



EESTI MAAÜLIKOOL

Metsandus- ja maaehitusinstituut

Metsakasvatuse osakond

Kairit Kasuk

**PUUDE VARISEVOOD KUUSIKUTE JA MÄNNIKUTE
METSÄÖKOSÜSTEEMIDES**

TREE LITTER FLUXES IN SPRUCE AND PINE FOREST ECOSYSTEMS

Bakalaureusetöö

Loodusvarade kasutamise ja kaitse erialal

Juhendaja Gunnar Morozov, *MSc*

Tartu 2017

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Kairit Kasuk		Õppekava: Loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Puude varisevood kuusikute ja männikute metsaökosüsteemides			
Lehekülgi: 27	Jooniseid: 11	Tabeleid: 5	Lisasid: 0
Osakond:	Metsakasvatuse		
Uurimisvaldkond:	Metsakasvatus		
Juhendaja(d):	Gunnar Morozov, <i>MSc</i>		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2017		
<p>Metsa ökosüsteemides sisaldub umbes pool maismaa süsinikuvarust. Peamiselt vähenevad kliimamuutused süsiniku sidumise tulemusel puitsesse biomassi ja metsamulda.</p> <p>Antud bakalaureusetöö keskendub metsa varisevoo uurimisele okaspuupuistute metsaökosüsteemides. Töö põhineb 6 männi (<i>Pinus sylvestris</i>) ja 2 kuuse (<i>Picea abies</i>) puistu metsavarise vaatlusandmetel. Puistud asuvad Lõuna- Eestis: Tartu- ja Põlvamaal.</p> <p>Bakalaureusetöö eesmärgiks on kirjeldada männi ja kuuse puistute variseproduktiooni ning varise sesoonset dünaamikat erineva vanustega puistutes.</p> <p>Varise langemise intensiivsuses eristus selgelt kaks kulminatsiooni – kevad-suvine ning sügisene. Talvel jäi varise langemine miinimumi. Antud töös käsitletud okaspuupuistutes moodustasid metsavarise okkad, oksad ja muu varis. Töö käigus selgus, et varise fraktsionaalne koostis ja produktioon erinevad puistutes vanuse ja peapuuliigi poolest. Samuti avaldas varisele mõju ka eelmisel aastal läbi viidud harvendusraie. Aastane varisehulk jäi 17- kuni 66-aastastes männikutes vahemikku 2.4-4.7 t/ha, 30- kuni 61-aastastes kuusikutes 1.2-4.5 t/ha.</p>			
Märksõnad: süsinikuringe, okaspuud, puistu, ökosüsteemid, harvendusraie			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Kairit Kasuk		Speciality: Natural Resources Management	
Title: Tree litter fluxes in spruce and pine forest ecosystems			
Pages: 27	Figures: 11	Tables: 5	Appendixes: 0
Department:	Silviculture		
Field of research:	Silviculture		
Supervisors:	Gunnar Morozov, <i>MSc</i>		
Place and date:	Tartu, 2017		
<p>Approximately half of the carbon stock is located in forest ecosystems. Climate changes are mainly mitigated by sequestering carbon fluxes into woody biomass and forest soils.</p> <p>The study is based on litterfall observations in four different Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i>) and two Norway spruce (<i>Picea abies</i>) stands between ages of 17-66 and 30-61 years, respectively. Stands are located in southern part of Estonia, Tartu and Põlva county.</p> <p>The aim of this thesis was to describe and analyze litter production and litterfall dynamics in different coniferous forest ecosystems.</p> <p>The intensity of litterfall differed clearly in two maximums – in spring-summer and autumn period. The litter consisted of following fractions: needles, branches and litter of other origin. The results showed that the fractional composition of litter and its production differ by stand age and main tree species. Also the process of forest thinning affected tree litter. The yearly amount of litter in Scots pine stands varied between 2.4 and 4.7 tons per hectare. And the number for Norway spruce stand was in the range of 1.2 and 4.5.</p>			
Keywords: carbon cycle, coniferous, tree stand, ecosystems, thinning			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. METOODIKA	7
1.1. Katsealade üldiseloomustus	7
1.2. Varise kogumine	9
1.3. Variseproovide analüüs.....	10
1.4. Andmeanalüüs	10
2. TULEMUSED.....	11
2.1. Varise sesoone dünaamika ja fraktsionaalne jaotus männikutes	11
2.2. Varise sesoone dünaamika ja fraktsionaalne jaotus kuusikutes.....	16
3. ARUTELU	20
KOKKUVÕTE	22
KASUTATUD KIRJANDUS	24
SUMMARY	26
Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	27

SISSEJUHATUS

Süsinikuringe on atmosfääri ja veekogude vaba CO₂ ning mulla, kivimite ning veekogude karbonaatide ja vesinikkarbonaatide süsiniku tsükliline muutumine orgaaniliste ühendite redutseerunud süsinikuks ja tagasi. Süsiniku ringlemine atmosfääri, veekogude ja maismaa vahel on pikka aega olnud ligikaudu tasakaalus, kuid inimtegevuse tagajärjel on suurenenud süsiniku voog atmosfääri (Masing 1992).

Süsinikuringega on seotud bioloogilised protsessid nagu fotosüntees, hingamine ja lagunemine. Kuid lisaks bioloogilistele protsessidele on lisandunud ka inimtegevuse tulemusena kaks arvestavat voogu: fossiilsete kütuste põletamine (The Royal Society 2001, Grace 2001) ning muutused maakasutuses, millest põhilisemaks võin pidada metsade raiet. Süsinikuringlust mõjutab olulisel määral troopiliste metsade hävitamine. Metsade hävitamise puhul satub atmosfääri palju süsihappegaasi (CO₂). Põllumajandusmaade hülgamine ja metsamaa pindala suurendamine põhjapoolkera keskmistel laiuskraadidel aitavad siduda suurt hulka CO₂.

Metsa ökosüsteemides sisaldub ligikaudu pool maismaa süsinikuvarust - 1146 Gt, millest 360–480 Gt on taimestikis ja 790–930 Gt mullas (Bhatti *et al.* 2002a, Johnson ja Curtis 2001). Metsa ökosüsteemides toimub konstantselt aktiivne süsinikuringe. „Metsa süsinikubilanss koosneb süsiniku omastamise protsessidest (fotosüntees, puu kasv, vananemine, süsiniku akumulatsioon mulda) ja süsiniku vabanemise protsessidest (elusbiomassi hingamine, puu suremine, varise lagunemine, mulla süsiniku oksüdatsioon, mulla orgaanilise ja mineraalosa muundumine)“ (Kukumägi 2005).

„Metsavaris on oluline struktuurne (ehituslik) ja funktsionaalne komponent põhjapoolkera ökosüsteemides. Ta on suur orgaanilise materjali ja toitainete varu ja omab olulist rolli taimestiku taastumisel pärast häirimist. Vanades metsades püsib varisekiht konstantsena, kuna juurdetulek on lagunemisega tasakaalus.“ (*Ibid.*)

Varisena jõuab mulda väga suur osa orgaanilisest ainest, varist langeb aastas maapinnale 1-7 t/ha. Varise omadused ja kogus sõltub suuresti puistu vanusest, tihedusest, juurdekasvust ning liigilisest koosseisust. Okaspuu enamusega puistutes on aastane varisekogus (absoluutkuivana) väiksem võrreldes lehtpuu- ja segametsadega. Männikutes variseb ligikaudu 1-3 t/ha/a ja kuusikutes 1.8-2.5 t/ha/a. (Laas *et al.* 2011)

Varises sisalduv süsinikuvaru moodustab väikese osa kogu ökosüsteemi süsinikust, kuid varise produktsioon avaldab olulist mõju süsiniku sidumisel mulla orgaanilisse ainesse (Seely *et al.* 2002).

Antud töös uuriti varisevoogu männi (*Pinus sylvestris*) ja kuuse (*Picea abies*) puistutes. Tegemist on Eestis kahe enamlevinud okaspuuliigiga. Eesti metsades on männi osakaal pindalaliselt 32.5% ja tagavara suhtes 37.3%. Puistute keskmine vanus riigimetsas on 81 ja erametsas 74 aastat. (Keskkonnaagentuur 2016). Kuusikud moodustavad Eesti metsade kogupindalast 17.6% ja tagavarast 18.1%. Kuusikute keskmine vanus riigimetsas on 53 aastat ning erametsas 64 aastat. (*Ibid.*)

Mänd on vähenõudlik puuliik. Seal, kus pinnas muutub muude puude jaoks talumatult kuivaks või siis vastupidi, liigmärjaks, suudab mänd ainsa puuliigina metsi moodustada (Relve 2007). Üldiselt on mänd aga valgusnõudlik. Männimetsad on peamised puiduandjad tööstusele, jämedamate palkidest valmistatakse saematerjali ning peenematest tselluloosi ja paberit (*Ibid.*). Kuusk erinevalt männist on varjutaluv puuliik, samas ka kiirekasvulisem kui mänd.

Okaspuuenamusega puistutes on varise langemise intensiivsuses kaks kulminatsioonikevad-suvine ja sügisene. Kesksuvel ja talvel on varise langemine miinimumis (Kollist 1967). Männiokaste varisemine suureneb pärast pikemat põuaperioodi või tormi.

Antud töö eesmärgiks on kirjeldada männi ja kuuse puistute varise produktiivsust ning varise sesoonset dünaamikat erinevate vanustega puistutes.

Bakalaureusetöö autor soovib tänada oma juhendajat doktorant Gunnar Morozovit abi eest töö koostamisel. Samuti soovib autor tänada teadur Jürgen Aosaart ja teadur Mats Varikut, kes olid abiks väli- ja labortöödel. Suured tänusõnad lähevad ka Veiko Urile, kelle algatatud on projektid, mille raames on kogutud töös kasutatavad andmed.

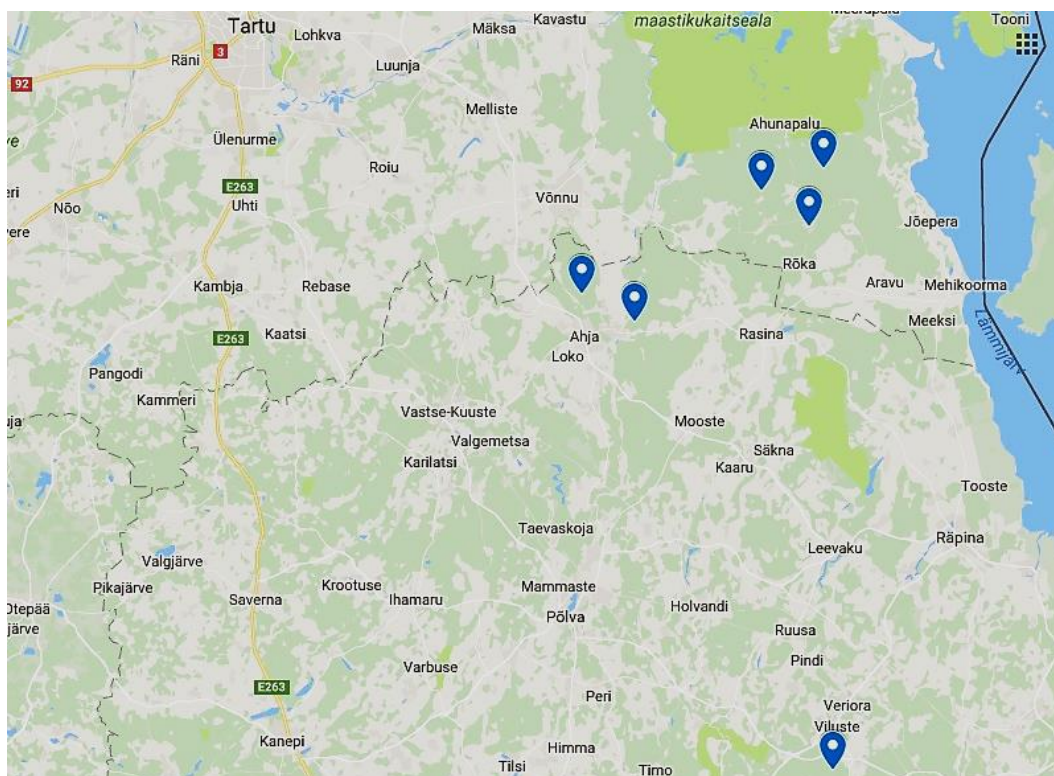
1. METOODIKA

1.1. Katsealade üldiseloostus

Antud töös kasutatud andmed on kogutud aastatel 2014 kuni 2016. Variseprojektiga on töö autor seotud alates 2016. aastast. Uurimus on osa Riikliku keskkonnaseire tugiprogrammi arendustegevuse tööprojektist: Metsavarise seire, uuringud ja modelleerimine. Projekti eesmärk on välja töötada Eesti metsade üheaastast varisevoogu kirjeldav dünaamiline mudel, mis on tarvilik metsade süsinikubilansi koostamiseks. Töös on vaatluse all 4 männi ja 2 kuuse puistut, mis valdavalt asuvad Lõuna-Eestis: Tartu- ja Põlvamaal (Tabel 1, Joonis 1). Katsealadel IM 014-7 ja AH 069-10 on kõrvuti harvendusalad ja kontrollalad. Uuritavad puistud asuvad E. Lõhmuse (1984) klassifikatsiooni järgi mustika (MS), mustika-kõdusoo (MO), naadi (ND) ja jänesekapsa-kõdusoo (JO) kasvukohatüüpides.

Tabel 1. Katsealade iseloostus

Nr	Puuliik	Puistu nimetus	Koordinaadid	Katseala pindala, m ²	Varisekogujate arv	Varisekoguja pindala, m ²	KKT
1	MA	AH 017-2	58°14', 27°04'	625	10	0.25	MS
2	MA	IM 014-7(harv)	57°58', 27°20'	900	7	0.36	MS
	MA	IM 014-7(kntr)	57°58', 27°20'	900	7	0.36	MS
3	MA	AH 069-10(harv)	58°13', 27°08'	750	7	0.36	MS
	MA	AH 069-10(kntr)	58°13', 27°08'	750	7	0.36	MS
4	MA	JS 150-3	58°18', 27°19'	1296	6	0.53	MO
5	KU	JS 299-13	58°16', 27°18'	1750	7	0.53	ND
6	KU	JS 140-6	58°17', 27°16'	520	6	0.53	JO



Joonis 1. Katsealade asukohad kaardil (Allikas: Google Maps)

Kõikidel katsealadel on viidud läbi takseermõõtmised. Rinnasdiameeter mõõdeti 1.3 meetri kõrguselt puu juurekaelast. Mõõtmiseks kasutati metsakluppi, täpsusega 0.1 cm. Rinnaspindala mõõtmiseks kasutati Bitterlichi relaskoopi. Puistute takseerandmed on esitatud tabelis 2. Katsealadel valiti välja 10 puud, mis iseloomustasid puistut kõige paremini; nendel puudel määrati lisaks Suunto klinomeetriga kõrgus ning vanus, mille tarvis puuriti juurdekasvupuuriga puursüdamik. Antud katsealade vanused jäid männikutes vahemikku 17 kuni 66 aastat ning kuusikutes 30 kuni 61 aastat. Aastatel 2015 ja 2016 koguti männikutes varist katsealal JS 150-3. Ülejäänud männikutes koguti varist vaid aastal 2016. Kuuse katsealalt JS 140-6 toimus varise kogumine aastast 2014 kuni 2016. Kuusikust JS 299-13 koguti varist 2016. aastal.

Tabel 2. Katsealade parameetrid

Puu- liik	Puistu nimetus	Mõõ- tis- aasta	Vanu s, a	Keskmine rinnas- diameeter ($D_{1,3}$), cm	Kesk- mine kõrgus, m	Puude arv hek- taril	Taga- vara, $m^3 ha^{-1}$	Rinnas- pindala (G), $m^2 ha^{-1}$
MA	AH 017-2	2016	17	8.6	8.5	2944	106.2	17.3
	IM 014-7(harv)	2016	25	12.0	12.4	2000	134.0	22.8
	IM 014-7(kntr)	2016	25	10.9	12.4	2744	151.2	25.8
	AH 069-10(harv)	2016	45	19.1	18.1	813	235.6	23.3
	AH 069-10(kntr)	2016	45	16.9	17.9	1413	317.9	31.6
	JS 150-3	2015	65	20.0	20	617	218.2	20.1
KU	JS 299-13	2016	30	10.0	14.7	2760	170.0	21.7
	JS 140-6	2014	59	22.7	19.5	942	208.5	25

1.2. Varise kogumine

Varise kogumiseks asetati puistutesse maapinnale meetri kõrgusele varisekogujad (Joonis 2). Metallraamile oli kinnitatud polüetüleenvõrk, mille silma läbimõõduks oli 1 mm. Varisekogujate pindalad katsealadel olid vahemikus 0.25-0.53 m². Kogujad pandi proovialadele üles hajusalt, et kirjeldada puistute varisevooge võimalikult täpselt. Varisekogujad paigutati teede, kraavide ja eraldisepiiride lähedusest eemale, et vältida servaeefekti esinemist. Variseproovide kogumine toimus peamiselt kevadest hilissügiseni, kuid kontrollimas käidi ka talveperioodil. Talvisel ajal oli varise langemine minimaalne. Kogutud varis pakendati paberist kotti, suleti ja märgistati katseala tunnuse, varisekoguja numbri ja kogumise kuupäevaga. Paberist kott võimaldas hiljem kuivatuskapis õhu ja niiskuse liikumist nii, et varis saaks õhukuivaks ning samuti välditi hallituse teket.



Joonis 2. Varisekoguja männikus

1.3. Variseproovide analüüs

Pärast varise kogumist ja pakendamist viidi proovid laborisse, kus need kuivatati kuivatuskapis Memmert BE 800 vähemalt 48 tundi 65°C temperatuuri juures. Varise voo komponentide ja üldhulga leidmiseks sorteeriti materjal erinevateks fraktsioonideks: okkad, oksad ja muu. Kõik komponendid kaaluti pärast sorteerimist. Pärast kaalumist sisestati andmed arvutisse, leiti puistut iseloomustav keskmine varisekogus ning arvutati välja varisevoog. Samuti leiti fraktsioonide jagunemine ja koguvarise mass hektari kohta.

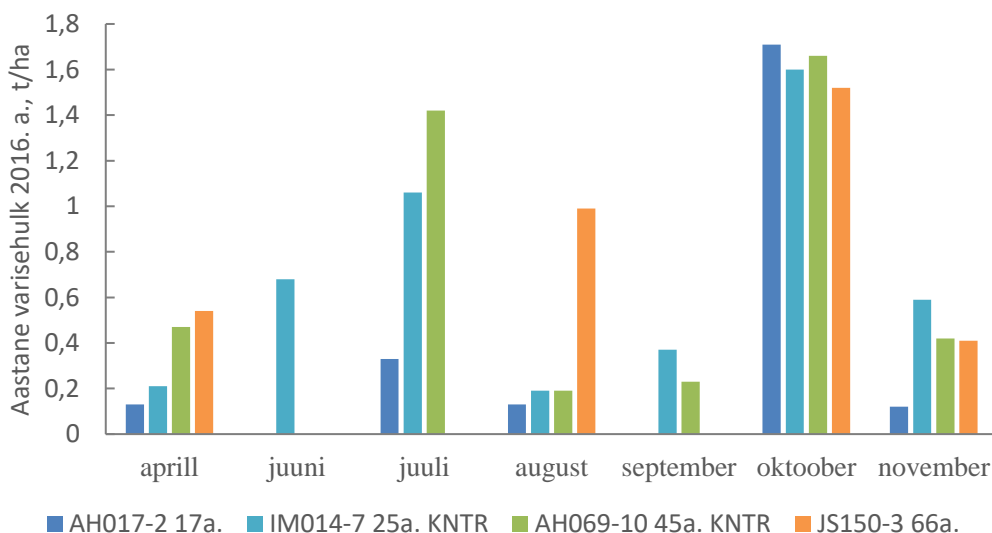
1.4. Andmeanalüüs

Andmete tötluseks ja analüüsiks kasutati arvutiprogrammi Microsoft Excel. Samuti on Microsoft Exceli keskkonnas tehtud töös olevad graafikud ning tabelid.

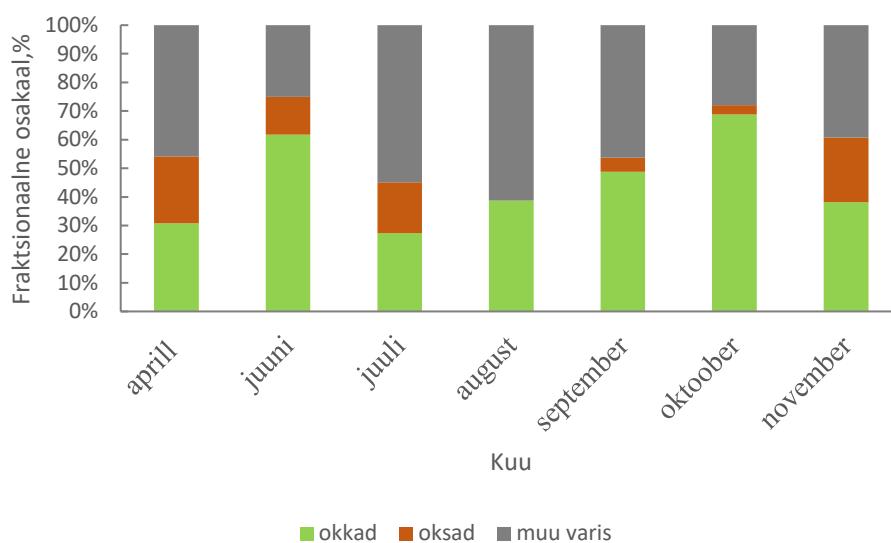
2. TULEMUSED

2.1. Varise sesoone dünaamika ja fraktsionaalne jaotus männikutes

Andmete töötlemisel selgus, et männi varise dünaamika aasta lõikes oli ebaühtlane. Joonisel 3 on esitatud ühe aasta jooksul langenud varise dünaamika männikutes 2016. aasta näitel. Sarnaselt Kollisti (1967) poolt läbi viidud katsetele, eristub okaspuupuistute aastase varise langemise intensiivsuses kaks kulminatsiooni – kevad-suvine ja sügisene. Intensiivsem varisemine on toimunud juulis ning oktoobris. Jooniselt 4 on näha, et suvisel ajal moodustavad varise põhiliselt okkad ja muu varis, milleks on kooretükid ning käbid. Sügisel perioodil on variseks peamiselt männiokkad, vähesel määral on muud materjali ning väga väike on okste osakaal. Okste osakaal varises suureneb sügise lõpus ning püsib kuni suve alguseni.



Joonis 3. Männikute aastane varise sesoone dünaamika

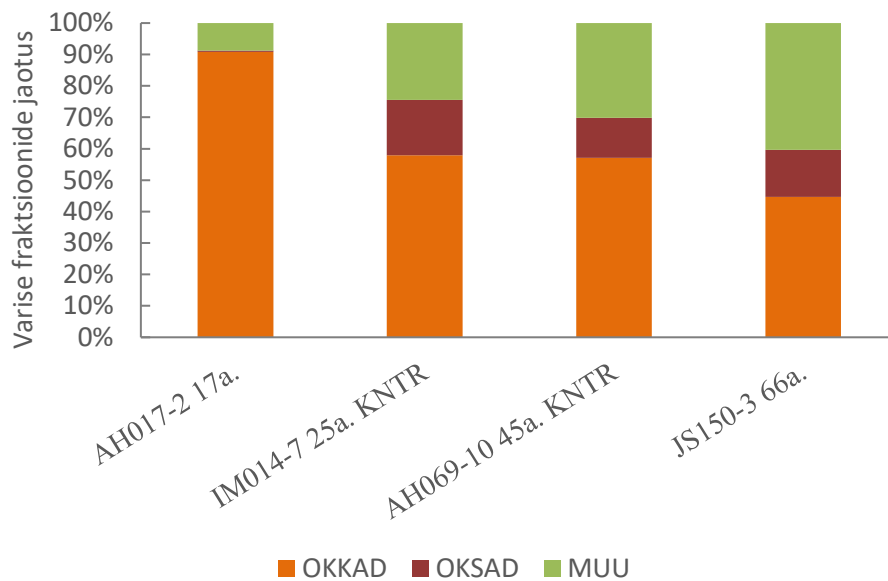


Joonis 4. Männikute aastane fraktsionaalne jaotus kuude kaupa

Aastane varise kogus männi puistutes jäi vahemikku 2.4-4.7 t/ha. Erinevused on tingitud puistu vanusest. Eri vanuses männikute löikes on varist keskmiselt 3.7 t/ha, millest suurima osakaaluga (ligikaudu 62%) oli okkaid. Okste osakaal oli peaaegu 12% ning muud varist oli 26%. Vanuselt teisel alal, IM 014 eraldisel 7, 25- aastasel kontrollalal oli kõige suurem varisevoog. Okkaid varises seal 2.7 t/ha, oksti 0.8 t/ha ja muud varist oli 1.2 t/ha. Teistest erinesid veel ka AH 069 eraldis 10 kontrollala ja JS 150 eraldus 3, kus muu varise osakaal moodustas 30.1% ning 40.3%. Vanuse suurenedes muutus okaste osakaal väiksemaks ning suurenes muu varise osakaal (Tabel 3, joonis 5).

Tabel 3. Uuritud männikute aastane varise hulk 2016. aastal ja fraktsionaalne osakaal

Katseala	Vanus, a	Varise hulk, t/ha	Okka osakaal, %	Okste osakaal, %	Muu varise osakaal, %
AH 017-2	17	2.41	90.9	0.2	8.8
IM 014-7	25	4.71	58.0	17.7	24.3
AH 069-10	45	4.38	57.1	12.8	30.1
JS 150-3	66	3.46	44.7	15.0	40.3



Joonis 5. Männikute varise mass ja fraktsionaalne jaotus

Harvendusraie eesmärgiks on tõsta metsa väärtust, reguleerida tihedust ning parandada puistu koosseisu, samuti võtta kasutusele peagi väljalangevate puude puitu (Metsaseadus). Peale harvendusraiet peaks vähenema kuivanud jalalseivvate puude arv ning lamapuidu hulk, aeglustuma laasumine ja tihenema alustaimestik (Laas *et al.* 2011). Puistu harvendamine vähendab aga võimet mullast omastada toitaineid, kuna harvendusraie tagajärjel satub suurem hulk sademeid variseni (Finer *et al.* 2001).

Tabelist 4 on näha männikute harvendusala ja kontrollala aastane varise sesoonne dünaamika. Võrreldes männipuistutes kontrollalasid ja harvendusalasid, siis eristub selgelt varisevoo mahu erinevus. Maksimaalselt langes varist 25-aastaselt kontrollalal IM 014 eraldusel 7 4.7 t/ha aastas, mis oli 1.6 tonni võrra rohkem kui sama puistu harvendatud alal (3.1 t/ha/a). Varise maht 45-aastaselt AH 069 eraldis 10 harvendusalal oli 2.9 t/ha/a ning see on 1.5 tonni võrra vähem kui sama katseala kontrollalal (4.4 t/ha/a).

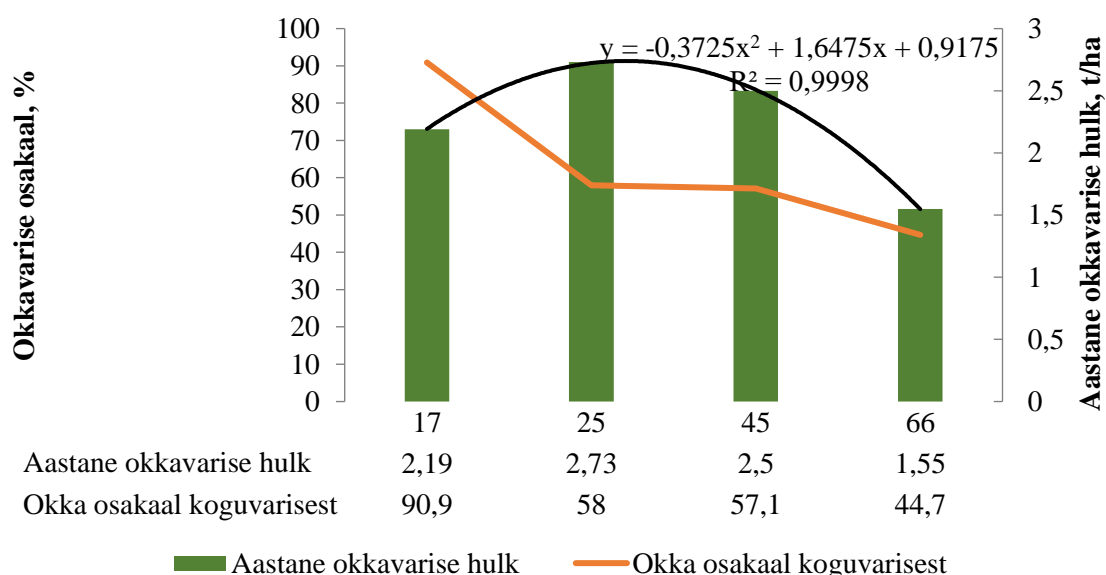
Samuti mõjutab harvendusraie varise fraktsionaalset jaotust, seda okste ja okste puhul. Harvendusraie tagajärjel suureneb okste osakaal harvendusraie järgsel aastal 5-6% ning okste osakaal väheneb 4-7%. Muu varise osakaalule harvendusraie erilist mõju ei omanud.

Tabel 4. Männikute harvendus- ja kontrollala aastane varise hulk ja fraktsionaalne osakaal

Katseala nimi	Ala liik	Vanus, a	Varise hulk, t/ha	Okka osakaal, %	Okste osakaal, %	Muu varise osakaal, %
IM 014-7	Harvendusala	25	3.08	64.2	10.8	25
IM 014-7	Kontrollala	25	4.71	58	17.7	24.3
AH 069-10	Harvendusala	45	2.92	62.1	8.9	29
AH 069-10	Kontrollala	45	4.38	57.1	12.8	30.1

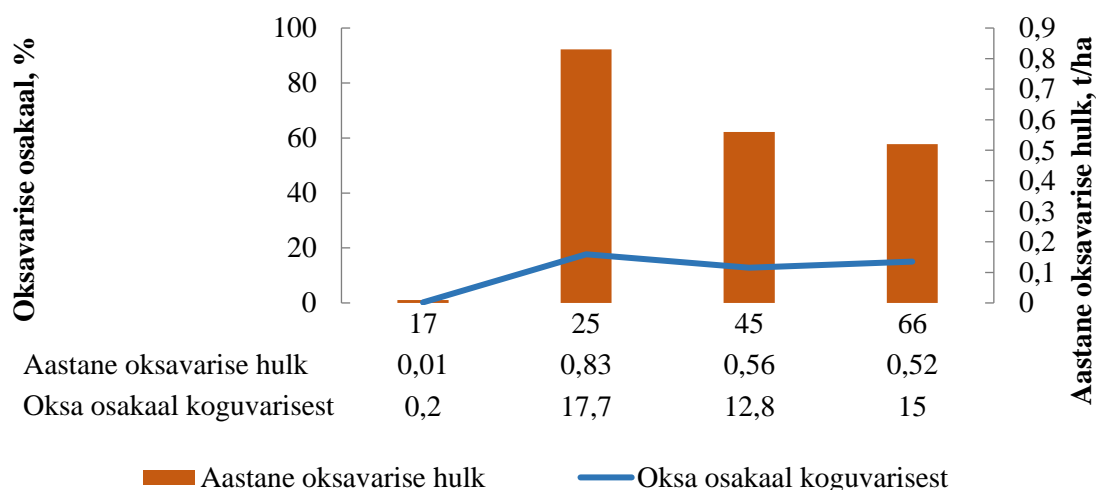
Kõigi funktsioontunnuste puhul on tähtsaks teguriks vanus. Varise kogus ja okste, puiduosa ja muu materjali hulk kasvab vanuse suurenedes, aga kulu ja lagunenuid puidu kogus väheneb. (Kukumägi 2005)

Aastase varisehulga ja puistu vanuse vaheline seos männikutes ning okkavarise osakaal koguvarisest on esitatud joonisel 6. Sealt on näha, et aastane okkavarise hulk jäi männikutes vahemikku 1.6-2.7 t/ha. Okkavarise osakaal koguvarisest oli kõige suurem 17-aastasest männikus 90.9%. Tegemist on tugeva seosega ($R^2=0.9998$). Okaspuupuistutes on variseproduktioon kasvav vanuseni ligikaudu 40 aastat. Pärast seda hakkab varisehulk aeglaselt langema. Maksimaalne varise kogus männikutes oli 25-aastasest puistus – 4.7 t/ha aastas. Kõige väiksem oli varise kogus noorimas, 17-aastasest puistus – 2.4 t/ha aastas.



Joonis 6. Aastase okkavarise hulga ja puistu vanuse vaheline seos männikutes ning okkavarise osakaal koguvarisest

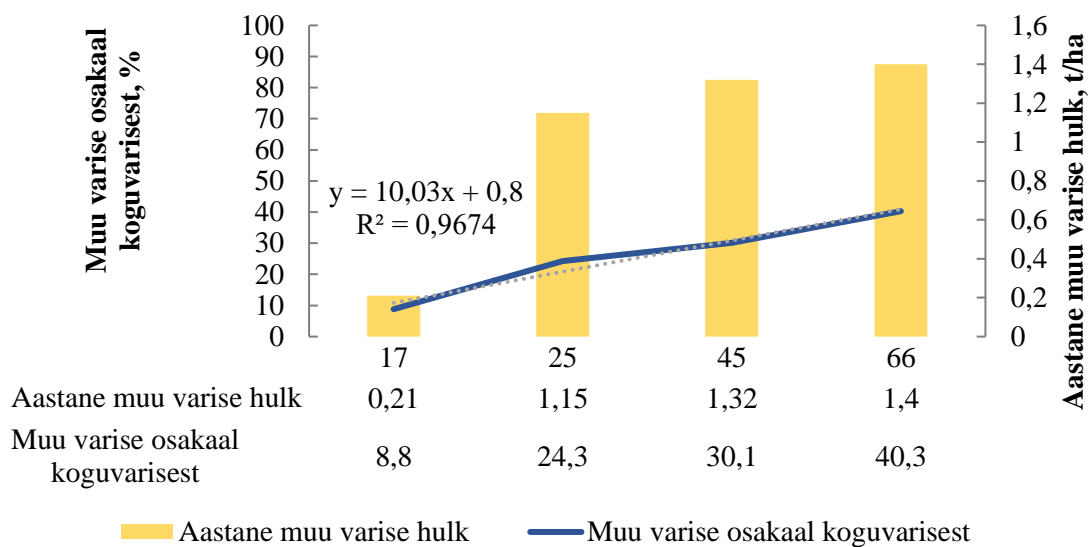
Oksavarise hulk männikutes muutub samuti puistu vanusega (joonis 7), algul kiiresti tõustes ning pärast kulminatsiooni tasapisi vähenedes. Erinevalt okastest säilib okste osakaalu suhe koguvarisesse puistu vanuse suurenedes. Oksavarise aastane hulk jääb vahemikku 0.01-0.83 t/ha. 25- aastases männikus on oksavarise osakaal kõige suurem 17.7%, kõige väiksem aga 17-aastases (0.2%).



Joonis 7. Aastase oksavarise hulga ja puistu vanuse vaheline seos männikutes ning oksavarise osakaal koguvarisest

Kasesalu (1965) tehtud uurimuses on jõutud tulemusele, et männi enamusega puistutes jäi oksavarise mass vahemikku 0.1-0.3 t/ha. Antud töös uuritud männi aladel on see suurem kui varasema kirjanduse Kasesalu (1965) näitel.

Joonisel 8 on esitatud andmed aastase muu varise langemise dünaamika kohta männikutes. Muu varise aastane hulk jääb vahemikku 0.2-1.4 t/ha. Kõige väiksem on osakaal 17-aastases männikus (8.8%) ja kõige suurem on 66-aastases männi puistus (40.3%). Võib öelda, et aastane muu varise hulk ning osakaal koguvarisest männikutes suureneb vanuse kasvades.

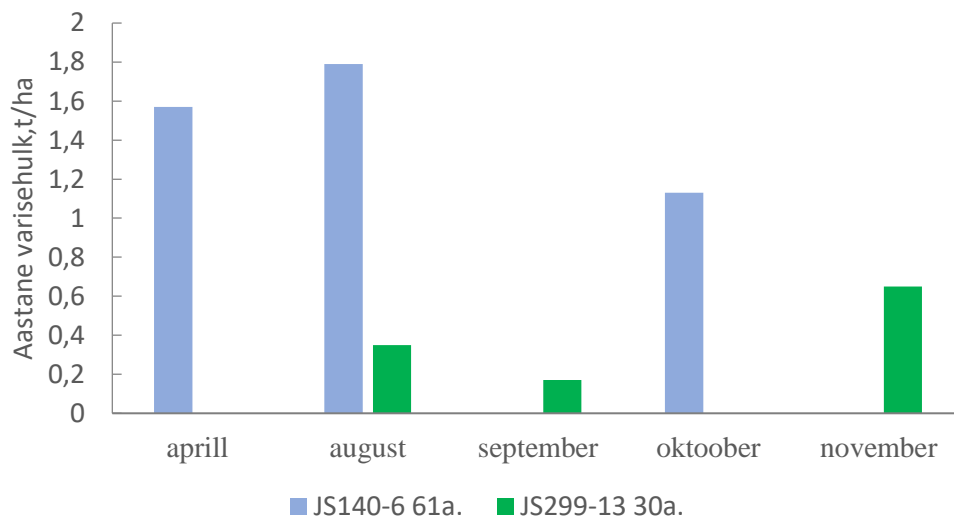


Joonis 8. Aastane muu varise hulga ja puistu vanuse vaheline seos männikutes ning muu varise osakaal koguvarisest

2.2. Varise sesoonne dünaamika ja fraktsionaalne jaotus kuusikutes

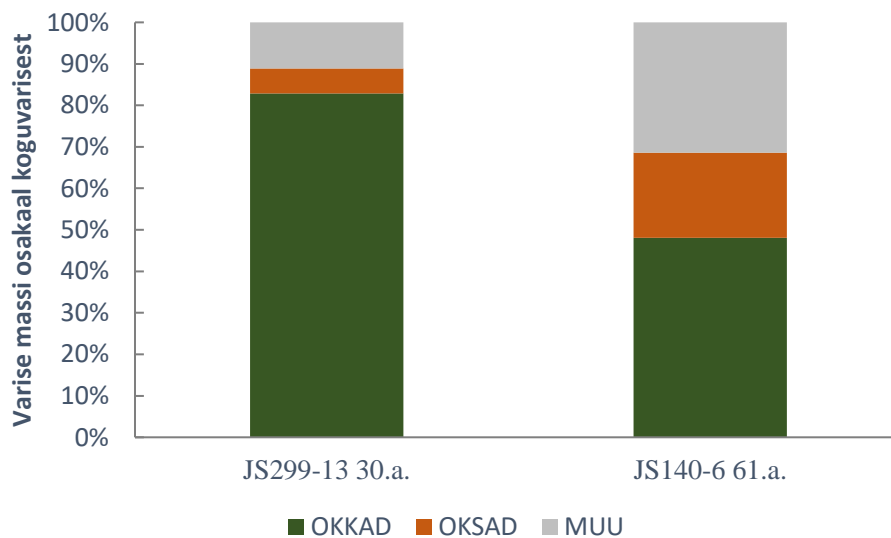
Kuusikute aastase varise hulk katsealadel oli erinev, kuid ühtlasem kui männikutes. Puuduseks andmetes võib pidada katsealade nappust. Hansson *et al.* (2011) on leidnud, et männikutes on suurem varise kogus kui kuusikutes ning üheks selgituseks on peetud okaste eluiga. Männi okaste elueaks on loetud 2 aastat ja kuuse okaste eluiga on 6 aastat.

Joonisel 9 on toodud varise aastane dünaamika kuusikutes 2016. aastal. Jooniselt ilmneb, et 61-aastases JS140 eraldisel 6 kasvavas kuusikus on suurim varise mass esinenud augustis. Kolmekümne aastases JS299 eraldisel 13 olevas kuusikus on varist olnud kõige rohkem novembris. Selgelt on näha ka vanuselist vahet, 61-aastases kuuse puistus on varise hulk poole suurem kui 30-aastases kuusikus.



Joonis 9. Kuusikute aastane varise sesoonne dünaamika 2016. aastal

Joonisel 10 on esitatud kuusikute varise fraktsionaalne jaotus. Aasta jooksul langeb kuusikutes maapinnale 1.8-4.5 t/ha varist. Keskmiselt tekib kuusikutes varist 2.8 t/ha, sellest üle poole moodustavad okkad (56%). Kuusikutes on okste osakaal 16% ning muu varise hulk moodustab 28%.



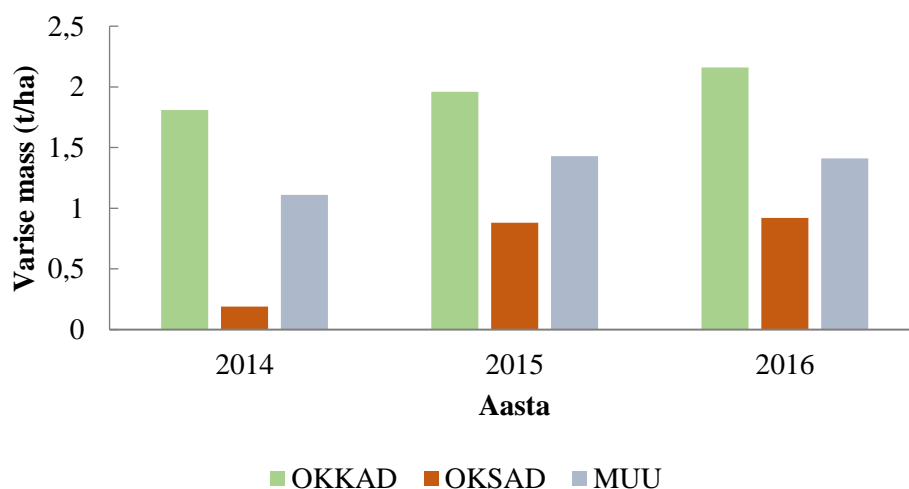
Joonis 10. Kuusikute aastane varise massi jaotus ja fraktsioonide osakaal

Kolmekümne aastases kuusepuistus on okaste osakaal üle 80% (tabel 5) ning selgus, et 61-aastases on okaste osakaal peaaegu poole väiksem. Suurenenud on okste ning muu varise osakaal. Sama tendents oli märgata ka männikutes, kus vanuse suurenedes vähenes oksavarise osakaal ning suurenes muu varise osakaal.

Tabel 5. Uuritud kuusikute aastane varise hulk 2016. aastal ja fraktsionaalne osa

Katseala nimi	Vanus, a	Varise hulk, t/ha	Okka osakaal, %	Okste osakaal, %	Muu varise osakaal, %
JS 299-13	30	1.17	83	5.8	11.2
JS 140-6	61	4.49	48.1	20.5	31.4

JS 140 eraldis 6 on kuuse puistutest põhikatseala, kus on kogutud metsavarist kolmel järjestikusel aastal – 2014 kuni 2016. Antud katseala on 61-aastane ning asub jänesekapsakõdusoo kasvukohatüübis. Joonisel 11 on kujutatud JS 140 eraldis 6 varise langemise aastane ning fraktsionaalne jaotus. Aastal 2014 langes varist 3.1 t/ha, millest okaste osakaal oli 58.2% ning okste osakaal oli 6.1%. Aastal 2015 esines varist 4.3 t/ha. Võrreldes eelmise aastaga on okaste osakaal kahanenud, kuid kasvanud on okste osakaal. Okkaid oli 45.9% ja oksti oli 20.6%. Aasta 2016 tulemused sarnanevad 2015. aasta tulemustele. Varist esines veidi enam kui 2015. aastal (4.5 t/ha). Okaste osakaal oli 48.1% ning okste osakaal koguvarisest moodustas 20.5%.



Joonis 11. JS 140-6 kolme aasta läbilõige ning fraktsionaalne jaotus

Kuuse puistute vanuse suurenedes varise kogumass kasvab, sama tendentsi oli märgata ka männikutes. Käesolevas töös, 30-aastases kuusikus, oli aastane varisevoog 1.2 t/ha aastas ja 59-aastases kuuse puistus oli sama näitaja 4.5. Kui võrrelda antud tulemusi Saarisalmi *et al.* (2007) uurimuse tulemustega, siis vanusest sõltuv varise mahalangemine ühtib. Seal toodud tulemustes oli varist 32-aastases kuuse puistus keskmiselt 2.4 t/ha ja 60-aastases puistus oli metsavarise keskmine kogukaal 3.2 t/ha.

3. ARUTELU

Kõige suurem varisevoog oli puistus IM 014 eraldusel 7 (4.7 t/ha), tegemist oli kontrollalaga 25- aastases männipuistus. Variseks olid männiokkad, oksad ning muu varis. Okkaid oli ligikaudu 62%, okste osakaal oli peaaegu 12% ning muud varist oli 26%. Männikutes vanuse suurenedes muutus okaste osakaal väiksemaks ning suurenes muu varise osakaal. Kui 17-aastases männi puistus oli okaste osakaal 90.9%, siis 66-aastases oli see 44.7%.

Muu varise kogus oli nooremas, 17-aastasel katsealal 8.8%, siis vanimas 66-aastases oli see 40.3% koguvarisest. Selgelt oli märgata vanusest tingitud varise fraktsionaalse jaotuse muutust. Männid jõuavad puistus alates 25-aastaselt viljakandvusikka ning varise hulka olid lisandunud käbid, mis loeti muu varise hulka. Männi koor, mis klassifitseerus samuti muu varise alla, hakkab puu vanuse suurenedes rohkem varisema. Okste osakaalu suurenemist võib põhjendada vanade okste suremisega. Mänd on valgusnõudlik puuliik ning puistus kasvades on tal vaja pidevalt kasvada konkurentidest kõrgemale ja saada enam valgust. Vanad alumised oksad, mis jäävad varju, muutuvad ebavajalikuks ja need aja käigus kuivavad ning varisevad puult.

Kahes männikus AH 069 eraldusel 10 ning IM 014 eraldusel 7 olid harvendusraie alad ning kontrollalad. Harvendusaladel oli läbi viidud harvendusraie 2015. aastal, ning antud töös oli võimalik uurida, kuidas see mõjutas järgmisel aastal varise langemist. Tulemustest selgus, et harvendusaladel oli tunduvalt vähenenud varise hulk, mis tundus ka igati loogiline. Kui AH 069 eraldusel 10 kontrollalal oli varise hulk 4.4 t/ha, siis harvendusalal oli varise hulk 2.9 t/ha. Samas oli erinev okaste osakaal – kontrollalal oli okkaid 57.1% ning harvendusalal oli see näitaja 62.1% koguvarisest. Okste osakaal vähenes harvendusalal, olles 8.9%, kontrollalal aga 12.8%. Muu varise osakaal oli jäänud peaaegu samaks. Katsealal IM 014-7 harvendusalal oli varise hulk 3.08 t/ha, kontrollalal on 4.7 t/ha. Okka osakaal oli harvendusalal 64.2% ning kontrollalal 58.0% koguvarisest. Harvendusalal on väiksem oksa osakaal kui kontrollalal, vastavalt 10.8% ja 17.7%. Harvendusalade ja kontrollalade võrdluses oli kahe eri vanusega paaride puhul selgelt

märgata varise mahu ja osakaalu muutumist harvendusele järgneval aastal. Harvendusraie tulemusel väheneb nii puude hulk ja seega potentsiaalne varis ning samuti väheneb laasumisprotsess, mille tulemusena omakorda väheneb oksavarise osakaal. Okaste langemine on puude vähenemisega küll mahult vähenenud, aga loomuliku protsessina see jätkub, sest langenud okkad on oma elutsükli läbinud ja toimub okaste vahetumine.

Kuusikutes oli langenud suurim varise mass augustis ja novembris. Kuusikutest langes varist maapinnale kõige rohkem JS 140 eraldusel 6, 61-aastases puistus, kus oli varise kogus 4.5 t/ha aastas. Kui 30-aastases kuusikus oli varise massiks peamiselt okkad, ehk okaste osakaal on üle 80%, siis 61-aastases on okaste osakaal poole väiksem ning seal on rohkem oksid ning muud varist. Samas kahe puistu võrdluses ei saa väita, et kuusikute vanuse suurenedes okste osakaal veelgi suureneks, sest männikute puhul oli vaid noorimas puistus okste osakaal äärmiselt väike.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli kirjeldada männi ja kuuse puistute varise produktsiooni ja sesoonsed dünaamikad erinevate vanustega puistutes. Samuti analüüsiti puistu vanuse ning variseproduktsiooni vahelisi seoseid.

Andmed, mille alusel töö valmis koguti katsealadelt, mis paiknesid Lõuna-Eestis: Põlva ning Tartu maakonnas. Katsealadeks oli 4 männi ja 2 kuuse puistut.

Varise sesoonses dünaamikas esines selgelt kevad-suvine ja sügisene maksimum. Männikud olid 17- kuni 60-aastased ning nende aastane varisehulk jäi vahemikku 2.4-4.7 t/ha. 30- ja 59-aastastes kuuse puistutes saadi varist 1.2-4.5 t/ha aastas. Mõlemale puuliigile omaselt oli enamikes puistutes peamiseks varise koostisosaks okkad (osakaaluga koguvarisest 44.7-90.9%).

Männikutes toimus intensiivsem varisemine juulis ning oktoobris. Suvisel perioodil oli peamiseks variseks männiokkad ja muu materjal, mille moodustasid põhiliselt käbid ning kooretükid. Sügisel korjatud varis koosnes enamasti männiokkastest, vähesel määral oli muud varist ja väga väike osakaal oli okstel.

Okste osakaal männikutes oli suhteliselt väike ja jäi vahemikku 0.2-17.7% koguvarisest. Märkata oli, et noorimas puistus (17-aastane) oli oksavarise osakaal väikseim, kuid ülejäänud kolmes puistus oli see sarnasel tasemel. Kuuse puistutes oli okste osakaal samuti väike, jäädes vahemikku 5.8-20.5%. Selgus, et nooremas (30-aastane) kuusikus oli okste osakaal väiksem kui vanemas kuusikus (61-aastases).

Muu varisehulga osakaal männikutes jäi vahemikku 8.8-40.3%. Saadud tulemused näitavad, et vanuse kasvades okaste osakaal kahaneb ning kasvab muu varise kogus. Kuuse puistutes jäi muu varise osakaal vahemikku 11.2-31.4%, olles suurem 61-aastases kuusikus. Töös ilmnes, et vanus on varise üldhulka ning kõiki varise fraktsioone oluliselt mõjutav tegur.

Lisaks selgus ka, et puistute variseproduktioon ei kasva lõputult, puistu saavutab mingis vanuseses varise mahu kulminatsiooni. Käesoleva töö näitel oli männil selleks 25 aastat, samas ka 45-aastases männikus oli varise aastane maht suhteliselt suur. Pärast seda vanust toimub aastase varise mahu pidev kahanemine.

Töös olnud kahe männi harvendus- ning kontrollala võrdluses selgus, et harvendusraie mõju järgneva aasta varise produktiivsusele ning fraktsionaalsele jaotusele oli olemas.

Kui aga võrrelda männikuid kuusikutega, siis 66-aastases männikus on varist langenud vähem kui 61-aastases kuusikus, vastavalt 3.5 t/ha ja 4.5 t/ha. Kogu varise hulk varieerub erinevates puistutes ning oleneb suuresti peapuuliigist.

Varis on oluline süsinikuvoog metsas ning teaduslikus kui ka praktilises töös on vajalik tunda varise dünaamikat, kogust ja fraktsionaalset jaotust. Oluline oleks andmete pidev täiendamine ja vaadelda antud puistuid pikema perioodi jooksul, et saada küllaldane ja põhjalik ülevaade antud teemast ning võimalusel kaasata ka rohkem alasid uuringusse.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Bhatti, J.S., Apps, M.J., Tarnocai, C.** (2002a). Estimates of soil organic carbon stocks in central Canada using three different approaches. -*Canadian Journal of Forest Research*. 32, pp 805-812.
2. **Finer, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S., Starr, M.** (2001). Carbon and nitrogen pools in an old-growth, Norway spruce mixed forest in eastern Finland and changes associated with clear-cutting. -*Forest Ecology and Management*. 174, pp 51-63.
3. Google Maps. (2017). Google Inc. Googleplex, California, U.S. [<https://maps.google.com/>] (1.05.2017).
4. **Grace, J.** (2001). Encyclopedia of Biodiversity: Carbon cycle. 1.
5. **Hansson, K., Olsson, B.A., Olsson, M., Johansson, U., Kleja, D.B.** (2011). Differences in soil properties in adjacent stands of Scots pine, Norway spruce and silver birch in SW Sweden. -*Forest Ecology and Management*. 262, pp 522-530.
6. **Johnson, D.W., Curtis, P.S.** (2001). Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. -*Forest Ecology and Management*. 140, pp 227-238.
7. **Kasesalu, H.** (1965) Metsavarise hulga ja koostisest nõmmemetsas. - *Metsanduslikud uurimused IV*. Lk 83-91.
8. Keskkonnaagentuur. (2016). Aastaraamat Mets 2014. Yearbook of Forest 2014. [*online*] (15.03.2017)
9. **Kollist, P.** (1967) Puistu varisest siirdesoometsades ja kuivendamise mõju sellele. - *Metsanduslikud uurimused V*. Lk 148-163.
10. **Kollist, P.** (1968) Varisega mulda tagastatavast mineraalainete hulga kuivendamata ja kuivendatud siirdesoometsades. - *Metsanduslikud uurimused VI*. Lk 114-128
11. **Kukumägi, M.** (2005) Varisekihi ja varise sesoonse voo koostis ja hulk ning ringeajad kuuse-kase segametsa aegreas. Bakalaureusetöö. Tartu Ülikool, Botaanika ja ökoloogia instituut.
12. **Laas, E.** (2004). Okaspuud. Tartu: Altex. 360 lk
13. **Laas, E., Uri, V., Valgepea, M.** (2011) Metsamajanduse alused: õpik kõrgkoolidele. Lohkva: Greif. 863 lk.

14. **Lõhmus, E.** (1984). Eesti metsakasvukohatüübid. Tallinn. 76 lk.
15. **Masing, V.** (1992) Ökoloogialeksikon. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus. 320 lk.
16. Metsaseadus (vastu võetud 06.06.1996, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 18.06.2016). – Riigi Teataja <https://www.riigiteataja.ee/akt/MS> (02.05.2017).
17. **Muukkonen, P.** (2004). Needle biomass turnover rates of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) derived from the needle-shed dynamics. Springer-Verlag.
18. **Relve, H.** (2007) Puude juurde. Tallinn: Eesti loodusfoto. 215 lk.
19. **Saarisalmi, A., Starr, M., Hokkanen, T., Ukonmaanaho, L., Kukkola, M., Njöd, P., Sievänen, R.** (2007). Predicting annual canopy litterfall production for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands – *Forest Ecology and Management*. Vol 242, pp 578-586.
20. **Seely, B., Welham, C., Kimmins, H.** (2002). Carbon sequestration in a boreal forest ecosystem: results from the ecosystem simulation model, FORECAST. – *Forest Ecology and Management* 169, 123-135.
21. **Sepaste, A.** (2016) Varisevood erinevates lehtpuupuistute metsaökosüsteemides. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikool, Metsandus- ja maaehitusinstituut.
22. The Royal Society. (2001). The role of land carbon sinks in mitigating global climate change. The Royal Society, July.

TREE LITTER FLUXES IN SPRUCE AND PINE FOREST ECOSYSTEMS

SUMMARY

The aim of this thesis was to describe and analyze litter production and litterfall dynamics in Scots pine and Norway spruce forest ecosystems.

The study is based on litterfall observations in four different Scots pine (*Pinus sylvestris*) and two Norway spruce (*Picea abies*) stands between ages of 17-65 and 30-59 years, respectively. Stands were located in Southern Estonia – Tartu and Põlva county. The data was mainly collected in 2016, but some samples were collected before. The litter collecting took place in a time period from spring to autumn. The litter that has fallen during winter, was collected in the first litter sample in the spring. The litter was dried and separated into three fractions: needles, branches and litter of other origin (cones, bark, etc.).

The amount of litter in a Scots pine stand was in the range of 2.4 to 4.7 t/ha annually. And the annual amount of Norway spruce litter was in the range of 1.2 to 4.5 t/ha. From the gathered data, it turned out that seasonal dynamics of litterfall had two maximums – in spring-summer and autumn.

The amount of litter increased with the age of the stand, despite the species. For every stand there comes an age, where litterfall is at its maximum and after that point the amount of litter per year starts to decrease steadily. The litter distribution in older stands consisted of fewer needles and more litter of other origin compared to younger stands. In the youngest pine stand, the percentage of needles was 90.9, branches 0.2 and litter of other origin 8.8.

In two pine stands, there were control and thinning area next to each other. After thinning, the litterfall amount of next year decreased and the proportions of litter fractions changed – the percentage of needles increased and the part of branches decreased. Thinning did not have any significant effect on litter of other origin.

The collecting of the data of tree litter fluxes should continue for getting a better understanding about litterfall dynamics in Scots pine and Norway spruce stands.

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

Mina, Kairit Kasuk

(sünnipäev pp/kuu/aa 28.03.1995)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Varisevood erinevates okaspuupuistute ökosüsteemides,

mille juhendaja on Gunnar Morozov,

- 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.
- 4.

Lõputöö autor _____

Allkiri

Tartu, 17.05.2017

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)