



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maehitusinstituut

Gen Alev

TUULEKAHJUSTUSED VILJAKATES KUUSIKUTES
WIND DAMAGE IN PRODUCTIVE SPRUCE FOREST

Bakalaureusetöö
Metsanduse õppekava

Juhendaja: vanemteadur Raul Rosenvald, PhD.

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Gen Alev		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Tuulekahjustused viljakates kuusikutes			
Lehekülgi: 29	Jooniseid: 9	Tabeleid: 3	Lisaid: 0
Osakond / Õppetool: Metsatööstuse osakond Uurimisvaldkond: Metsakasvatus Juhendaja(d): Vanemteadur Raul Rosenvald, PhD Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2018			
<p>Tuulekahjustused võivad tekitada metsaomanikele suurt majanduslikku kahju. Kuusikute tuulekahjustuse riski peetakse kõrgeks võrreldes teiste Eestis esinevate puuliikidega. Kõige probleemsemateks peetakse kuuskede tuulekahjustusi viljakal maal asuvate lageraiega avatud metsaservades. Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida selliseid kuusikuid, mis lääne või edela poolt jäid lageraie tõttu avatuks, kuna Eestis on valitsevad tuuled nendest ilmakaartest.</p> <p>Töö koostamiseks koguti välitööde käigus andmed kümnest kuusikust, kus igal alal hinnati puistu koosseisu, tagavara ja puistu tuulekahjustusi transektidel metsa servas ning puistu keskel.</p> <p>Töö tulemused näitavad, et kahjustatud puude osakaal oli suurem metsa servaaladel, kuid erinevus oli väike ning statistiliselt mitteoluline. Eelnevate uurimustööde põhjal oli alust arvata, et kõrvaloleva avatud ala suurus mõjutab oluliselt tuulekahjustuste ulatust, kuid antud uurimustöö põhjal see välja ei tulnud – puudekahjustuste osakaal ei sõltunud avatusest. Hüpoteesiks oli, et kuused on tuule poolt rohkem kahjustatud kui teised puuliigid. Pigem oli kahjustatud puude osakaal suurem hoopis muude puuliikide hulgas, kuigi statistiliselt mitteolulisena. Lamapuidu kogus ei erinenud metsaservas ja -keskel olevatel transektidel, kuid oli siiski pisut suurem metsaservades. Kõige rohkem leidis seal üle 10 cm diameetriga lamapuitu, mille kõduaste oli 1 või 2. Metsa keskel olevatel transektidel leidis ka kõige rohkem üle 10 cm diameetriga lamapuitu, kuid puit oli rohkem lagunenu (kõduaste 3-5). Lamapuidu kogust mõjutas kõige rohkem hiljuti surnud puude arv.</p> <p>Töö järeldusi võis mõjutada ka küllalt väikene valim, seega järgnevates uurimustöödes võiks suurendada valimi suurust ning mõõdetava ala pindala.</p>			
Märksõnad: Tuulemurd, tuuleheide, <i>Picea abies</i>			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Gen Alev		Curriculum: forestry	
Title: Wind damage in productive spruce forest			
Pages: 29	Figures: 9	Tables: 3	Appendixes: 0
Department / Chair: Forest industry Field of research: Silviculture Supervisors: Raul Rosenvald, PhD Place and date: Tartu, 2018			
<p>Wind damage causes major economic losses to forest owners. The risk of wind damage in spruce forest is considered to be higher compared to other tree species. In productive spruce forest the most wind damage occurs on newly clear-cut edges. The goal of the bachelor's thesis was to examine areas where west and south-west sides were open due to clear-cutting because west and south-west winds are most common in Estonia. Data for this bachelor's thesis was collected from 10 different spruce forests where forest composition, tagavara and wind damage at the edge of the forest and inside the forest were evaluated.</p> <p>The results of this bachelor's thesis show that the proportion of wind damaged trees was higher at the edges of the forest, but the difference was small and statistically insignificant. Based on previous studies, there was reason to believe that the size of open area next to test areas had significant impact on the extent of wind damages, but this was not confirmed by this research. The proportion of wind damaged trees did not depend on openness. Hypothesis, that said spruces are more damaged by the wind than other tree species was not confirmed, because other tree species were more damaged by the wind, although it was not statistically insignificant. There was little bit more down timber at the edge of the forest, but it did not differ much from transects from inside the forest. The most of down timber were over 10 cm diameter, which glare level was 1 or 2. Down timber what was found in the middle of the forest also had a diameter over 10 cm but glare level was higher (3-5). The amount of down timber was affected by the number of recently deceased trees.</p> <p>Subsequent studies could increase the number and area of test areas. There should be this kind of studies in the future in order to obtain even more accurate and reliable results.</p>			
Keywords: Windthrow, wind fell, <i>Picea abies</i>			

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1. Kuusikute tuulekahjustused ja nendega seotud uurimused	6
1.2 Uuringud tuulekahjustustest kuusepuistutes Skandinaaviamaades	7
1.2.1 Soome.....	7
1.2.2 Rootsi.....	7
1.2.3 Norra.....	8
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	9
3. TULEMUSED.....	11
3.1. Lamapuit.....	17
ARUTELU	19
KOKKUVÕTE.....	22
SUMMARY	28

SISSEJUHATUS

Metsad katavad 2015. aasta seisuga maailmast 30,6% (Global Forest Resources Assessment 2015). Erinevad kuuseliigid on levinud kogu põhjapoolkeral, Euroopas, Aasias ning ka Põhja-Ameerikas (Etverk, 1997). Harilikku kuuske (*Picea abies* (L.) H. Karst) esineb Euroopa põhjapoolses osas peaaegu kõikjal ning Lääne pool on levinud kuni Pürenee mäestikuni (Laas, 1987). Üle poole Eestimaa pinnast on kaetud metsaga, täpsemalt 2 312 500 miljonit ha moodustab metsamaa ehk 52,2 % (Aastaraamat Mets 2016). Kuusikud moodustavad puistute kogupindalast 16,9 % (Eesti statistika aastaraamat 2016).

Eesti metsade raiemaht oli statistilise metsainventuuri andmetel 2015. aastal 10,1 miljonit tihumeetrit (Aastaraamat Mets 2016). Tormist ja tuulest tingitud kahjustused hõlmavad suhteliselt suure osa meie metsade kahjustamisest. SMI 2010 andmetel oli kuusikutes torm kahjustanud 5,2 % kuuskedest (Eesti metsad 2010). Kõige suuremat kahju Eesti kuusikutes on tekitanud aga sõralised. Kokku on sõralised kahjustanud 284,3-st tuhandest hektarist kahjustusega kuusikute kogupinnast ligi 70 %. Ka mändidel on sama probleem, sõralised on kahjustanud 49,8-st tuhandest hektarist kahjustusega männikutest 37,9 % (Eesti metsad 2010).

Antud uurimustöö eesmärkideks oli hinnata tuulekahjustusi lageraie poolt (eriti läänest ja edelast) avatud kuusikute servades. Teadmised tuulekahjustuste ulatusest on vajalikud, et arvestada, kuidas ja kus oleks optimaalne teha raieid nii, et tuulekahjustused oleksid minimaalsed.

Kontrollimaks tuulekahjustusi mõjutavate võimalike tegurite mõju Eesti kuusikutes, püstitati varasemate uuringute tulemuste põhjal antud töö jaoks järgmised hüpoteesid:

- 1) lageraie poolt avatud metsa servades on tuulekahjustused suuremad kui metsa siseosas;
- 2) tuulekahjustuse suurus sõltub valitsevate tuulte poolt avatud ala suurusest;
- 3) kuused on kahjustatud tuule poolt rohkem kui teised puuliigid.

Avaldan tänu enda juhendajale Raul Rosenvald'ile, kes oli abiks selle bakalaureuse töö valmimisele.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Kuusikute tuulekahjustused ja nendega seotud uurimused

Tuulekahjustused on metsades ühed kõige suuremad looduslikud kahju tekitajad metsaökosüsteemis (Li et al., 2018) ning need põhjustavad metsa omanikele väga suuri majanduslikke kulusid (nt Mitchell, 1995). Seega tuleks neid arvesse võtta metsamajanduslike tegevuste käigu otsustamisel, kuna see võib oluliselt muuta metsa arengut ning sellega kaasnevaid teenuseid (Díaz-Yáñez et al., 2017). Tuulekahjustuste sagedus ning intensiivsus sõltub väga palju kliimamuutustest (Emanuel 1987; Gray 1990; Blennow et al., 2010; Kilpeläinen et al., 2010). Tänu kliimamuutustele eeldatakse, et tugevad tormid muutuvad sagedastemaks (Moore et al., 2015). Samuti on probleemne, et külmunud maapinda, mis tagaks puudele kindlama kinnituse tormide vastu, on lühikest aega (Pukkala, 2018).

Tuulekahjustused on sageli suuremad lageraie-alade kõrval olevates metsaservades (Hongcheng, 2006) või siis hiljuti harvendatud puistutes (nt Laiho, 1987; Zubizarreta-Gerendiain et al., 2012). Tuulekahjustusi mõjutab ka veel avatud ala suurus (Scott et al., 2005; Rosenvald et al., 2008.), mis tekitab enamus kahju metsaservadel, kuid tugevad tormid suudavad puid kahjustada ka metsa keskel (Cremer et al., 1982). Eriti ohtlikud on tuulekahjustused vanemas eas metsades (Peltola et al., 2010). Tuulekahjustuste minimeerimiseks on mõttekas istutada segapuistuid (okas- ja lehtpuud), kuna ühest puuliigist koosnevad puistud on tuulekahjustustele vastuvõtlikumad (Schaback, 1931).

Kuna kuuskede juurestik on pinnalähedane, siis nende tuulekindlus ei ole hea (Laas, 1987). See on ka põhjus, miks neid ei jäeta üldjuhul säilikpuudeks (Rosenvald et al., 2008). Ka metsa raietega hõredamaks tegemine suurendab kuusikute tuulekahjustusi, eriti perioodil vahetult pärast raiet (Lohmander et al., 1987, Holgén et al., 2006). Pikemas perspektiivis suureneb harvendatud puistus puude tuulekindus tänu puude kohanemisega tuultega (Jakobsson et al., 2004; Dvorák et al., 2002). Liiga hõredeks tehtud puistus aga ei pruugi ka puude tuulega kohanemisest aidata ja tugevamate tormidega saavad nad ikka kahjustatud (nt Nielsen et al., 2002, Jönsson et al., 2007).

1.2 Uuringud tuulekahjustustest kuusepuistutes Skandinaaviamaades

1.2.1 Soome

Soomes on võrreldud pikaajalisel uuringualal kuusikute tuulekahjustusi – 1950. aastast kuni 2009-ni tehti alal erinevaid raieid: valikraie, harvendusraie, küpsete puude raie ning kontrolliks raiumata mets. Tuulekahjustusi mõõdeti 2015. aastal, kui puistu oli üle elanud 6 tormi aastatel 2010-2013, kus suurimaks tuule kiiruseks mõõdeti 32 m/s (Pukkala et al., 2016). Puistu, kus raietõid ei olnud toimunud, puudusid ka tuulekahjustused. Samamoodi oli väga vähe kahjustusi valikraie aladel. Kõige rohkem kahjustas tuul seda proovitükki, kus tehti aegjärgne raie – seal oli kahjustunud üle 50% puudest (Pukkala et al., 2016).

Ühes uurimustöös uuriti kuusikut, mille kõrval oli toimunud lageraie. Töös üritati leida, kui sügavale metsa sisse tuulekahjustused ulatuvad. Tulemusteks saadi, et 80% kogu tuule poolt kahjustatud puud asusid kuni 15. meetri kaugusel metsa servast. Sellest sügavamale minnes oli tuulekahjustusega puud selgelt vähem. Kokku leiti terve katseala peale 413 tuulekahjustusega puud, millest 311 olid kuused, 93 männid ning 9 kased (Peltonen, 1999).

1.2.2 Rootsi

Rootsit tabas 2005. aastal suur torm, mis kahjustas Lõuna-Rootsis ligikaudu 70 miljonit kuupmeetrit puitu (Valinger et al., 2014). Peapuuliigiks oli sel alal harilik kuusk, mis on vastuvõtlik tuulekahjustustele (nt Peltola et al., 2000), kuna kuusel on juurestik maapinnalähedane (Laas, 1987). Kuuse tagavara langes pärast tormi ligi 33 miljonit kuupmeetrit, männi oma seevastu aga 2 miljonit kuupmeetrit (Valinger et al., 2014). Üks suur põhjus, miks tuul nii suurt kahju tegi oli metsade hõredus – mõned aastad enne tormi raiuti seal iga-aastaselt umbes 3% metsamaast harvendusraietega (Valinger et al., 2014). Põhiline vanusegrupp, mis kahjustada sai, olid 21-80 aasta vanused puud ja kuna sellistes vanustes puistud on juba tavapäraselt harvendatud, siis puud olidki vastuvõtlikumad tormidele (Valinger

et al., 1992; Valinger et al., 2014). Pärast tormikahjustuste analüüsimist on väljapakutud palju erinevaid viise, kuidas võiks minimaliseerida tuulekahjustusi:

- 1) istutada vähem seemikuid hektari kohta (nt Slodicak et al., 2006; Mason et al., 2013),
- 2) harvendada juba noores eas (nt Slodicak et al., 2006; Mason et al., 2013),
- 3) hoiduda harvendamisest vanemas eas (nt Elfving, 2010).

1.2.3 Norra

Norras hinnati pikaajalise inventuuri põhjal tuulekahjustusi neljas erinevas puistus. Kõik puistud jagati kategooriatesse lähtudes peapuuliigist, kuuse (>70% kuuski)-, männi (>70% mände)-, kase (>70% kaski)- ja segapuistuteks (kõik muud kombinatsioonid). Tulemused näitasid, et kõige rohkem tegi tuul kahju segapuistus, sellele järgnesid lehtpuupuistud ja okaspuupuistud. Okaspuudest oli tuul teinud kõige rohkem kahju kuusele. Kokku oli tuulekahjustusega 1773 kuuske ning mändi 330 puud. Väikse diameetriga kuusepuistus on puude murdumine tõenäolisem kui väljajuurimine. Sama kehtib ka puude kõrgusega, mida kõrgemad puud puistus kasvavad, seda suurem on tõenäosus, et tekib tuulemurd, mitte tuuleheide (Díaz-Yáñez et al., 2017).

2. MATERJAL JA METOODIKA

Lõputöö katsealadeks valiti 60-80 aastased kuuse enamusega puistud, kus oli varasemalt tehtud harvendusraie (Tabel 1). Alad valiti viljakatest kasvukohatüüpidest: jänesekapsa, sinilille ning naadi kuusikud. Sellistes kasvukohatüüpides on Eestis kõige rohkem kuusikud. Eesti kuusikutest 72,5% kuulub 1A ja 1 boniteedi hulka (Aastaraamat Mets 2013). Katsealad asusid Valga- ja Tartumaal ning need valiti programmis Mapinfo pro. Valiti üksnes sellised alad, mis on avatud lääne või edela suunas, sest nendest suundadest puhuvad Eestis valdavad tuuled (Eesti kliimanäitajad).

Tabel 1. Katsealasid iseloomutavad tunnused

Kvartal	Eraldis	Kasvukohatüüp	Aeg raiest (aastat)	Puistu vanus	Transektide arv	Avatus (m)
KS030	18	Jänesekapsa	1	72	6	1025
VL113	7	Jänesekapsa	2	82	4	470
VL609	11	Jänesekapsa	1	65	4	1095
VL473	6	Naadi	3	75	6	2450
TT024	6	Naadi	2	78	6	1160
TT059	10	Jänesekapsa	1	69	4	1320
PA052	5	Jänesekapsa	4	67	6	950
KM021	13	Jänesekapsa	3	70	6	1240
QT090	10	Jänesekapsa	1	65	6	1990
QT030	7	Jänesekapsa	4	70	6	1230

Samuti hinnati ühe mõjutava tunnusena maastiku avatust. Selleks mõõdeti Mapinfo programmis metsa servas olevatel transektide keskpunktist kaheksa põhilise ilmakaare suunas avatud ala pikkus (kaugus lähima metsaservani). Pikkused liideti kokku ning antud summat nimetati tunnuseks „avatust”. Metsa siseosa transektidel oli avatus 0. Valitud aladele märgiti Mapinfo kaardirakenduses transekti alguspunktid ning sisestati nende punktide koordinaadid GPS seadmesse. GPS seadmega leitud punktis tõmmati maha 50-meetrine transekt. Mõõdeti nii elus kui ka tuulekahjustusega puud, mis jäid transektist mõlemale poole kuni 5 meetri kaugusele. Igal puul määrati liik ning mõõdeti rinnasdiameeter. Viltustel puudel määrati kompassiga suund, kuhu suunas puu viltu oli. Tuule poolt murtud puudel mõõdeti rinnasdiameeter ning määrati tuulemurru kõrgus ning suund, kuhu puu oli murdunud. Ka tuule poolt heidetud puude puhul mõõdeti rinnasdiameeter ning suund, kuhu puu oli murdunud.

Surnud lamapuidu koguse hindamiseks mõõdeti need lamapuud, mis jäid mõõdulindi alla (Van Wagner, 1968). Nendel puudel tuvastati liik, mõõdeti diameeter mõõdulindiga ristumiskohas ning määrati noaga lagunemisastme.

Kõdupuidu lagunemisastet määrati „noameetodil” (Tabel 2).

Tabel 2. Kõduastmete kirjeldus

I (värske)	Koor on peal, ei ole märgatavaid seenkahjustusi, okaspuudel on okkad alles
II (nõrk)	Koor on kohati lahti, nuga läheb puidu sisse kuni 1 cm
III (keskmine)	Nuga läheb mitu cm puidu sisse, kuid mitte puust läbi
IV (tugev)	Puit pehme, nuga läheb puidust läbi
V (täiesti lagunenu)	Peaaegu täiesti lagunenu, hästi fragmenteeritud, käsi läheb puidust läbi

Puude mõõtmisandmete põhjal arvutati van Wagner (1968) valemi põhjal lamapuidu ruumala hektarile:

$$V = \frac{\pi^2 \sum d_i^2}{8L}$$

V – lamapuidu maht hektarile

d – lamatüve läbimõõt cm-tes

L – transekti pikkus meetrites

Andmestiku kirjeldamiseks ning andmete analüüsiks kasutati korrelatsioone, üldisi lineaarseid mudeleid (GLMM) ja t-testi programmis Statistica 13.2.

3. TULEMUSED

Käesoleva töö raames koguti algmaterjali kümnelt proovialalt. Kokku mõõdeti uuringutransektidel 1498 puud, millest 1163 olid kuused ning muudest puuliikidest oli 335 puud. Tuulekahjustusega puid oli kokku 147, millest tuule poolt heidetud oli 25 puud, murtud 70 puud ning tuule poolt oli viltu lükatud 52 puud. Kokku oli tuul kahjustanud 84 kuuske ning 63 puud muudest puuliikidest. Kuuskede keskmine eluspuude arv hektaril metsaservas oli 410 ning metsa siseosas 452. Kuuskede rinnaspindala transektides metsaservades oli 20,9 m²/ha ning transektides keskel 21,7 m²/ha. Teiste puuliikide keskmine eluspuude arv hektaril metsaservades oli 90 ja ala keskel 160 ning rinnaspindala servaaladel 6,1 m²/ha ja keskel 11,6 m²/ha. Kahjustatud puude arv servades oli 60 puud/ha ning ala keskel 47 puud/ha. Keskmine rinnaspindala kahjustatud puudel oli servades 4,6 m²/ha ja keskel 3,9 m²/ha. Lamapuitu oli kümne ala peale kokku keskmiselt 33,8 tm/ha, millest 29,1 tihumeetrit moodustas kuuse lamapuit.

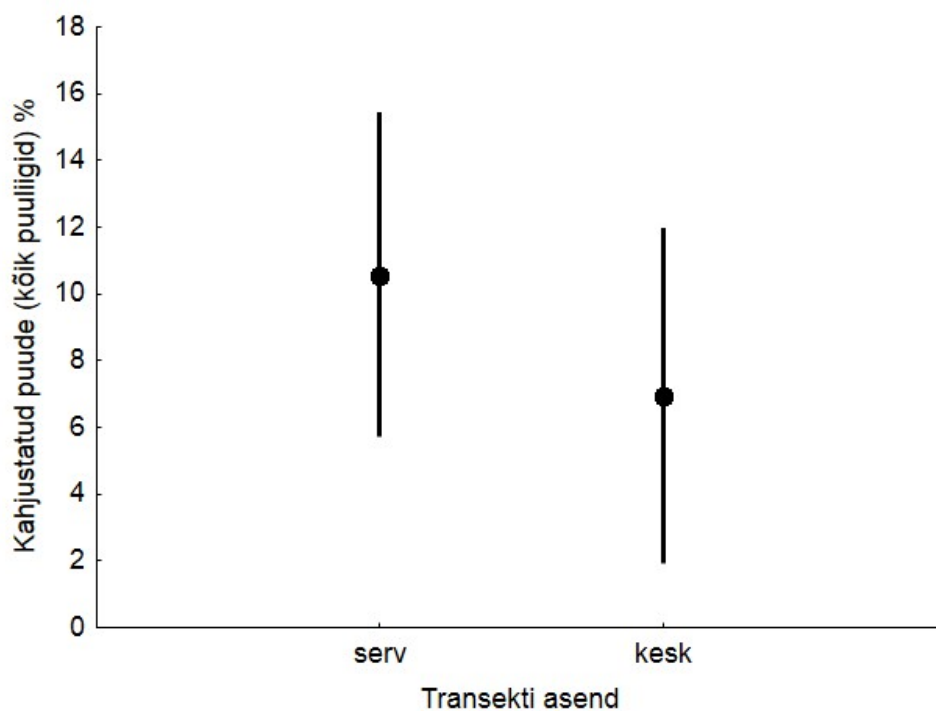
Tabel 3. Mõõdetud tunnuste keskmised väärtused ja omavahelised korrelatsioonid.

Statistiliselt olulised korrelatsioonid ($p < 0,05$) on märgitud paksus kirjas

	Keskmine	Standardhälve	Aegraiest	Puistuvanused	Kuused arv/ha	Tuulekahjustus arv/ha	Kahjustatud kuuskede %	Lamapuit tm/ha	Avatus	Kõik puuliigid arv/ha	Kõikide puuliikide kahjustuste %
Aegraiest	2,3	1,2	1,0	0,1	-0,3	-0,1	0,0	0,1	-0,1	-0,2	0,0
Puistuvanused	71,2	5,1	0,1	1,0	0,0	0,5	0,3	0,3	-0,1	0,0	0,4
Kuused arv/ha	430,7	217,9	-0,3	0,0	1,0	-0,1	-0,3	-0,2	-0,1	0,7	-0,3
Tuulekahjustus arv/ha	54,4	65,4	-0,1	0,5	-0,1	1,0	0,8	0,5	0,1	0,0	0,9
Kahjustatud kuuskede %	7,0	12,5	0,0	0,3	-0,3	0,8	1,0	0,4	0,3	-0,3	0,9
Lamapuit tm/ha	33,8	35,7	0,1	0,3	-0,2	0,5	0,4	1,0	0,2	-0,1	0,5
Avatus	239,4	267,9	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,3	0,2	1,0	-0,2	0,2
Kõik puuliigid arv/ha	554,8	221,6	-0,2	0,0	0,7	0,0	-0,3	-0,1	-0,2	1,0	-0,3
Kõikide puuliikide kahjustuste %	8,8	12,7	0,0	0,4	-0,3	0,9	0,9	0,5	0,2	-0,3	1,0

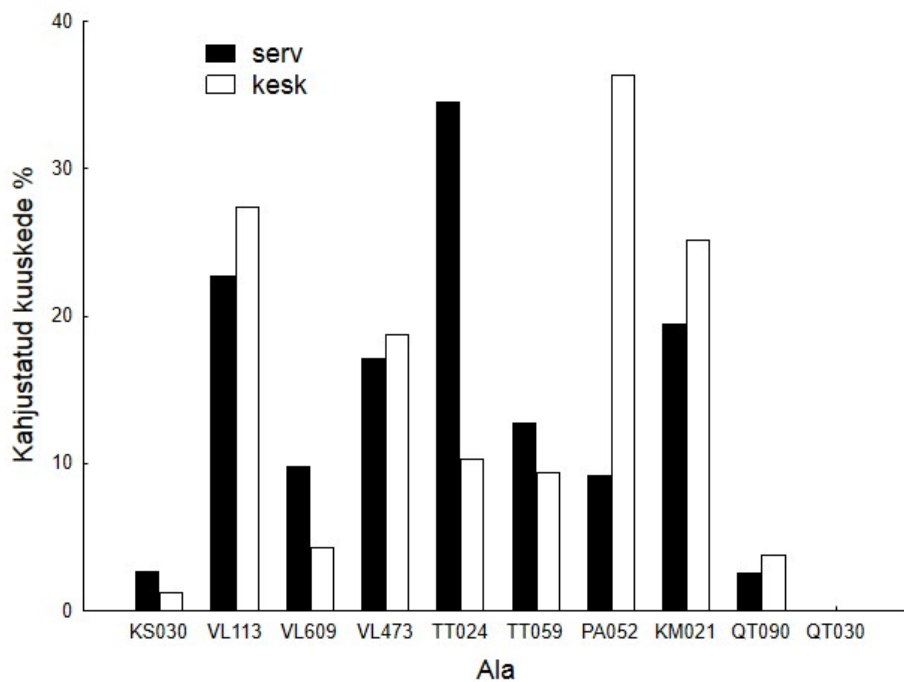
Korrelatsiooni tabeli oluliste korrelatsioonide põhjal võib näha, et kui pikemat aega on puistu kõrval avatud ala, siis kuuskede arv hektaril langeb (tabel 3). Puistu vanemaks saamisel tõuseb kahjustatud puude arv hektarile oluliselt, kuid mitte kuuskede kahjustuste %. Suurema avatuse korral on ka kahjustatud kuuskede osakaal suurem. Tuulekahjustuste arv hektarile on tugevas korrelatsioonis ka kahjustatud puude protsendiga ja kuuskede kahjustuste protsendiga. Vanemas puistus on suurem ka lamapuidu maht. Mida rohkem tuulekahjustusi või kahjustatud puid, seda suurem on lamapuidu kogus metsas (Tabel 3).

Eelnevalt püstitatud hüpoteesi 1 ning uurimustööde alusel oli alust arvata, et lageraie poolt avatud metsa servades on tuulekahjustused oluliselt suuremad kui metsa siseosas, siis antud töö tulemusel selgus, et kahjustatud puude osakaal metsaservades on küll suurem kui metsa keskel, kuid erinevus on üsna väike ning antud tulemused ei ole statistiliselt olulised ($F_{1,52}=1,1$; $p=0,299$) (Joonis 1).



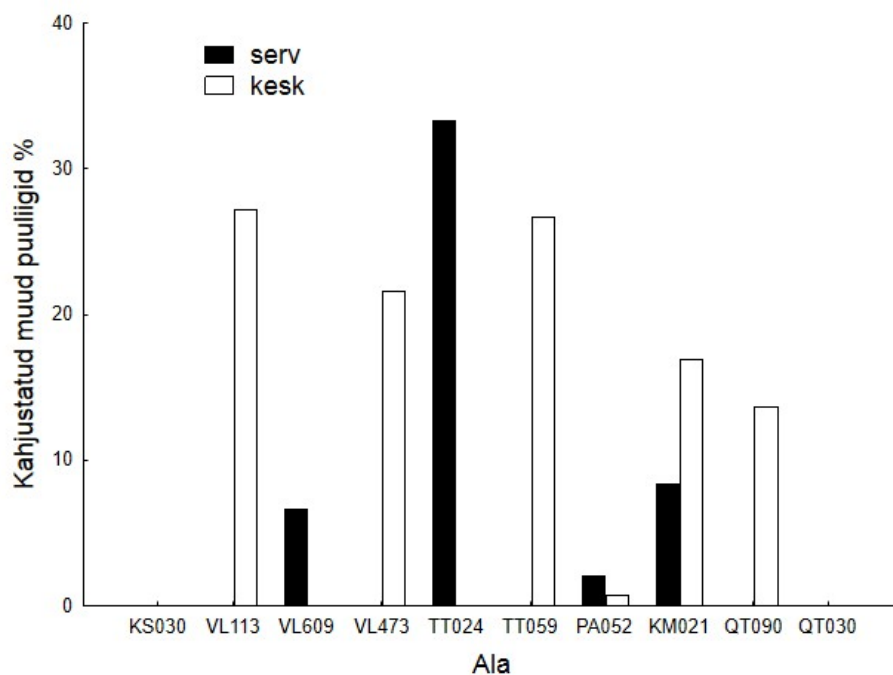
Joonis 1. Transektide asendi mõju tuulekahjustustele

Joonisel 2 on välja toodud kõikide uuritud puistute kuuskede kahjustused metsaserva ja metsa siseosa transektides. Erinevus metsaserva ja metsa keskel olevate transektide vahel oli varieeruv ega ei olnud statistiliselt oluline ($F_{9,34}=0,66$; $p=0,74$; joonis 2).



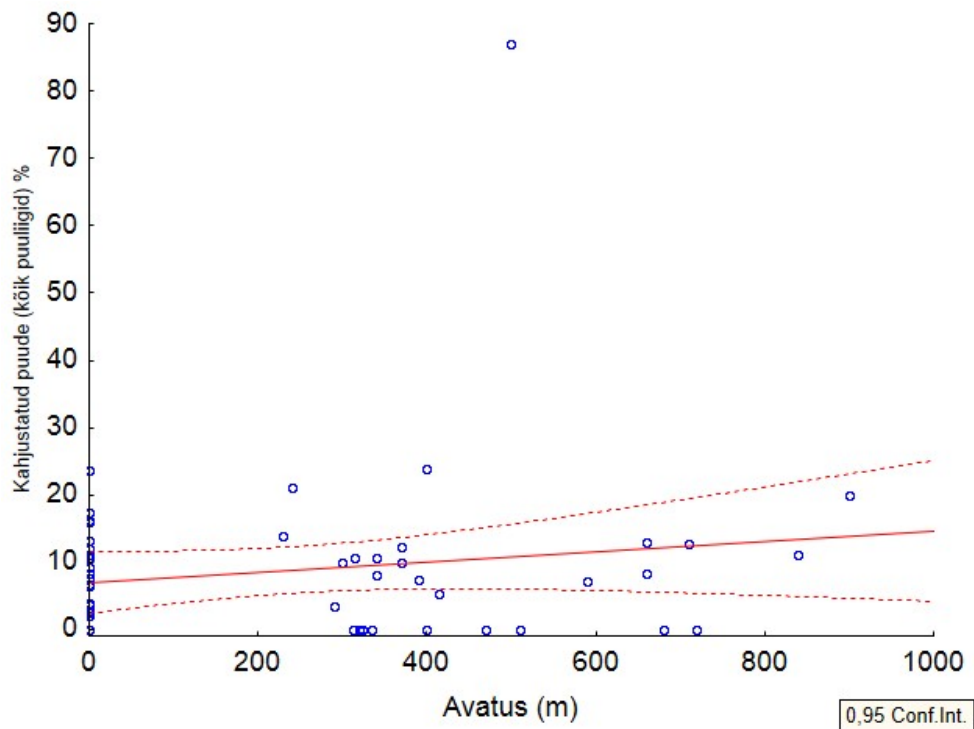
Joonis 2. Transektide asendi mõju kuuskede tuulekahjustustele katsealade kaupa

Joonisel 3 on välja toodud kõik katsealad, kus mõõdeti kõik kahjustatud puud v.a kuused. Ka siin oli erinevus metsaserva ja metsa keskel olevate transektide vahel varieeruv ega ei olnud statistiliselt oluline ($F_{9,34}=1,42$; $p=0,22$). (Joonis 3).



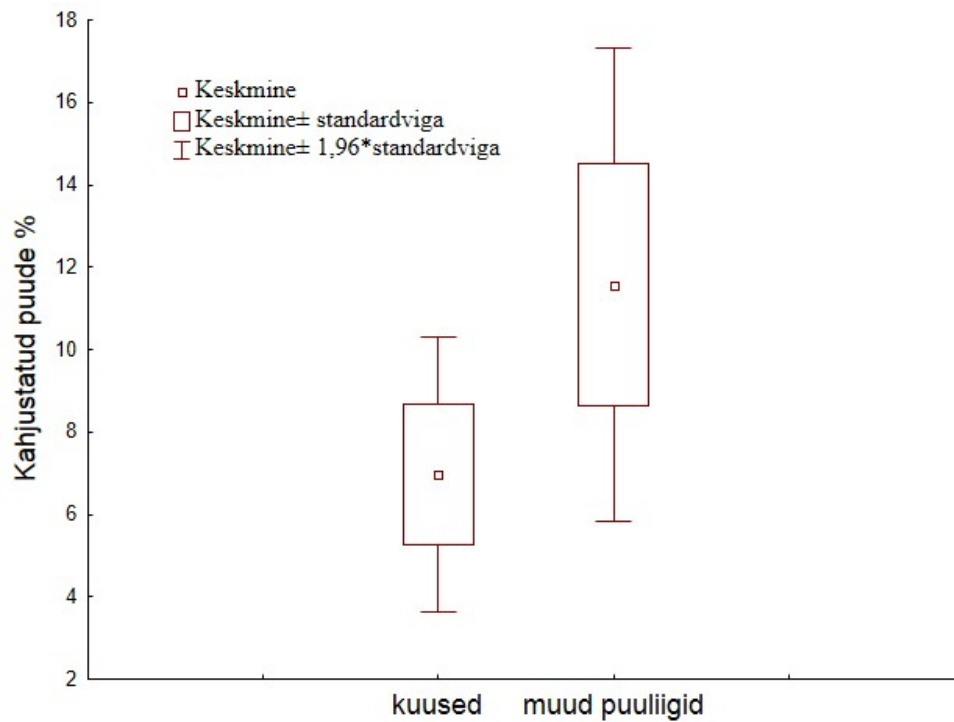
Joonis 3. Transektide asendi mõju muude puuliikide (kõik puuliigid peale kuuse) tuulekahjustustele katsealade kaupa

Kõikide puude kahjustuste osakaal ei sõltunud avatusest ($F_{1,52}=1,38$, $p=0,25$). Joonisel 4 on võrreldud avatud ala suuruse mõju kahjustatud puude osakaalule.



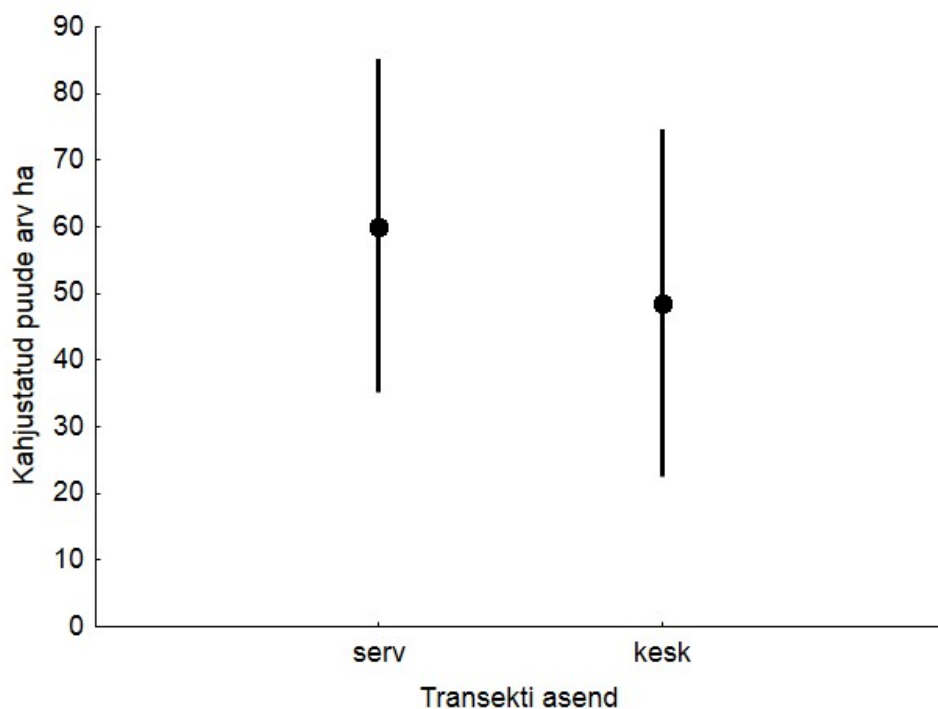
Joonis 4. Avatud ala suuruse mõju kõikide puuliikide kahjustuste protsendile. Avatus on summa kaheksas põhiilmakaares mõõdetud kaugustest metsaservani

Jooniselt 5 näeme, et kuused ei olnud rohkem kahjustatud kui muud puuliigid, pigem oli kahjustatud puude osakaal isegi suurem muude puuliikide hulgas (Joonis 5).



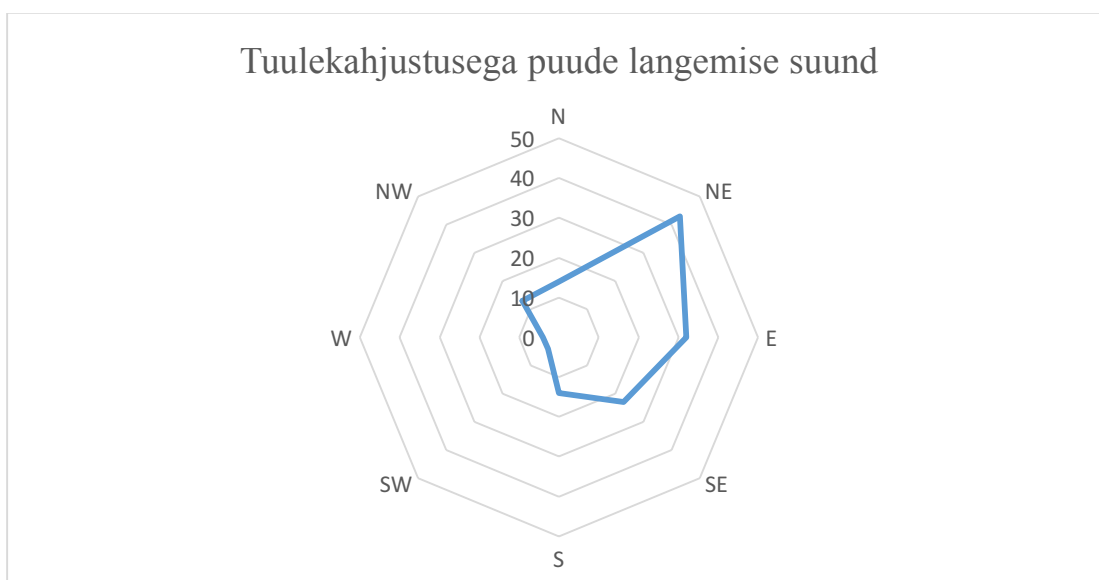
Joonis 5. Kahjustatud puude osakaal kuuskedel ja muudeel puuliikidel

Joonisel 6 on võrreldud transektide asendist sõltuvalt tuule poolt kahjustatud puid. Rohkem tuulekahjustusega puid oli metsaservas olevatel transektidel, kuid erinevus on väike ning statistiliselt ei ole see oluline ($F_{1,52}=0,41$; $p=0,52$). (Joonis 6).



Joonis 6. Transektide asendi mõju tuulekahjustustatud puude arvule (kõik puuliigid koos)

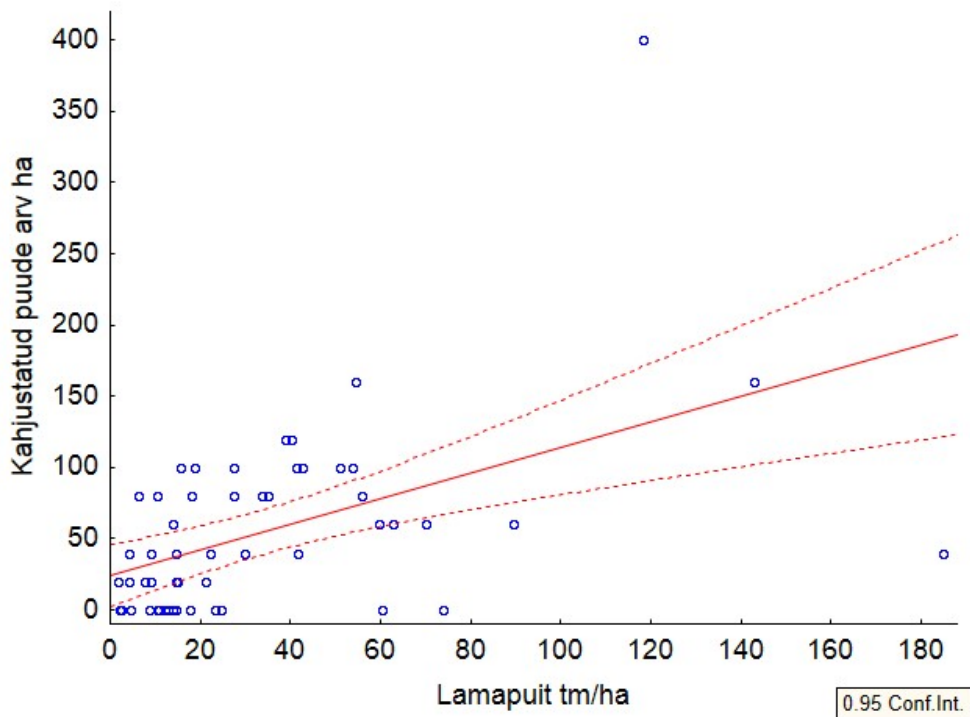
Valdav osa tuule poolt murtud ning heidetud puid on langenud kirde ning ida suunda (puid kahjustanud tuulte suund järelikult edelast ja läänest). Kõige vähem puid langes lääne ning edela suunda (Joonis 7).



Joonis 7. Tuule poolt murtud või heidetud puude langemise suund

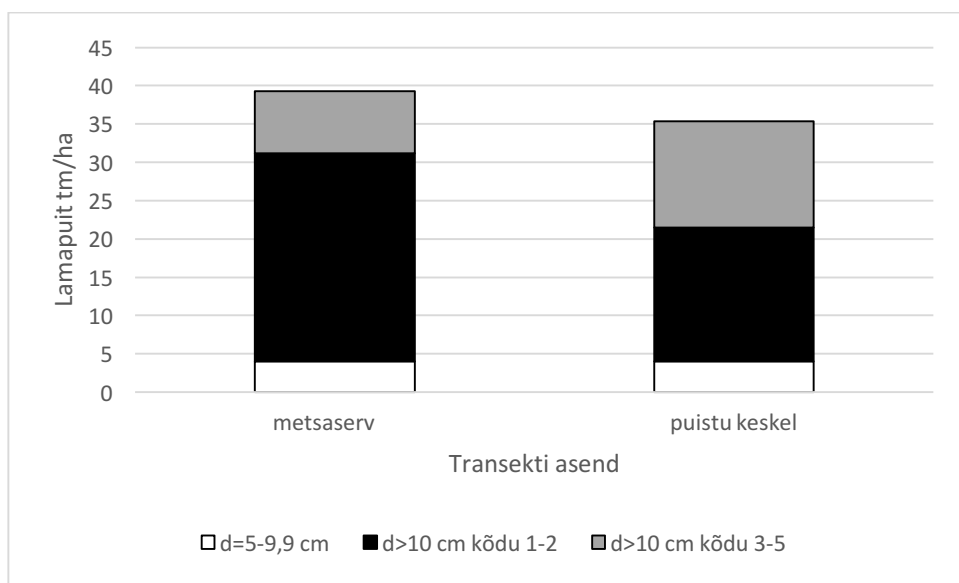
3.1. Lamapuit

Jämedat ($d > 10$ cm) lamapuitu oli keskmiselt 33,3 tm/ha ja peent lamapuitu ($d = 5-9,9$ cm) 4,1 tm/ha. Tunnustest ükshaaval mõjutasid lamapuidu kogust oluliselt puistu vanus, hiljuti surnud puude arv, hiljuti surnud puude rinnaspindala, hiljuti surnud kuuskede arv ja hiljuti surnud muude puude arv. Lõppmudeliks jäi oluliseks vaid hiljuti surnud puude arv ($F_{1,52} = 16,4$; $p < 0,001$; $R^2_{adj} = 0,23$) (vt ka joonis 8).



Joonis 8. Lamapuidu kogus sõltuvalt tuulekahjustuste arvust hektarile

Joonisel 9 näeme, et lamapuitu leidis rohkem metsaservades olevatel transektidel. Kõige rohkem leidis seal üle 10 cm diameetriga lamapuitu, mille kõduaste oli kas 1 või 2. Transektidel, mis asusid puistu keskel, leidis ka kõige rohkem üle 10 cm diameetriga lamapuitu, kuid puit oli rohkem lagunenu (kõduaste 3-5). Diameetriga 5-9,9 cm lamapuitu oli võrdselt nii metsaservas kui ka metsa siseosas (Joonis 9). Siiski ükski neist erinevustest ei olnud statistiliselt oluline.



Joonis 9. Lamapuidu kogus diameetrite ning kõduastmete järgi transektide asendist sõltuvalt

ARUTELU

Tuulekahjustused on ühed kõige suuremad looduslikud kahjustajad metsade ökosüsteemis (Li et al., 2018). Eesti kuusikutes on tuulekahjustused suuruselt kolmandad metsa kahjustajad (Eesti metsad, 2010). Kirjanduse uurimisel tuli välja nii erinevusi kui ka sarnasusi samadel teemadel tehtud uurimuste kohta. Sarnane uurimustöö viidi läbi 1999. aastal Soomes, kus uuriti selliseid puistuid, mille kõrval oli tehtud lageraie. Tulemused on küllaltki erinevad antud tööst, kuna Soomes olid tuulekahjustused koondunud pigem metsaservaaladele (Peltonen, 1999). Ka Zeng et al., (2004) leidis, et kui puistu kõrvale jätta avatud ala, siis võib see suurendada tuulekahjustuste ohtu. Antud bakalaureuse töö tulemustest on näha, et kuigi tuulekahjustusi on servaalade transektidel rohkem, siis erinevus metsa siseosa transektidega on küllaltki väike (Joonis 1). Erandeid võib tekkida, kuna olulist rolli mängib tuulekahjustuste ulatuse suuruses ka maapinna reljeef ning pinnas (Peltonen, 1999). Katsealad antud bakalaureusetöös olid küll kõik valitud viljakatest kasvukohatüüpidest, kuid pinnases varieeruvus oli kindlasti olemas. Ka puude väline ilme annab aimu puu vastupidavusele tuulekahjustustele, kuna see peegeldab välisjõudude mõju puude kasvule (Lundqvist et al., 1996).

Eriti ohtlikud on tuulekahjustused sellistes kuusepuistutes, kus on toimunud harvendusraie (Valinger et al., 1992; Valinger et al., 2014). Eriti tuulehellad on harvendatud puistud mõned aastad pärast raiet (nt Laiho, 1987). Uurimustöös on leitud, et peale harvendust on suurem tõenäosus ellu jääda suurematel puudel, kuna harvendusraie mõjutab väiksemaid puid rohkem (Moore et al., 1994), kuna tuulekahjustused esinevad rohkem peenematel puudel (Peltola et al., 1999; Schelhaas et al., 2007). Teadlaste poolt on välja pakutud ka seda, et puistuid peaks harvendama juba varases eas (nt Slodick, et al., 2006; Mason, et al., 2013), kuna siis pikemas perspektiivis suureneb puude vastupidavus tuulele (Jakobsson et al., 2004; Bachmann, 2002). Harvendada ei tohiks ka vanemates puistutes (nt Elfving, 2010), kuna eeldatakse, et vanemas eas puistud on vastuvõtlikumad tuulekahjustustele (Peltola et al., 2010). Siiski ühes uurimustöös tuli välja, et harvendamine ei toonud esile mingisugust erinevust tuulekahjustustes (Mäkinen et al., 2004).

Mitmetes töödes tuli välja ka see, et põhiline puuliik, mida tuul kõige enam kahjustab on harilik kuusk (Peltonen, 1999; Eriksson et al., 2007; Díaz-Yáñez et al., 2017), kuna kuuskede juurestik on maapinna lähedane (Laas, 1987). Eriti ohtlikud on tuulekahjustused vanemates kuusikutes (Ihalainen et al., 2003; Blennow et al., 2010). Kuuskede tuulehellust kinnitab ka Ihalainen (2003) aasta töö, kus pärast tormi leiti, et kuuskedest on kahjustatud puid 62 %, kuid männi ja kase kahjustused vastavalt 34 % ning 4 %. Männi puhul on tuulekahjustused väiksemad, kuna tugev juurestik ulatub sügavale (Laas, 1987). Kuigi ka kase juured on küllaltki maapinnalähedased, siis kase juurestik on kuuse juurestikust tugevam ning ka rohkem arenenud (Laas, 1987). Kaskedel esineb tuulekahjustusi vähem ka seetõttu, et kaskede morfoloogia tagab neile suurema vastupanuvõime painutuspingele (Jalkanen et al., 1998).

Üks mõjutaja, mis mängib tuulekahjustuste ulatuses rolli on lageda ala suurus metsaserva kõrval (Scott et al., 2005; Rosenvald et al., 2008). Antud töö tulemustes see ei kajastu (Joonis 4), kuna tulemused olid varieeruvad ning ka valim väike. Uuritud artiklite põhjal võib järeldada ka seda, et kliimamuutused mõjutavad tuulekahjustuste ulatust. Tänu kliima soojenemisele on talvel külmunud maapinda vähem ning puudel on vähem kindlamat kinnitust (Pukkala, 2018). Ka Eestis on viimased talved olnud keskmisest soojemad (Jaagus et al., 2002).

Üks võimalus tuulekahjustuste vähendamiseks oleks segametsade rajamine (nt Blennow, 2012). Ka Pukkala (2016) töös leiti, et segametsades väheneb tuulekahjustuste oht. Seega tasuks raiete tegemisel jätta metsa kasvama lisaks kuusele ka veel kaske või mändi. Lisaks aitab see ka veel kuuskedel uueneda (Auksmann, 1931; Kosenkranius, 1943; Kaar, 1970). Segapuistute istutamine ei pruugi alati toimida, kuna ühes Norra uurimustöös leiti, et tuul oli kahjustanud just kõige enam segapuistuid ning sellele järgnesid lehtpuupuistud ja okaspuupuistud (Díaz-Yáñez et al., 2017). Kirjanduse uurimisel selgus, et tuulekahjustusi on kõige vähem sellistes puistutes, kus ei ole tehtud mitte ühtegi raiet või on tehtud valikraie (Pukkala, 2016).

Antud bakalaureuse töös on valdav osa tuule poolt kahjustatud puud murtud. Seda sellepärast, et kõrgemates puistutes on tuulemurru oht kõrgem kui tuuleheide (Díaz-Yáñez et al., 2017). Kuuskede keskmine kõrgus kümnel alal oli 24,6 meetrit.

Ka lamapuude kogused ei olnud metsaservades oluliselt suuremad kui metsa keskel, kuigi värskema (kõduaste 1-2) jämedama ($d > 10$ cm) lamapuidu kogused olid pisut suuremad metsaservades (Joonis 9). Samal ajal vanema, rohkem lagunenu (kõduaste 3-5) lamapuude maht oli pisut suurem (kuid mitte statistiliselt oluliselt) metsa keskel asuvates transektides. Transektidel asuvad vanad puud ei pruugi olla surnud tuulekahjustuste mõjul, vaid ka puistusisese konkurentsi mõjul.

Lamapuit on elupaigaks väga paljudele metsaliikidele. Hinnanguliselt on Soomes umbes 20% metsaelustikust seotud lamapuiduga (Siitonen, 2001). Sealjuures on oluline ka lamapuidu jagunemine kõduastmetesse – kuna erinevate kõduastmetega on seotud erinev spetsiifiline elustik – siis oleks kõdupuiduga seotud elustiku jaoks soodsaim, kui metsas esineks erineval ajal tekkinud kõdupuitu (Siitonen, 2001). Seega metsaservas kõrvaloleva lageraie tõttu lühikesel ajaperioodil tekkinud lamapuit ei pruugi olla parim variant kõdupuiduga seotud elustikule. Lisaks on kuuskede puhul problemaatiline, et palju värskelt surnud puid ühes piirkonnas võivad tekitada ka ellujäänud puudel ulatusliku kuusekooreüraski (*Ips typographus* L.) kahjustuse. Kui kahjustatud kuuskede kogus ühes piirkonnas jääb alla 20 puu, siis on ürasekahjustuse tekkimise tõenäosus väike (Eriksson et al., 2007).

KOKKUVÕTE

Bakalaureuse töö eesmärgiks oli uurida tuulekahjustusi viljakates kuusepuistutes. Seda teemat uuriti sellepärast, et tuulekahjustused on ühed suurimad kahjustajad metsades ning teevad metsadele palju kahju. Töös üritati leida tuulekahjustuste mõju metsaservades ning metsa siseosas. Katsealadeks olid 60-80 aastased kuusikud, kus oli toimunud harvendusraie. Metsas tõmmati maha 4-6 50 meetrist transekti ning mõõdeti ümbermõõt ja fikseeriti tuulekahjustused nendel puudel, mis asusid mõlemal pool transekti kuni 5 meetri kaugusel.

Kokku analüüsiti 10 erinevat katseala, millest üheksal alal leiti tuulekahjustusi. Tuule poolt kahjustatud puid oli kokku 147. Sellest 83 moodustasid kuused ning ülejäänud 64 olid teised puuliigid. Püstitatud 1. hüpoteesi – servaaladel on kahjustusi rohkem kui metsa siseosas – ei saanud antud töö tulemuste põhjal kinnitada, vaid nõrk trend näitas suuremat tuulekahjustuste määra avatud puistuservades. Hüpotees 2 ütles, et tuulekahjustuse suurus sõltub valitsevate tuulte poolt avatud ala suurusel, kuid seda väidet antud töö ei kinnitanud. Hüpotees 3, mis ütles, et kuused on teistest puudest rohkem kahjustatud kui teised puuliigid ei saanud antud töö tulemuste põhjal kinnitada, üksnes nõrk trend näitas suuremaid kahjustusi kuuskedel. Tuule poolt murtuid esines 70-l, tuuleheidet 25-l ning viltuseid puid 52-l korral. Servaaladel oli kahjustusi kokku 85 ning metsa siseosas 62.

Lamapuitu leiti igalt katsealalt. Keskmiselt oli lamapuitu 33,8 tm/ha, millest kuuskede lamapuit moodustas 29,2 tihumeetrit. Sarnaselt tuulekahjustustele leidis ka lamapuitu servaaladel rohkem.

Järgnevates uuringutes võiks kindlasti suurendada valimi arvu, kuna siis oleksid tulemused rohkem usaldusväärsed. Antud bakalaureuse töös mõõdeti puid 54-lt erinevalt transektilt, mis tegi kogu mõõdetud ala suuruseks 2,7 hektarit.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aastaraamat Mets 2013 (2014). Keskkonnaagentuur

[http://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/Mets_2013.pdf] (Vaadatud 25.03.18).

Aastaraamat Mets 2016 (2017). Keskkonnaagentuur

[http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/mets2016_08.09.pdf] (Vaadatud 25.03.18).

Adermann, V. (2012). Metsa(maa) kahjustused. – *Eesti Metsad 2010*.

[http://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/Eesti_metsad_2010.pdf] (Vaadatud 07.05.18)

Auksmann A. (1931). Turberaie. - *Eesti Mets 1*, 2-3.

Blennow K. (2012). Adaptation of forest management to climate change among private individual forest owners in Sweden. *Forest Policy Econ*, 24, 41–47.

Blennow, K., Andersson, M., Sallnäs, O., Olofsson, E. (2010). Climate change and the probability of wind damage in two Swedish forests. *Forest Ecology and Management* 259, 818–830.

Cremer, K. W., Borough, C. J., Mckinnell, F. H., Carter, P. R. (1982). Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *New Zealand Journal Forestry Science*, 12, 244–268

Díaz-Yáñez, O., Mola-Yudego, B., Ramón González-Olabarria, J., Pukkala, T. (2017). How does forest composition and structure affect the stability against wind and snow? *Forest Ecology and Management* 401, 215–222

Dvorák, L., Bachmann P., Mandallaz D. (2001). Storm damage in irregular stands (Sturmschäden in ungleichförmigen Beständen) *Schweiz. Z. Forstwes.* 152,11, 445–452

Eesti kliimanäitajad

[https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/24920/22_eesti_kliimanitajad.html] (Vaadatud 07.05.18).

Eesti statistika aastaraamat 2016 Statistikaamet

[https://www.stat.ee/valjaanne-2016_eesti-statistika-aastaraamat-2016] (Vaadatud 25.03.18).

Elfving, B. (2010). Natural mortality in thinning and fertilisation experiments with pine and spruce in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 260, 353–360.

- Etverk, I.** (1997). Ta on lihtsalt parim puu meie aladel. – *Eesti Loodus*. Nr. 1.
[http://vana.eestiloodus.ee/eesti_loodus/EL/vanaweb/9701/kuusk.html] (Vaadatud 25.03.18)
- Emanuel, K. A.** (1987). The dependence of hurricane intensity on climate. *Nature*, 326, 483–485.
- Eriksson, M., Neuvonen, S., Roininen, H.** (2007). Retention of wind-felled trees and the risk of consequential tree mortality by the European spruce bark beetle *Ips typographus* in Finland, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22(6), 516-523.
- Global Forest Resources Assessment 2015**
[<http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>] (Vaadatud 07.05.18).
- Gray, W. M.** (1990). Strong association between West African rainfall and US landfall of intense hurricanes. *Science*, 249, 1251–1256.
- Hongcheng, Z.** (2006). Influence of clear-cutting on the risk of wind damage at forest edges: A GIS-based integrated models approach. Doktoritöö. Joensuu Ülikool.
- Holgén, P., Hånell, B.** (2006). Effects of stand structure and density on windthrow in *Picea abies*-dominated shelterwoods in Sweden. *Hydrology and Management of Forested Wetlands - Proceeding of the International Conference*, 41-49.
- Ihalainen, A., Ahola, A.**, (2003). Pyry- ja Janika-myrskyjen aiheuttamat puuston tuhot. *Metsätieteen Aikakauskirja* 3, 385–401 (The inventory of wind damages caused by Pyry- and Janika-storms in Finland. Soome keeles).
- Jaagus, J., Ahas, R., Aasa, A.** (2002). Eesti asub kliimamuutuste keskpunktis. [http://www.eestiloodus.ee/artikkel199_197.html] (Vaadatud 15.05.18).
- Jakobsson, R., Elfving, B.** (2004). Development of an 80-year-old mixed stand with retained *Pinus sylvestris* in Northern Sweden. *Forest Ecology Management*. 194, 249–258.
- Jalkanen, R., Konopka, B.**, (1998). Snow-packing as a potential harmful factor on *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Betula pubescens* at high altitude in northern Finland. *European Journal of Forest Pathology*. 28, 373–382.
- Jönsson, T. M., Fraver, S., Jonsson, G. B., Dynesius, M., Rydgård, M., Esseen, A. P.** (2007). Eighteen years of tree mortality and structural change in an experimentally fragmented Norway spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 242, 306–313.

- Kaar, E.** (1970). Tormikahjustused loometsades. *Metsanduslikud uurimused* 8, Tallinn 162-168.
- Kilpeläinen A., Gregow H., Strandman H., Kellomäki S., Venäläinen A., Peltola H.** (2010) Impacts of climate change on the risk of snow- induced forest damage in Finland. *Climate Change Management*, 99, 193–209.
- Kosenkranius H.** (1943). Aegjärgulistest raietest. *Eesti Mets* 1, 15-18; 2, 39-43.
- Laas, E.** (1987). Dendroloogia. Tallinn: Valgus. 109-110 lk.
- Laiho, O.** (1987). Metsiköiden alttius tuulituhoille Etelä-Suomessa. *Folia Forestalia* 706, 1–24 (Susceptibility of forest stands to wind throw in Southern Finland. Soome keeles, ingliskeelse kokkuvõttega).
- Li, X., Jin, L., Zhu, J., Liu, L., Zhang, J., Wang, Y., Zhu, C.** (2018). Response of species and stand types to snow/wind damage in a temperate secondary forest, Northeast China. *Journal of Forestry Research* 29, 395–404.
- Lohmander, P., Helles, F.** (1987). Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2, 227–238.
- Lundqvist, L., Valinger, E.** (1996). Stem Diameter Growth of Scots Pine Trees after Increased Mechanical Load in the Crown during Dormancy and (or) Growth. *Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture*, 77, 59–62.
- Mason, B., Valinger, E.** (2013). Managing forests to reduce storm damage. Chapter 4 b. In: Gardiner B, Schuck A, Schelhaas M-J, Orazio C, Blennow K, Nicoll B. Living with storm damage to forests: what science can tell us 3. Joensuu: *European Forest Institute*, 87–96.
- Mitchell, S. J.** (1995). A synopsis of windthrow in British Columbia: occurrence, implications, assessment and management. In *Wind and Trees*. M.P. Coutts and J. Grace (eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 448–459.
- Moore, J.A., Zhang, L., Newberry, J.D.,** (1994). Effects of intermediate silvicultural treatments on the distribution of within-stand growth. *Canadian Journal of Forest Research*, 24, 398–404.
- Moore, J. R., Watt, M. S.,** (2015) Modelling the influence of predicted future climate change on the risk of wind damage within New Zealand’s planted forests. *Global Change Biology* 21, 3021-3035.
- Mäkinen, H., Isomäki, A.** (2004). Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland.

Forestry, 77, 4, 349–364.

Nielsen, C.C.N., Glent-Madsen, B., Gaarde, M., Nord-Larsen, T. (2002). Wind stability in semi-mature Norway spruce trees after extensive release in a shelterwood. *Dansk Skovbrugs Tidsskrift*, 2, 41-72 (Taani keeles, ingliskeelse kokkuvõttega).

Peltola, H., Ikonen, V.P., Gregow, H., Strandman, H., Kilpeläinen, A., Venäläinen, A., Kellomäki, S., (2010). Impacts of climate change on timber production and regional risks of wind-induced damage to forest in Finland. *Forest Ecology and Management*, 260, 833–845.

Peltola, H., Kellomäki, S., Väisänen, H., Ikonen, V.-P., (1999). A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch. *Canadian Journal of Forest Research*. 29, 647–661.

Peltonen, M. (1999). Windthrows and Dead-standing Trees as Bark Beetle Breeding Material at Forest-clearcut Edge, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14, 6, 505-511.

Pukkala, T. (2018). Effect of species composition on ecosystem services in European boreal forest, *Journal of Forest Research*, 29(2), 261–272.

Pukkala, T., Laiho O., Lähde, E. (2016). Continuous cover management reduces wind damage. *Forest Ecology and Management* 372, 120–127.

Rosenvald, R., Lõhmus, A., Kiviste, A. (2008). Preadaptation and spatial effects on retention-tree survival in cut areas in Estonia. *Canadian Journal of Forest Research*, 38, 2616 - 2625.

Schelhaas, M.-J., Kramer, K., Peltola, H., van der Werf, S.C., Wijdeven, S.M.J., (2007). Introducing tree interactions in wind damage simulation. *Ecological Modelling*, 207, 197–209.

Scott, R.E., and Mitchell, S.J. (2005). Empirical modelling of windthrow risk in partially harvested stands using tree, neighbourhood, and stand attributes. *Forest Ecology and Management*, 218: 193–209.

Schabak, E. (1931). Talumetsade korraldamisest. – Eesti Mets. Nr. 9, lk 258.

Siitonen, J. (2001). Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins*, 49, 11–41.

Slodicak M., Novak, J. (2006). Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. *Forest Ecology and Management*, 224(3), 252-

257.

Valinger, E., Lundqvist, L. (1992). The influence of thinning and nitrogen fertilization on the frequency of snow and wind induced stand damage in forests. *Scottish Forestry*, 46, 311–320.

Valinger, E., Kempe, G., Fridman, J. (2014). Forest management and forest state in southern Sweden before and after the impact of storm Gudrun in the winter of 2005, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(5), 466-472.

Van Wagner, C.E. (1968). The line intersect method in forest fuel sampling. *Forest Science*, 14, 20-26.

Zeng, H., Peltola, H., Talkkari, A., Venäläinen, A., Strandman, H., Kellomäki, S., Wang, K. (2004). Influence of clear-cutting on the risk of wind damage at forest edges. *Forest Ecology and Management*, 203, 77–88.

Zubizarreta-Gerendiain, A., Pellikka, P., Garcia-Gonzalo, J., Ikonen, V.-P., Peltola, H., (2012). Factors affecting wind and snow damage of individual trees in a small management unit in Finland: assessment based on inventoried damage and mechanistic modelling. *Silva Fennica*, 46 (2), 181–196.

WIND DAMAGE IN PRODUCTIVE SPRUCE FOREST

SUMMARY

The goal of the bachelor's thesis was to examine wind disturbance in productive spruce forests. Wind damage is one of the biggest natural disturbance in forest ecosystem and it causes a lot of damage to forests. This research attempted to find the effects of wind damage on forest edges and inside of the forest. Test areas consist of 60-80 year spruce forests which were thinned. There were 4-6 transects at 10 different test areas where trees perimeter was measured or wind damage was fixated. Trees that were measured were within 5 meters of those transects.

Total of 10 test areas were analysed, wind damage was found at 9 areas. One area was without any wind damage. There were total of 147 trees which were damaged by wind. At those 147, 83 were spruces and other 64 were other species. Hypothesis 3, which said that spruces will be more damaged by the wind was not confirmed by the results of this work because only a little trend showed that spruces were more damaged than other species. Windthrow was detected on 70 occasions, wind-felled trees were detected on 25 occasion and curved trees were detected on 52 occasion. There were 85 wind damaged trees on the edge of the forest and 62 trees inside the forest. Hypothesis 1 – forest edges are more susceptible to wind damage than inside the forest was not confirmed by the results of this work, only a little trend showed that wind damage was bigger at the edge of the forest.

Down timber was found at all test areas. On average there was 33,8 cubic metre/ha of down timber. Spruces down timber constituted 29,2 cubic metre/ha. Similar to the wind damaged, there was more down timber at the edge of the forests. At the edge of the forests there was 1036,6 cubic metre down timber of which 941,3 cubic metre was spruces. Inside the forest there was 732 cubic metre down timber of which 634,8 was spruces.

Subsequent studies could increase the number and area of test areas then results would be more accurate and reliable. At this bachelor's thesis trees were measured from 50 different transects making the total measured area 0,5 hectares.

Mina, Gen Alev

Sünniaeg 02.04.1996,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö
Tuulekahjustused viljakates kuusikutes, mille juhendaja on Raul Rosenvald,

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, 17.05.2018

Juhendaja kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)