R (5' -GTGCGGCTCATTCTACGCTATC-3')

(Hantula, Vainio 2003) ning männi-juurepessu liigispetsiifilisi praimereid HetAn-F (5'-TCGGTTCGGGTTCTTTTGAC-3'), HetAn-R (5'- CACAATCGTGGCGTACCA-3') (Riit 2014), kus tuli mõlema liigi tuvastamiseks teha kaks PCR analüüsi proovi kohta. 20 µl PCR-i segu valmistamiseks kasutati 4µl 5x HOT FIREPol Blend Master Mix'i (OÜ Solis Biodyne, Tartu), 0,5x2µl liigile vastavaid praimereid, 1µl DNAd ning 14µl destilleeritud vett.

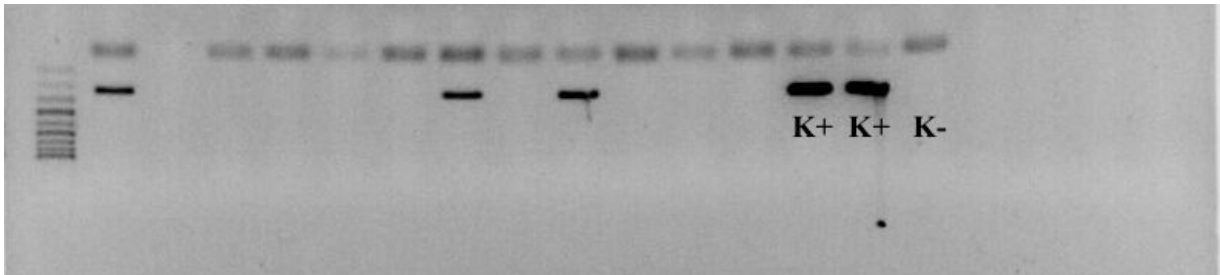
Kuuse-juurepessu liigispetsiifiliste praimerite puhul toimus PCR ahelreaktsiooni kordistamine eelnevalt mainitud termotsükleriga järgnevatel tingimustel: eelkuumutamine +95 °C juures 10 minutit, millele järgnes 40 tsükline 30. Sekundiline DNA denaturatsioon +95 °C juures, praimerite seondumine kestis 35 sekundit +66 °C juures ning DNA ahela süntees +72 °C juures ühe minuti. Lõppekstentsioon toimus 7 minutit +72 °C juures. Pärast protsessi masin seiskus ja jahtus kuni +16 °C-ni. Männi-juurepessu puhul toimus aga kordistamine järgnevalt: eelkuumutamine 15 minutit +95 °C juures, DNA denaturatsioon 30 sekundit +95 °C juures, praimerite seondumine +64 °C 30 sekundit ning DNA ahelsüntees ühe minuti +72 °C juures. Lõppekstentsioon toimus +72 °C juures 10 minutit, millele järgnes masina jahtumine +16 °C-ni.

Igal analüüsimisel tehti negatiivne ja positiivne kontroll. Positiivsesse kontrolli lisati eelnevalt kontrollitud juurepessu DNA. Negatiivne kontroll sisaldas DNA asemel destilleeritud vett, mis ei tohi anda mingit tulemust geelelektroforeesil.

## Geelelektroforees

Vastavalt ettenähtud protokollile valmistati 1%-ne agarosgeel. Seejärel laeti vastavalt agarosgeeli suurusele ettenähtud kogus DNA Ladder-it (Naxo OÜ) ning lisati juurde PCR produktid. Peale seda protsessi algas PCR produktide ja DNA Ladderi elektroforees agarosgeelis, mis kestis 55 minutit 75 V pingel all.

DNA lõigu olemasolu ja selle lõigu pikkus geelil tehti selgeks UV- kiirgusega vastavas transilluminaatoris Quantum ST4-3026/WL/25M. Geelist saadud pilti töödeldi Quantum ST4 Express v16.04 programmiga (Viber Lourmat SAS, Prantsusmaa), mille abil visualiseeritud bände abil tehti kindlaks juurepessu liigiolemasolu (joonis 5).



**Joonis 5.** Geelipilt liigispetsiifilise PCR analüüsi tulemustest kuuse-juurepessu praimeritega KJ-F ja KJ-R. Bandide (selgelt nähtavad tumedad jooned) esinemine näitab kuuse-juurepessu avaldumist juure proovides. Positiivsed kontrollid (K+) on bandidega ja negatiivne kontroll (K-) on tühi.

### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

Töö käigus koguti juureproovid hariliku kuusega uuendatud katsealadelt, kus puude vanus jäi vahemikku 5-8 aastat.

Liigispetsiifiliste praimerite abil määrati puude juurepessu haigestumise osakaal (%) eraldi jäme- ja peenjuurtes. Tulemustest selgus, et puudub erinevus juuritud ja juurimata aladelt kogutud puudel juurepessu nakatumise vahe. Tabel 2 annab ülevaate juurepessu nakatunud puude osakaalust alade kaupa.

**Tabel 2.** Juurepessuga nakatunud puude osakaal alade kaupa

<b>Katsealad</b>		<b>Katsealalt toodud proovide arv</b>	<b>Juurepessuga nakatunud puid (tk) kokku</b>	<b>Nakatunud puid %</b>
<b>Rõuge (RG118-9)</b>	kontroll	10	2	20
	juuritud	10	2	20
<b>Elva (PE011-12)</b>	kontroll	10	3	30
	juuritud	10	4	40
<b>Viru (SM183-32)</b>	kontroll	9	2	22,2
	juuritud	11	7	63,6
<b>Tartu I (KV168-1)</b>	juurimata	18	5	27,8
<b>Tartu II (TT214-9)</b>	juurimata	20	4	20
<b>Tartu III (TT213-6)</b>	juurimata	20	8	40

Tabel 3 annab ülevaate nakatumise osakaalust vastavalt juurte (peenjuur/juur) läbimõõdule ning juurepessu liikide esinemisest alade kaupa. Kui juurefragmentidel esinesid erinevad juurepessu liigid, siis toodi need tabelis eraldi välja. Kui mõlemal juuretüübil leiti sama juurepessu liik, siis on tabelis nimetatud üks liik.

**Tabel 3.** Juurepessu liikide esinemine harilikul kuusel erinevate juurefragmentide korral, kus peenjuur on kuni 1mm ja juur enam kui 1mm.

Katsealad	Nakatunud puid tk		Nakatunud puid %	Juurepessu liik
	peenjuur	juur		
Rõuge (RG118-9)	peenjuur	1	10	<i>H. parviporum</i>
	juur	1	10	<i>H. parviporum</i>
	peenjuur	1	10	<i>H. parviporum</i>
	juur	1	10	<i>H. parviporum</i>
Elva (PE011-12)	peenjuur	2	20	<i>H. annosum</i>
	juur	1	10	<i>H. parviporum</i>
	peenjuur	2	20	<i>H. parviporum</i>
	juur	2	20	<i>H. parviporum</i>
Viru (SM183-32)	juur	1	11,1	<i>H. annosum</i>
	peenjuur	1	11,1	<i>H. annosum</i>
	peenjuur	2	18,2	<i>H. annosum</i>
	peenjuur	1	9,1	<i>H. parviporum</i>
	juur	3	27,3	<i>H. parviporum</i>
Tartu I (KV168-1)	juur	2	18,2	<i>H. annosum</i>
	peenjuur	4	22,2	<i>H. parviporum</i>
Tartu II (TT214-9)	juur	2	11,1	<i>H. parviporum</i>
	peenjuur	1	5	<i>H. annosum</i>
	peenjuur	1	5	<i>H. parviporum</i>
Tartu III (TT213-6)	juur	2	10	<i>H. parviporum</i>
	peenjuur	2	10,0	<i>H. parviporum</i>
	juur	6	30,0	<i>H. parviporum</i>
	juur	1	5,0	<i>H. annosum</i>

Kõikidelt aladelt leiti kuuse juurtelt kuuse-juurepessu olemasolu ning neljalt alalt (Viru, SM183; Elva, PE011; Tartu, TT214; Tartu III, TT213 ka männi-juurepessu esinemine. Varasemalt tehtud juuremädanike uuringud näitavad, et harilikul kuusel on levinud ka männi-juurepess (Drenkhan 2014). Olulist erinevust ei olnud peenjuurte (läbimõõduga kuni 1mm) ja juurte (läbimõõduga alates 1mm) nakatumisel juurepessu.

Kõige suurema juurepessu kahjustusega olid sinilille kasvukohatüübi alad Viru ja Tartu III, sellele järgnevad jänsekapsa (Elva, Tartu I, Tartu II) ja jänsekapsa-mustika (Rõuge)

kasvukohatüüpides olevad proovialad. Protsentuaalselt on juurepessu kahjustuse osakaal välja toodud tabelis 2.

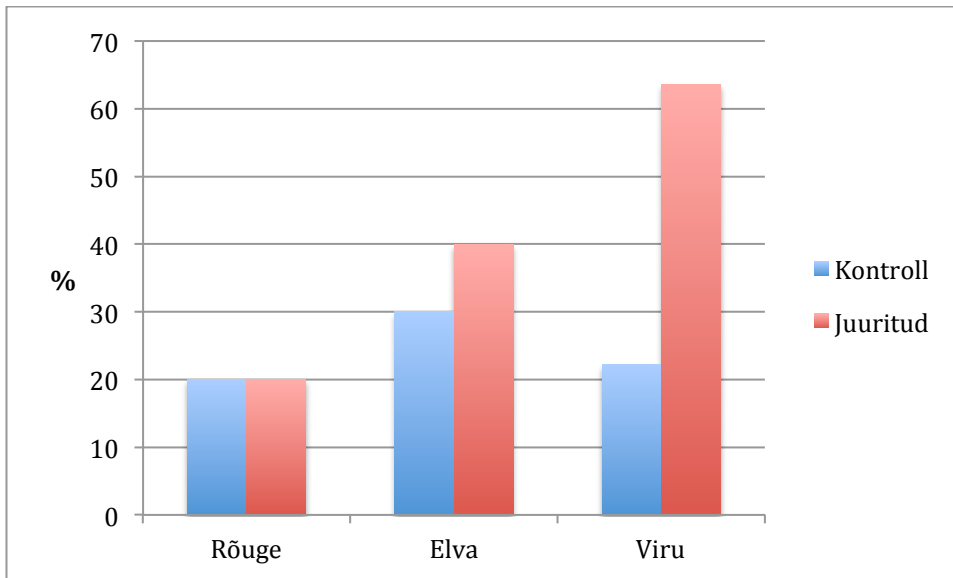
Tartu III katseala kõrge juurepessu esinemise osakaal (40%) on mõjutatud varasemast istutusaastast, milleks oli 2009. Teistel Tartu aladel (Tartu I ja Tartu II) toimus aga metsauuendus 2012. aastal ning nendel aladel tuvastati ka juurepessu esinemist vähemal määral – Tartu I (28%) ja Tartu II (20%).

Eelneva metsapõlvkonna nakkus on avaldanud mõju Viru, Rõuge ja Elva aladele. Tugevaim nakkus tuvastati Viru katsealal, milleks oli 89%, sellele järgnesid Elva (26%) ning Rõuge (16%) alad (Uri *et al.* 2015). Seega olulisemat mõju metsauuenduse nakatumisel juurepessu kinnitab eelneva metsapõlvkonna nakkuse tase.

### **3.1 Juurepessu levik Viru, Rõuge ja Elva katsealadel**

Juuritud alade proovide analüüsimisel (Viru, Rõuge ja Elva) selgus, et juurimine ei vähenda juurepessu levikut. Cleary *et al.* 2013 andmetel jäävad peale kändude eemaldamist pinnasesse puude peenjuured, mis on võimelised seenpatogeeni edasi kandma, nakatades seeläbi terveid puid, sealhulgas ka metsauuendusel istutatud puu seemikuid. Kasulik on raieid teostada talvisel perioodil, sest miinuskraadide juures on juurepessuga nakatumise oht minimaalne (Hanso, Hanso 1999a). Raietel tekkivad kändud nakatuvad esmalt seeneeostega (Piri, Korhonen 2008). Käesoleva töö autorile ei ole teada katsealadel teostatud hooldusraiate ja lageraie aeg, et hinnata temperatuuri mõju kändude nakatumisele juurepessuga ning kuidas see on omakorda mõju avaldanud kasvavate kuuse taimede tervislikule seisundile. Teada on see, et kõikidel aladel esines juurepessu nakkust enne metsauuendust. Tugevaim oli see Viru katsealal (89%) (Uri *et al.* 2015).

Rõuge, Elva ja Viru aladel esinesid juuritud alade kõrval ka kontrollalad (juurimata), et võrrelda samade tingimuste korral patogeeni levikut ja hinnata juurimise mõju metsauuenduse tervislikule seisundile (joonis 6).



**Joonis 6.** Juurepessu haigestumise osakaal juuritud aladel

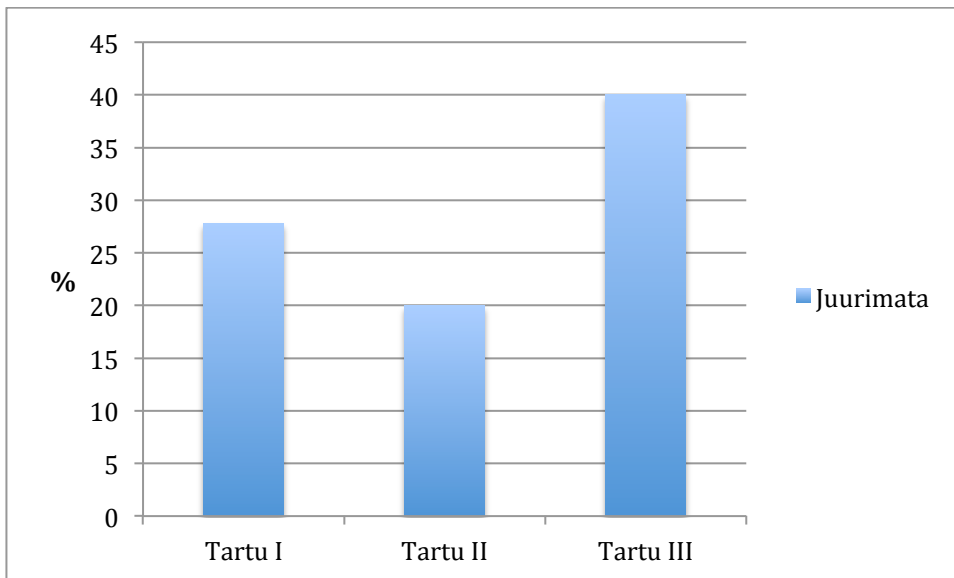
Metsauuenduse juurepessu osakaal oli kõrgeim (64%) Viru juuritud alal, kus 11-st harilikust kuusest olid juurepessuga nakatunud 7 puud. Elva ja Rõuge proovitükkidel ei esinenud juuritud ja kontrollaladel suuri erinevusi. Rõuge proovitüki juuritud ja kontrollalal oli juurepessu nakatumise osakaal võrdne (20%). Elva katsealal oli juuritud alal juurepessu esinemise osakaal 40% ning kontrollalal 30%. Kolme ala peale, kus esines igal alal kahes korduses nii juuritud kui juurimata alasid oli 60-st noorest puust haigestunud juurepessu 20 puud, moodustades 33,3% kõikide puude osakaalust.

Viru ja Elva katsealadelt määrati kuuse- ja männi-juurepessu esinemine, Rõuge alalt vaid kuuse-juurepessu esinemine. Männi-juurepessu tüvi on agressiivsem ning kuusikud võivad enam seetõttu juurepessu all kannatada, kuid antud küsimus vajab veel analüüsi (Drenkhan 2014). Antud töö tulemused näitavad, et juurimisel puudub mõju juurepessu pärsivale levikule. Täpsemate järelduste tegemiseks oleks tarvis analüüsida rohkem alasid.

### 3.2 Juuremädaniku levik Tartumaa katsealadel

Analüüsiti kolmelt (KV168-1, TT214-9 ja TT213-6) Tartumaa Vara metskonnast pärinevalt alalt kogutud hariliku kuuse juureproove (joonis 7). Koguti 58 juureproovi, kus juuremädaniku

esinemist tuvastati 17-l puul, mis moodustab 29% kogutud proovide koguhulgast.



**Joonis 7.** Juurepessu esinemine juurimata aladel

Kõrgeim juurepessu osakaal (40%) oli katsealal Tartu III, kus kogutud 20-st puust olid juurepessu nakkusega 8 puud. Proovialalt määrati nii kuuse- kui ka männi-juurepessu esinemine. Samuti leiti mõlemat juurepessu liiki katsealalt Tartu II, kus 20-st kuusest oli juurepessuga nakatunud 4 puud, moodustades 20% uuritud puude osakaalust. Katsealalt Tartu I koguti 18 juureproovi, mille analüüsimisel määrati kuuse-juurepessu esinemine 28% puudest. Kuigi antud proovialal esines kaaspuuliigina mändi ei määratud kogutud proovidest männi-juurepessu. Kõigil kolmel alal oli valdavalt juuremädaniku liigiks kuuse-juurepess.

Katsealadel vaadeldi ka eelmise metsapõlvkonna kände, et seeläbi hinnata mädaniku olemasolu ja ulatust. Hinnati 12 kändu ala kohta ning mõõdeti diameeter ja kirjeldati mädaniku esinemise tüüp (tsentraalne/perifeerne). Tartu I proovialalt hinnati kändudes tsentraalse mädaniku esinemine, mis moodustas uuritud puude arvust 17%. Tartu II alalt uuritud kändudest esines mädanikku kaheksal kändul (67%) (seitse kändu oli tsentraalse ja üks perifeerse mädanikuga). Vaatamata sellele, et Tartu II alal esines mädanikku 50% enam kui Tartu I alal, oli mõlemal alal kuuskede nakatumise protsent suhteliselt sarnane (20% versus 28%). Seega ei olnud otsest seost eelmise metsapõlve kändude mädaniku hulga ning noorte kuuskede tervisliku seisundi vahel. Küll aga viitab tsentraalse mädaniku esinemine kändudes juurepessu nakkusele eelmises metsapõlvkonnas, mis põhjendab ka noorte puude nakatumist.

Täpsemaks analüüsiks oleks tarvis hinnata rohkem alasid.

Tartu III alalt polnud võimalik eelmise metsapõlve kändudelt mädaniku olemasolu hinnata ega kändude diameetreid mõõta, sest kännud olid lagunened.

Tartumaa katsealad (Tartu I, KV168-1; Tartu II, TT214-9, Tartu III, TT213-6) asuvad sinilille ja jänesekapsa kasvukohatüüpides, mis on kuusikutele sobilikuks kasvukohaks, kuid ka ideaalseks keskkonnaks juurepessu levikule. Juurepessu levikuks on nendes kasvukohatüüpides kõrge aeratsiooniga viljakad rähk- ja jääkkarbonaatsed mullad (Hanso ja Hanso 1999a).

Suurt rolli juurepessu esinemise rohkusel mängib istutusaasta erinevus katsealadel. Tartu III alal tehti metsauuendus 2009. aastal, mis on võrreldes teiste alade (Tartu I ja Tartu II) uuendusega 3 aastat varem.

Autor arvab, et on oluline viia läbi uurimusi seoses noorte kuuskede tervisliku seisundiga lõppraielankidel, kus tuleks arvestada eelneva metsa koosseisuga ning uuendatavate taimede (avamaataimede) kasvukohaga, et seeläbi hinnata juurepessu olemasolu ning levimist.

## KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli välja selgitada hariliku kuuse nakatumine juurepessu (*Heterobasidion* spp.) juuritud ja juurimata aladel viljakates kasvukohatüüpides. Juurepessu olemasolu ja levik puistus halvendavad puidu kvaliteeti ja vähendavad puude eluiga, seetõttu on oluline hinnata kuivõrd vastuvõtlikud on viljakatesse kasvukohatüüpidesse istutatud kuuse taimed juurepessu suhtes.

Proove koguti kuult proovialalt Tartumaa, Võrumaa ja Lääne-Virumaa metskondadest. Kahe ala proovid koguti 2015. aastal ning ülejäänud aladelt 2016. aastal. Kolmel alal (Rõuge, Elva, Viru) teostati kändude juurimine ja jäeti kontrollalad (juurimata). Kolmel alal (Tartu I, Tartu II, Tartu III) kändude juurimist ei teostatud.

Kõikidelt aladelt koguti kokku 236 juureproovi 118-lt noorelt kuuselt. Igalt puult analüüsiti eraldi peen- ja jämejuuri. Liigispetsiifiliste DNA põhiste analüüside abil määrati kuult alalt kuuse-juurepessu (*H. parviporum*) esinemine. Lisaks kuuse-juurepessule tuvastati männi-juurepessu (*H. annosum*) esinemine neljalt kuuse alalt (Elva, Viru, Tartu II, Tartu III).

Juurepessu nakkuse esinemist tuvastati kõikidel aladel, kuid märkimisväärseks võib pidada tulemust, et juuritud aladel on mädanikutekitaja osakaal suurem. Juurepessu levikut võis mõjutada ka juuritud aladel mulda jäänud juurestik ning eemaldamisel tekkinud juurte tükid. Juurimise mõju täpsemaks hindamiseks juurepessu levikule oleks vajalik enam analüüsi.

Kõige ulatuslikumalt olid kuuse juured juurepessust kahjustatud Viru katsealal (sinilille kasvukohatüüp), kus mädanikku esines ca 64% juuritud sektoritest kogutud taimede juurtest. Juurimata aladest oli juurepessu poolt rohkem kahjustatud katseala Tartu III (TT213-6), mis asus samuti sinilille kasvukohatüübis (juurepessust nakatunud 40% kuuskede juurtest). Kahel teisel juuritud alal (Rõuge ja Elva) ei esinenud juuritud ja kontrollalade vahel olulisi erinevusi juurepessu nakatumise osas. Juurepessu nakatumise osakaal analüüsitud puudel oli vastavalt 20% Rõuge proovialal ning Elva prooviala proovitükkidel – juuritud alal 40% ja kontrollalal 30%. Kuue ala võrdluses ei olnud olulist erinevust peenjuurte (läbimõõduga kuni 1mm) ja jämedamate juurte (läbimõõduga alates 1mm) nakatumisel juurepessu – mõlematest juurefragmentidest määrati nii kuuse-juurepessu, kui ka männi-juurepessu esinemine.

Saadud tulemuste põhjal ei vähendanud kändude juurimine juurepessu levikut noortele kuuskedele. Analüüsitud alade põhjal saab väita, et viljakate kasvukohatüüpide hariliku kuuse juured nakatuvad juurepessuga juba vanuses 5-8 aastat ja enam, siis kui eelnev metsapõlv on tugeva juurepessu nakkusega. Istutatud kuuskede analüüsitud juureproovidest oli juurepessu osakaal kõikidelt aladelt (juuritud ja juurimata) 20% ja enam.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Aastaraamat Mets 2011.** (2013). Tartu: Keskkonnateabe keskus. 230 lk.
- Aastaraamat Mets 2014.** (2016). Tartu: Keskkonnaagentuur. 242 lk.
- Alam, A., Kellomäki, S., Kilpeläinen, A.** (2013). Stump harvesting, bioenergy feedstock and sequestration of carbon in soil. – Forest bioenergy production. In: Kellomäki, S., Kilpeläinen, A., Alam, A. (Eds.). London: Springer, pp. 159-169.
- Anerud, E.** (2012). Stumps as fuel – the influence of handling method on fuel quality: Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. 60 p.
- Asiegbu, F. O., Adomas, A., Stenlid, J.** (2005). Conifer butt and root rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. *S.l.* – Molecular plant pathology, 6 (4), pp. 395-409.
- Athanassiadis, D., Lindroos, O., Nordfjell, T.** (2011). Pine and spruce stump harvesting productivity and costs using a Pallari KH 160 stump-lifting tool. – Scandinavian Journal of Forest Research, 26 (5), pp. 437-445. [<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827581.2011.573502>] (accessed 25.02.2017)
- Bendz-Hellgren, M., Stenlid, J.** (1998). Effects of clear-cutting, thinning, and wood moisture content on the susceptibility of Norway spruce stumps to *Heterobasidion annosum*. – Department of Forest Mycology and Pathology. Canadian Journal of Forest Research, 28, pp. 759-765.
- Butin, H.** (1995). Tree diseases and disorders. Causes, Biology and Control in Forest and Amenity Trees. – In: Oxford, New York, Tokyo, Lonsdale, D. (Ed). Oxford University Press, p. 252.
- Cleary, M.R., Arhipova, N., Morrison, D.J., Thomsen, I.M., Sturrock, R.N., Vasaitis, R., Gaitnieks, T., Stenlid, J.** (2012). Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. – Forest Ecology and Management 290, pp. 5-14.
- Drenkhan, T.** (2011). Bioregulaator Rotstop juurepessu vastu. – Eesti Mets, 2. [[http://www.loodusajakiri.ee/eesti\\_mets/artikkel1163\\_1144.html](http://www.loodusajakiri.ee/eesti_mets/artikkel1163_1144.html)] (10.03.17).
- Drenkhan, T.** (2014). Olulisimate juuremädanike tekitajate leviku ja kahjustuse uuring Eestis. KIK metsanduse programmi 2012. a projekt nr. 3698. Lk.-d
- Drenkhan, T., Hanso, S., Hanso, M.** (2008). Effect of the stump treatment with *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* root rot in Estonia. – Baltic Forestry, 14 (1), pp. 16-25.

- Etverk, I.** (1974). Kuusk ja kuusikud. – Eesti metsad. Rmt. Valk, U., Eilart, J. Tallinn, Valgus, lk 110–123.
- Gardes, M., Bruns, T. D.** (1993). ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. – *Molecular Ecology*, 2, (2), pp. 113–118.
- Greig, B. J. W.** (1995). Butt-rot of Scots pine in Thetford Forest caused by *Heterobasidion annosum*: a local phenomenon. – *European Journal of Forest Pathology*, 25, pp. 95–99.
- Hakkila, P.** (2004). Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999-2003. In Technology Programme Report, 6/2004. Helsinki: TEKES. 99 lk. [[https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/wood\\_energy\\_final.pdf](https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/wood_energy_final.pdf)] (03.03.2017)
- Hanso, M., Drenkhan, T.** (2005). Seenega seene vastu. – Eesti Loodus, 1. [<http://www.eestiloodus.ee/index.php?artikkel=965>] (25.03.2017)
- Hanso, M., Õunap, H.** (2016). Olulisemad metsakahjustused ja nende vältimine. Tartu: SA Erametsakeskus, 44 lk.
- Hanso, S.** (1986). Juurepessu tekitaja *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Ökoloogiast. – Metsanduslikud uurimused XXI. Metsakaitse. Tallinn: Valgus, lk 137-152.
- Hanso, S., Hanso, M.** (1999a). Juurepessu levimisest Eesti metsades. – Metsanduslikud uurimused XXXI, lk 162-172.
- Hanso, S., Hanso, M.** (1999b). Andmeid juuremädanike tekitajate kohta Eesti metsadest. – Metsanduslikud uurimused XXXI, lk 141-161.
- Hantula, J., Vainio, E.** (2003). Specific primers for the differentiation of *Heterobasidion annosum* (s.str.) and *H. parviporum* infected stumps in Northern Europe. – *Silva Fennica*, 37 (2), pp. 181-187.
- Korhonen, K.** (1978). Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. – *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 94 (6), pp.1–25.
- Korhonen, K., Bobko, I., Hanso, S., Piri, T., Vasiliauskas, A.** (1992). Intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in some spruce and pine stands in Byelorussia, Lithuania and Estonia. – *European Journal of Forest Pathology*, 22, pp. 348–391.
- Korhonen, K., Capretti, P., Karjalainen, R., Stenlid, J.** (1998). Distribution of *Heterobasidion annosum* Intersterility Groups in Europe. – In: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. /Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.). Wallingford: CAB International, pp. 93-104.
- Metsa majandamise eeskiri.** (2006). – eRT. [<https://www.riigiteataja.ee/akt/13299966>] (30.03.17)
- Moffat, A., Nisbet, T., Nicoll, B.** (2011). Environmental effects of stump and root harvesting. *Forest*

Research, Farnham. [[http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN009.pdf/\\$file/FCRN009.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN009.pdf/$file/FCRN009.pdf)]  
(24.13.2017)

- Piri, T., Hamberg, L.** (2015). Persistence and infectivity of *Heterobasidion parviporum* in Norway spruce root residuals following stump harvesting. – *Forest Ecology and Management* 353, pp. 49–58.
- Piri, T., Korhonen, K.** (2007). Spatial distribution and persistence of *Heterobasidion parviporum* genets on a Norway spruce site. – *European Journal of Forest Pathology*, 37 (1), pp. 1-8.
- Piri, T., Korhonen, K.** (2008). The effect of winter thinning on the spread of *Heterobasidion parviporum* in Norway spruce stands. – *Canadian Journal of Forest Research*, 38, pp. 2589-2595.
- Riit, T.** (2014). PCR praimerid taimede seenpatogeenide tuvastamiseks. Magistritöö. Tartu: Tartu Ülikool, lk 58.
- Roll-Hansen, F., Roll-Hansen, H.** (1979). Microflora of sound looking *Picea abies* stems. – *European Journal of Forest Pathology*, 9, pp. 275–280.
- Uri, V., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Kukumägi, M., Ligi, K., Pärn, L., Kanal, K.** (2015). Biomass resource and environmental effects of Norway spruce (*Picea Abies*) stump harvesting: An Estonian case study. – *Forest Ecology and Management*, 335, pp. 207-215.
- Walmsley J. D. ja Godbold D. L.** (2010). Stump Harvesting for Bioenergy – A Review of the Environmental Impacts. – *Forestry*, 83, pp. 17-38.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J.** (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. – In: *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. Eds. M. Innis, D. Gelfand, J. Sninsky, T. White. London: Academic Press. p. 482.

# Health assessment of Norway spruce (*Picea abies* L.) on regenerated clear-cuttings

## Summary

The aim of this thesis was to estimate the *Heterobasidion* spp. infection among spruces in young Norway spruce stands, and to assess the differences between uprooted and not uprooted areas. Root rot affects the growth and quality of timber and it is important to evaluate the possible effects of uprooting stumps.

Samples were collected from six sampling plots from Tartu, Võru and Lääne-Viru County forest districts. The samples of two areas were collected in 2015 and the rest during the 2016. Three of the areas were divided into four - uprooted and not uprooted areas in duplicate, to evaluate the impact of uprooting

Root samples were collected from 118 spruces, in all 236 root samples (coarse and fine roots). DNA-analysis determined the occurrence of *Heterobasidion annosum* and *Heterobasidion parviporum*, but the latter was more dispersed.

Root rot was detected in all sites, but uprooted areas were more infected. The reason might be increased human activity, which creates good conditions for the spread of *Heterobasidion* spores. Fine roots and other organic material in the soil after uprooting may affect the spread of the pathogen. More extensive study are required to assess the effect of uprooting.

The most extensive root rot damage occurred in the Viru experimental plot, located in *Hepatica* site type, where the rot occurred in 73% of the examined trees. *Hepatica* site type area (TT213-6) was the most extensively infected among unrooted area as well. Occurrence of root rot in two other uprooted sites (Rõuge and Elva) was equal in rooted and not rooted areas.

The results show that stumps removal does not prevent the spread of *Heterobasidion* infection, it may even favour the spread of pathogen. More accurate assessment about the effects of uprooting to the spread of root rot requires more sampling areas.

**LISAD**

# Lisa 1. Elva, Rõuge ja Viru alade sektori põhine proovitükkide jaotus

## Kännualade info

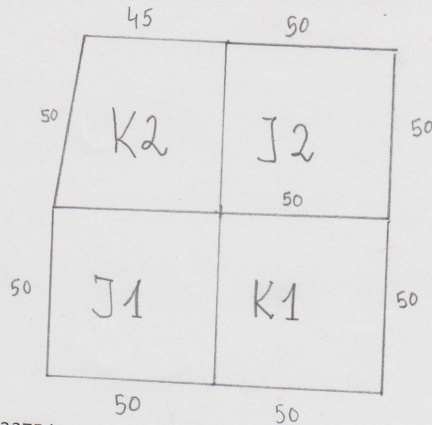
Elva käänd (PEO11-12) JK

J1:  $50 \times 50 = 0,25 \text{ ha}$

J2:  $50 \times 50 = 0,25 \text{ ha}$

K1:  $50 \times 50 = 0,25 \text{ ha}$

K2: Täisnurkne trapets:  $50 \times 50 \times 50 \times 45 = 0,2375 \text{ ha}$



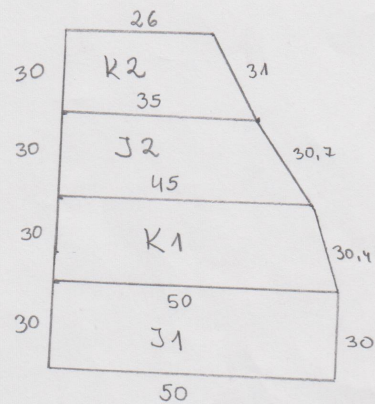
Rõuge käänd (RG118-9) MS

J1:  $50 \times 30 = 0,15 \text{ ha}$

J2: Täisnurkne trapets:  $45 \times 30 \times 35 \times 30,7 = 0,12 \text{ ha}$

K1: Täisnurkne trapets:  $50 \times 30 \times 45 \times 30,4 = 0,1425 \text{ ha}$

K2: Täisnurkne trapets:  $35 \times 30 \times 26 \times 31 = 0,0915 \text{ ha}$



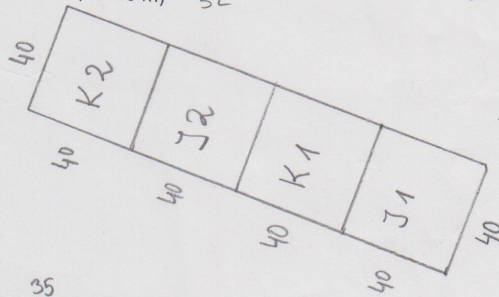
Orguse käänd (TR166-3), kõik tükid (40x40 m) SL

J1:  $40 \times 40 = 0,16 \text{ ha}$

J2:  $40 \times 40 = 0,16 \text{ ha}$

K1:  $40 \times 40 = 0,16 \text{ ha}$

K2:  $40 \times 40 = 0,16 \text{ ha}$



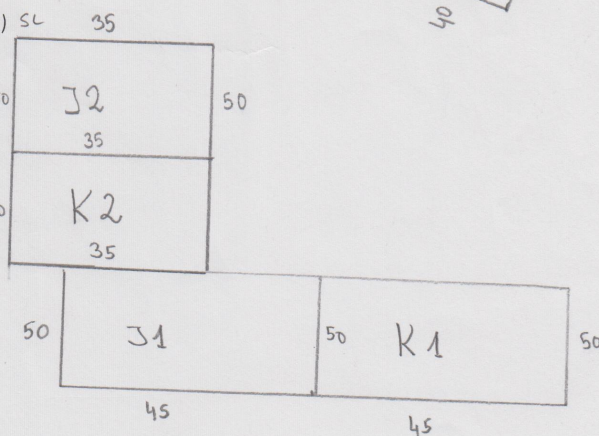
Viru käänd (SM183-32) SL

J1:  $50 \times 45 = 0,225 \text{ ha}$

J2:  $35 \times 50 = 0,175 \text{ ha}$

K1:  $50 \times 45 = 0,225 \text{ ha}$

K2:  $35 \times 50 = 0,175 \text{ ha}$



**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Kätlin Piiskop,  
(sünnipäev 01/03/1995, 49503010810)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
Hariliku kuuse (*Picea Abies*) tervisliku seisundi hinnang uuenenud raielangil,  
mille juhendajad on Tiia Drenkhan, Rein Drenkhan ja Elisabeth Rähn,

- 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, 18.05.2017

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

*(juhendaja nimi ja allkiri)*

\_\_\_\_\_

*(kuupäev)*

\_\_\_\_\_

*(juhendaja nimi ja allkiri)*

\_\_\_\_\_

*(kuupäev)*

\_\_\_\_\_

*(juhendaja nimi ja allkiri)*

\_\_\_\_\_

*(kuupäev)*