



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maachitusinstituut

Mari Nurme

**AEGJÄRKSE JA HÄILRAIE MÕJUD ALUSTAIMESTIKULE
JA LOODUSLIKULE UUENDUSELE JS276-8 JA CO036-5
KATSEALADEL**

THE IMPACTS OF REGULAR SHELTERWOOD AND GAP
FELLING ON UNDERSTOREY VEGETATION AND NATURAL
REGENERATION IN THE EXPERIMENTAL AREAS OF JS276-8
AND CO036-5

Bakalaureusetöö

Metsanduse õppekava

Juhendaja: Teadur Tea Tullus, *Phd*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Mari Nurme		Õppekava: metsandus	
Pealkiri: Aegjarkse ja häilraie mõjud alustaimestikule ja looduslikule uuendusele JS276-8 ja CO036-5 katsealadel			
Lehekülgi: 39	Jooniseid: 20	Tabeleid: 12	Lisaid: 0
Osakond:	Metsakasvatuse ja metsaökoloogia		
Uurimisvaldkond:	metsabotaanika		
Juhendaja(d):	Tea Tullus, <i>PhD</i>		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2021		
<p>Lageraie suhtes on ühiskondlik seisukoht sageli kriitiline. Seetõttu soovitatakse kasutada metsade uuendamisel rohkem alternatiivseid raieviise, näiteks turberaieid. Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on analüüsida kahe turberaieviisi – aegjarkse ja häilraie - mõjusid metsa alustaimestikule ja loodusliku uuenduse tekkele. Töös iseloomustatakse kahe katseala andmete põhjal, millised muutused toimuvad aegjarkse ja häilraie järel puhma-rohu- ja samblarinde liigirikkuses ning liigilises koosseisus. Samuti hinnatakse, kas kahel turberaieviisil on alustaimestikule sarnane või erinev mõju. Lisaks hinnatakse männi ja kase uuenduse teket.</p> <p>Töö jaoks vajalikud andmed koguti alustaimestiku püsiprooviruutudelt JS276-8 ja CO036-5 katsealadelt 7-8 aastat pärast raiet. Välitööde käigus tehti ka iga püsiprooviruudu keskel puhma-rohurinde kohalt poolsfäärifotod, mida kasutati valgustingimuste kirjeldamiseks. Kogutud andmeid võrreldi juhendaja poolt enne raiet kogutud andmetega.</p> <p>Tulemustest selgus, et raie-järgsed muutused alustaimestikus olid mõlema raieviisi korral enamasti sarnased. Raieviisil ei olnud mõju soontaimede ja samblaliikide keskmisele liigirikkusele prooviruutudel, samblarinde üldkatvusele ja kaseuuenduse arvukusele. Küll aga oli raieviisil mõju männi uuenduse arvukusele, mis oli arvukam aegjarkse raie korral. Lisaks tekkis häilu sees olevates püsiprooviruutudes oluliselt rohkem kaseuuendust, võrreldes häilust väljas olevate ruutudega. Kokkuvõtvalt võib öelda, et aegjarkne ja häilraie ei tekita suuri muutusi alustaimestikus.</p>			
Märksõnad: turberaie, soontaimed, samblad, männi uuendus			



Estonian University of Life Sciences		Abstract of Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Mari Nurme		Speciality: forestry	
Title: The impacts of regular shelterwood and gap felling on understorey vegetation and natural regeneration in the experimental areas of JS-276-8 and CO036-5			
Pages: 39	Figures: 20	Tables: 12	Appendixes: 0
Chair:	Silviculture and Forest ecology		
Field of research:	Forest botany		
Supervisor:	Tea Tullus, <i>PhD</i>		
Place and date:	Tartu, 2021		
<p>The social opinion is often critical towards clear-cutting. Therefore, the wider use of alternative logging methods, such as shelterwood, is recommended for reforestation. The aim of this bachelor's thesis is to analyse the effects of two shelterwood methods – regular shelterwood and gap felling – on the understorey vegetation and formation of natural regeneration. The paper relies on data collected from two experimental areas. The thesis describes the changes in the species richness and composition of vascular plants and bryophytes. It is also assessed whether the two shelterwood cutting methods have similar or different effects on the understorey vegetation. The formation of pine and birch regeneration is assessed as well.</p> <p>Data were collected from permanent vegetation plots in experimental areas JS276-8 and CO036-5 7-8 years after felling. Hemispherical photographs were also taken in the middle of each plot above the vascular plant layer. Photographs were used to describe the light conditions. Data were compared with pre-harvest data collected by the supervisor.</p> <p>The results showed that post-cutting changes in the understorey were mostly similar for two shelterwood methods. The effects of felling method on the average species richness of vascular plants and bryophytes in the vegetation plots, the total coverage of bryophytes and the abundance of birch regeneration were not significant. However, the felling method affected the number of pine regeneration, which was more numerous in the case of regular shelterwood felling. In addition, there were significantly more birch seedlings in the vegetation plots inside the gaps than in the plots outside the gaps. In summary, regular shelterwood and gap felling do not cause major changes in the understorey vegetation.</p>			
Keywords: shelterwood, vascular plants, bryophytes, pine's regeneration			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. TURBERAIETEST	7
1.1 Turberaie maht Eestis	7
1.2 Turberaie iseloomustus.....	7
1.3 Turberaie viisid	8
1.4 Raie-järgsed muutused alustaimestikis	9
1.5 Loodusliku uuenduse teke aegjärgse ja häilraie korral	10
2. MATERJAL JA METOODIKA	12
2.1 Katsealade kirjeldus	12
2.2 Taimestiku püsiprooviruudud	14
2.3 Välitööd.....	15
2.4 Andmete analüüs	16
3. TULEMUSED JA ARUTELU	18
3.1 Taimestiku kirjeldus	18
3.2 Valgustingimused püsiprooviruutudel	22
3.3 Liigirikkus	24
3.4 Puhma-rohurinde ja samblarinde üldkatvus	27
3.5 Kase ja männi looduslik uuendus.....	30
3.6 Liigiline koosseis	33
KOKKUVÕTE	36
KASUTATUD KIRJANDUS	38

SISSEJUHATUS

Eestit peetakse üheks metsarikkamaks riigiks maailmas. Meie metsad on tuntud ka liigirohkuse poolest, mis on säilinud looduslikult uuenenud metsade suure osakaalu tõttu (Eesti statistika s.a). Eestis moodustab mets 51% maismaa kogupindalast. Metsamaad kokku on 2,31 miljonit hektarit. Metsa defineeritakse metsaseaduse järgi kui ökosüsteemi, mis koosneb metsamaast ning seal kasvavast taimestikust ja elavatest loomadest (Eesti metsad s.a). Eesti metsadel on oluline roll taastuva loodusvarana, keskkonnakujundajana, paljude loomade ja taimede elupaigana, toorainena tööstusele ja energeetikale (Eesti metsanduse arengukava aastani 2020 2010).

Metsade majandamine tagab selle, et korraga ei oleks ülekaalus noored ega ka vanad metsad. Eesti metsade majandamise aluseks on ÜRO säästva arengu deklaratsioonid ja Euroopa jätkusuutliku metsanduse põhimõtted (Eesti metsad s.a). Kasvamine on metsa üks põhiväärtusi, kuna selle protsessi käigus mets kogu aeg muutub ja uueneb. Hooldus- ja uuendusraiate kaudu kasutab metsamajandus metsamaa võimet puitu kasvatada ning võimaldab seda taastuvat loodusvara muuta ühiskonnale tarbitavaks (Eesti metsanduse arengukava aastani 2020 2010).

Uuendusraiet tehakse eesmärgiga, et metsas tekiks võimalus uuenumisele. Raieks peetakse metsaseaduse järgi metsamaal kas puude ja põõsaste langetamist, langetatud tüvede laasimist, tüvede järkamist või metsamaterjali koondamist ja kokkuvedu. Uuendusraiate hulka kuuluvad lage- ja turberaie. Lageraie korral raiutakse kõik puud langilt ära, välja arvatud seemnepuud ja säilikpuud (Metsaseadus 2006). Turberaie on teine uuendusraie liik, mille korral ei raiuta puistu ühe korraga vaid mitme järguga. Esimese raiejärgu järel jäävad kasvama puud, mis pakuvad kaitset tulevasele põlvele. Samuti kaitsevad nad uuendust ilmastiku ja muude faktorite eest ja samal ajal täidavad ka seemnepuude eesmärki. Turberaie võimaldab ka säilitada paremini elurikkust, mis on seotud vanade puudega (Erametsakeskus 2020).

Peale lageraie jääb metsas pikaks ajaks järel ala, mis on kõrgmetsata. See põhjustab muutusi

seda ala elukeskkonnana kasutanud organismirühmade elus (Laas 2012a). Lageraie suhtes on ühiskondlik seisukoht sageli kriitiline. Seetõttu soovitatakse kasutada metsade uuendamisel rohkem alternatiivseid raieviise. Nendeks on turberaied või valikraie ühes püsimetsanduse rakendamisega (Erametsakeskus 2020).

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on analüüsida kahe turberaieviisi – aegjärkse ja häilraie – mõjusid metsa alustaimestikule. Töös iseloomustatakse kahe katseala andmete põhjal, millised muutused toimuvad aegjärkse ja häilraie järel puhma-rohu- ja samblarinde liigirikkuses ning liigilises koosseisus. Samuti hinnatakse, kas kahel turberaieviisil on alustaimestikule sarnane või erinev mõju. Lisaks hinnatakse männi ja kase uuenduse teket.

1. TURBERAIETEST

1.1 Turberaie maht Eestis

Eestis on metsamaad kokku 2 330 800 hektarit. 2018. aasta seisuga oli metsamaa pindala 2 148 700 hektarit (Eest metsavaruu... 2019). 2018 oli aastane raiemaht koondatud raiedokumentide andmetel 15,6 miljonit tihumeetrit. Sellest 4,3 miljonit tihumeetrit oli RMK tehtud raied ja 11,3 miljonit tihumeetrit oli erametsa raied. Suurema osa raietest moodustasid lageraied (kuni 81% kogumahust) ja harvendusraied (11% kogumahust). Turberaied moodustasid uuendusraietest 5%. 2018. aastal oli turberaiete maht 658 242 tihumeetrit (Aastaraamat Mets 2018 2021).

1.2 Turberaie iseloomustus

Turberaie on uuendusraieliik, kus vana mets raiutakse mitme raiejärguga ühte vanuseklassi. Niimoodi luuakse soodsad tingimused okaspuude eeluuenduse arenemiseks või nende järelkasvu tekkimiseks. Uus järelkasv saab kasvada vana metsa turbe all või vana okasmetsa vahetus naabruses (Laas 2012a).

Turberaiel on lageraie suhtes mitmeid eeliseid ja puuduseid (Laas 2012a). Turberaie kasutamisel jääb ära metsa kultiveerimine, kui on head seemneaastad. Seega on uuendamisekulud väiksemad rahuldava uuendusega turberaiel, samuti jätkub järgmistes metsa põlvkondades kohapealsete genotüüpide kasv (Laas 2012a). Säilitatavatel puudel suureneb aastarõngaste laius ja kvaliteetse tarbepuidu juurdekasv ning seemnekandvus tänu parematele valgustingimustele ja vähenenud juurkonkurentsi tõttu. Aegjärgse raie puhul kahjustab männikärsakas järelkasvu vähem kui lageraie langile istutatud taimi (Laas 2012a).

Turberaie puudusteks on tormikahjustused, kui puistut hõrendatakse aegjärgse raiega (Laas 2012a). Puidu ülestöötamise maksumus on tunduvalt kallim kui lageraiel. See tuleneb sellest, et turberaie korral raiutakse kaks kuni kolm korda vähem puitu kui lageraiega ja ka

raietööde tehnoloogia on tunduvalt keerukam (Laas 2012a). Turberaietel on ka keerukam maapinna mineraliseerimine, selle käigus võivad saada viga kasvama jäetud puud. Uuenduse kõrgusekasv on turberaie korral väiksem kui sama liigi lageraiesmikul korraliku hooldamise korral, mis tuleneb vanade puude juurkonkurentsist ja ka valguse suhtelisest vähesusest (Laas 2012a).

1.3 Turberaie viisid

Arvestades puistu koosseisu, struktuuri ja kasvukohta rakendatakse erinevaid turberaie alaliike. Turberaie viisideks on häil-, veer- ja aegjärkne raie. Aegjärkne raie teostatakse 10 kuni 20 aasta jooksul korduvate raiejärkudena ning puistus raiutakse hajali paiknevaid puid. Häilraie korral raiutakse ka korduvate raiejärkudena, aga puistusse raiutakse sisse häilud. Veerraie korral raiutakse korduvate raiejärkudena lageraie korras puistu servast puistu kõrguse laiune riba (Metsaseadus 2006).

Järgnevalt iseloomustatakse põhjalikumalt kahte turberaieviisi: aegjärkset ja häilraiet, kuna käesolevas töös analüüsitakse nende kahe raieviisi mõju alustaimestikule ja loodusliku uuenduse tekkele. Aegjärkne raie teostatakse ülarinnet harvendades üle kogu raielangi kahe või kolme raiejärguga. Raie kestvus sõltub järkude arvust ja kordusperioodist ja need omakorda sõltuvad puuliigist, täiusest, järelkasvust ja teise rinde olemasolust (Laas 2012b). Suure täiusega puistutes koosneb aegjärkne raie kolmest järgust. Need on seemendus-, valgustus- ja koristusraie. Esimeses raiejärgus raiutakse välja puud, mis varjavad peapuuliigi seemet andvaid häid puid ja järelkasvu. Peamiselt on need kaasvalitsevad ja allajäänud puud (Laas 2012b). Esimese kahe raie tulemuseks on valgustuse ja tuule läbivuse suurenemine ning ka puude juurkonkurentsi vähenemine. Läbi selle suureneb tuuleheidete hulk, rohttaimestiku katvus ja käbikandvus. Koristusraiet tehakse siis, kui järelkasv on 0.5-0.6 m kõrgune ja sellises kasvus taimi on 2000-2500 tk/ha. Enne viimast raiejärku peaks looduslik uuenemine olema heakasvuline ja tüvekeste juurekaela läbimõõt vähemalt 1 cm (Laas 2012b).

Kaitsemetsades soovitatakse raiuda vana mets vähemalt 10-aastaste vaheaegadega (Laas 2012b). Kolmejärgulist aegjärkset raiet teostatakse puistutes, mille täius on 70% ja rohkem:

esimeses järgus raiutakse 30-35% tagavarast männikutes ja muudes puistutes raiutakse 20-30%; teises järgus raiutakse allesjäänud tagavarast männikutes 40-50% ja muudes puistutes 30-50% (Laas 2012b). Kõige olulisemaks aegjärkses raies ei peeta väljaraie protsenti, vaid alles jäetavate puude hulka või täiust. Raieid tehakse puuliigile keskendudes, kuna kuuse- ja männipuistute tuulele vastupidavus on väga erinev (Laas 2012b).

Häilraie esimeses raiejärgus raiutakse vana mets suurgruppide kaupa ehk tehakse häilud. Järgmistel raiejärkudel hakatakse neid häilusid laiendama. Häilud loovad hea valgustusega ja nõrgema juurkonkurentsiga alad uue metsa kasvatamiseks (Laas 2012a). Häilraiet tuleks eelistada madala boniteediga männi puistutes, nt sobib ta hästi liivmuldadel kasvavates pohla ja sambliku tüüpi männikutes. Raiet tehes on soovitatav häilude ümbert raiuda seal olevad teise rinde kuused, kuna need tekitaks muidu varju männi uuendusele (Laas 2012a).

Metsa majandamise eeskirjas on lubatud ühe hektari kohta raiuda sisse kuni 5 häilu. Häilu läbimõõduks võib olla kuni 30 m eeldusel, et esialgne häilude pindala ei ületa 25% puistu pindalast (Metsa majandamise eeskiri 2006).

Peamiseks häilraie eeliseks aegjärkse raie suhtes on väiksem kahjustus protsent hilisemal raiejärgul. Häilude eeliseks on väike juurkonkurents ja suurem ülavalgustus, mis tagab parema männi uuenduse (Laas 2012a).

1.4 Raie-järgsed muutused alustaimestik

Ökoloogid ja metsamajandajad tunnistavad, et häired on boreaalsete metsade oluline tunnusjoon, ent hoolimata sellest on laialt levinud mure, et tavapärased lageraiet halvendavad metsaökosüsteeme, eriti nende liigilist mitmekesisust (Haeussler et al. 2002). Võib juhtuda, et mitmed taimeliigid surevad pärast lageraiet kohapeal välja (Hannerz, Hanell 1997). Mure intensiivsete raiemeetodite mõju pärast metsa bioloogilisele mitmekesisusele on tekitanud ülemaailmse huvi säästvate alternatiivsete raiemeetodite väljatöötamise ja rakendamise vastu (Bartels et al. 2018).

Pärast lageraiet suureneb päikesekiirgus, temperatuur ja tuulekiirus, aga väheneb niiske

mikrokliima. Mikrokliima tingimuste muutumine põhjustab muutusi ka alustaimestik (Vanha-Majamaa 2017). Alustaimestik muutuvad pärast tugevat häiringut kooslused, nt vegetatiivselt paljunevate ja tugevat häiringut mittetaluvate taimede kooslus asendub pioneer- ja ruderaalliikide kooslusega ning lisaks võivad suure-skaalalise häiringu järel hakata levima võõrliigid (Haeussler et al. 2002). Kuna varasemad uuringud on näidanud, et samblad on raie suhtes rohkem tundlikumad kui soontaimed (Haeussler et al. 2002), on oluline kaasata alustaimestiku uuringutesse lisaks soontaimedele ka samblad.

Üldiselt arvatakse, et turberaiete järel muutub alustaimestik vähem kui lageraie järel (Hannerz, Hanell 1997). Samas on teada, et raiutavate puude ja säilikpuude ruumiline paigutus (üle ala hajali või gruppidega) võib avaldada alustaimestikule erinevat mõju (Dovciak et al. 2006, Jalonen, Vanha-Majamaa 2001, Vanha-Majamaa et al. 2017), ent Eesti tingimustes on erinevaid turberaieviise seni vähe võrreldud (Kalle 2020).

Hajali raiet võiks rakendada sellistes kohtades, kus on oluline vältida järske muutusi metsa mikrokliimas, samas puude raiumine häiludena ja säilikpuude grupiviisiline jätmine võimaldab häilude vahel säilitada puutumatu taimestikku ja bioloogiliselt rikkaid mikroelupaiku (Dovciak et al. 2006).

Dovciak et al. (2006) uuringus esines samblarinde muutusi nii hajali raie kui ka häilraie korral, muutused olid suuremad häilude sees. Vanha-Majamaa et al. (2017) järeldas, et samblarinne säilis paremini säilikpuude grupiviisilise paigutuse korral. Lõpptulemused näitasid, et lageraiel ja säilikpuudega lageraiel oli kõige suurem mõju alustaimestikule ning aegjärgse raiel ja häilraiel oli mõju väiksem (Vanha-Majamaa et al. 2017).

1.5 Loodusliku uuenduse teke aegjärgse ja häilraie korral

Turberaiete üheks põhieesmärgiks on luua soodsad tingimused okaspuu uuenduse tekkimiseks ja kasvuks (Laas 2011). Männi uuendamiseks sobib, võrreldes aegjärgse raiega, paremini häilraie, kuna häiludes on männi jaoks vajalikku ülavalgust ja häilude keskosas ei pärsi vanade puude juurkonkurents uuenduse kasvu (Laas 2011). Samas võib häiludesse tekkida arvukas kaseuuendus, mille teke pole turberaie eesmärgiks. Aegjärgse raie

puuduseks männi uuendusele on vanade puude konkurents. Eeliseks aga on, et männi uuenduse saamiseks on enamasti vaja teha ainult kaks raiejärku (Laas 2012b).

Et turberaiel tekiks piisavalt uuendust, peaks olema täidetud kolm tingimust: õige ala valik, raie- ja seemneaasta ajastamine ja korralik maapinna ettevalmistamine (Laas 2011).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Katsealade kirjeldus

Bakalaureusetöö materjal koguti kahelt katsealalt: Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas asuvalt turberaie näidis-katsealalt (JS276-8) ja Võrtsjärve läheduses paiknevalt CO036-5 katsealalt (joonised 1, 2). Järvelja näidis-katseala rajati 2011. aastal. Esimesed tööd katsealal olid ala piiritlemine, taimestiku katseruutute märkimine, ala ülepinnaline klappimine ning puistu tagavara arvutamine (Tishler 2014). Puistus märgiti säilikpuud ning raiesse minevad puud. Peale seda teostati 2011. aasta detsembrist kuni 2012. aasta aprillini raie mootorsaagidega. Puidu väljaveol kasutati põllumajandustraktorit „Belarus“. Aegjärgse raiel alustati esmalt väljaveoteede välja raiumisega, siis jätkati puistu raiumisega. Esimesel raiejärgul raiuti täius 50%ni, mis oli 2006 aasta metsaseaduse järgi miinimum lubatud täius. Häilraie korral raiuti kuus 25-35 meetri suurust häilu, lisaks raiuti ka kokkuveotee. Aegjärgse- ja häilraielt saadud oksad põletati (Tishler 2014).

Häilraie ja aegjärgne raie tehti kvartalil 276 eraldisel 8. Enne raiet oli seal männipuistu, mis oli rajatud külvi teel aastal 1897, raie hetkel oli puistu 115-aastane ning pindalaga 4,22 ha. Eraldise metsakasvukohatüübiks on mustika, boniteet I ning mullatüüp gleistunud leetunud leedemuld (LIIg). Raie ajal oli keskmine kõrgus määndidel 31 meetrit ja kuuskedel 15,5 meetrit. Aegjärgse ja häilraie korral raiuti välja esimeses raiejärgus kõik kuused, kased ja lehised. Surnud puud üritati raietööde käigus alles jätta (Tishler 2014). Katsealal teostati ka maapinnaettevalmistus, ent seejuures välditi taimestiku katseruute.

Teine käesolevas töös vaadeldud katseala paikneb Võrtsjärve lähedal Vehendis kvartalil CO036 eraldisel 5 (suurus 2,85 ha) (Metsaregister 2020). 2013. aastal viidi seal läbi aegjärgne raie, pindalaga 1,5 ha, ülejäänud eraldisel teostati häilraie (sisse raiuti 5 häilu). Raie ajal oli puistu vanuseks 110 aastat, koosseis 100% mänd ning välja raiuti 31% ülarinde puudest (Tullus et al. 2019). Eraldise kasvukohatüübiks on jänese kapsa-pohla, mullaliikideks õhukeselt leetunud huumuslik leedemuld (L(k)II) ja õhukeselt leetunud

leedemuld (LII). Raie-järgselt 2014. aastal viidi katsealal läbi maapinnaettevalmistus (s.h seitsmel taimeruudul), 2015. männiseemnete külv ja 2016. metsauuenduse hooldus. Erinevalt Järvelja katseala aegjärgsest ja häilraiest jäeti oksad katsealale. Raie teine järk viidi katsealal läbi 2020 aastal, mil kogu eraldist raiuti hajali.

Metsaregister



Legend

1:5000

Kaardikiht
Ortofoto: Maa-amet 28.04.2021
Eesti kaart 28.04.2021

Joonis 1. Järvelja turberaie katseala ortofoto (Metsaregister 2020).



Legend

1:5000

Kaardikiht
Ortofoto: Maa-amet 28.04.2021

Joonis 2. Võrtsjärve katseala ortofoto (Metsaregister 2020).

2.2 Taimestiku püsiprooviruudud

Järvelja katsealal on kokku 80 taimestiku püsiprooviruutu, millest käesoleva töö raames inventeeriti 21 aegjärkse raie ruutu ja 30 häilraie ruutu (18 ruutu paiknevad häilude sees ja 12 häilust väljas). Ruudud on märgistatud plastiktorudega, et neid oleks lihtsam üles leida. Kõik ruudud on 1x1 m suurusega.

Võrtsjärve katsealal on 15 aegjärkse raie ruutu ja 12 häilraie ruutu, ruudu suuruseks on samuti 1x1 m. Häilraie ruutudest 6 paiknevad häilude sees ja 6 häiludest väljas. Ruudud

paiknevad kolme kaupa 25-meetristel ida-läänesuunalistel transektidel ja transektid asuvad hajali üle ala.

2.3 Välitööd

2020. aasta suvel juuli- ja augustikuus teostati välitööd nii Järveljas kui ka Võrtsjärvel. Välitööde teostamiseks oli kaasas 1 m² raam. Seda kasutati katsealal tokkidega ära märgitud ruutude tähistamiseks (joonis 3). Taimestiku ruutul määrati visuaalse hinnanguga nii puhma-rohu- kui ka samblarinde üldkatvus 1-100% skaalal. Hinnati ka iga liigi katvust eraldi. Kui prooviruudul esines uusi liike, mida eelmisel kirjeldusel ei esinenud, siis lisati need kirjelduse juurde. Liigi, mille katvus oli ruudul alla 1%, katvuseks hinnati 0,5 protsenti. Sambaliikidest, mida oli vaja mikroskoobi abiga määrata, võeti kaasa proovid ning määrati hiljem. Uuenduse hindamiseks loeti üle püsiprooviruudul kasvavad männi- ja kasetaimed. Valgustingimuste kirjeldamiseks tehti iga taimeruudu keskel puhma-rohurinde kohalt poolsfäärifotod Canon EOS 6D Mark II kaameraga, kasutades Sigma's 8mm F3.5 EX DG kalasilmaläätse.



Joonis 3. Püsiprooviruut suurusega 1m².

2.4 Andmete analüüs

Välitöödelt kogutud andmed sisestati statistikaprogrammi Excel. Võrdlusmaterjaliks kasutati juhendaja poolt enne raiet (Järvelja katsealal 2011. aastal ja Võrtsjärve katsealal 2012. aastal) kogutud andmeid.

Poolsfäärifotosid analüüsiti tarkvaraga *Gap Light Analyzer 2.0* (Frazer et al. 1999), hindamaks võrastiku avatust (%) ja läbi võrastiku alustaimestikuni jõudvat summaarset päikesekiirgust ($\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$).

Statistiline analüüs teostati R-keskkonnas, kus paketi “lme4” funktsiooni “lmer” abil koostati korduvmõõtmiste segamudel (kus taimeruut oli juhuslik faktor), hindamaks aja (enne raiet *versus* 7-8-aastat pärast raiet) ja raieviisi (aegjärgne *versus* häilraie) mõju alustaimestiku näitajatele ja männi ja kase uuenduse arvukusele. Kuna Järvelja ja

Võrtsjärve katsealade kasvukohatüüp ja raieajalugu on erinevad, hinnati mudeliga ka katseala mõju. Kui mudeli järgi oli mõni koosmõjudest oluline, võrreldi vastavate rühmade keskmisi taimestikunäitajaid Tukey testiga.

Täiendavalt hinnati häilraie korral kahefaktorilise dispersioonanalüüsiga püsiprooviruudu asukohta (kas häilus sees või häilust väljas) ja katseala mõju taimestiku muutustele ja loodusliku uuenduse tekkele.

Puhma-rohu- ja samblarinde andmed ordineeriti mitteparameetrilise multidimensionaalse skaleerimise (NMS) meetodiga, kasutades *Vegan* paketti R-keskkonnas.

Bakalaureusetöö autor osales 2020. suvel välitöödel Järvelja katsealal, analüüsis poolsfäärifotosid programmiga *Gap Light Analyzer*, sisestas taimestiku andmed statistikaprogrammi Excel ja analüüsis taimestiku andmeid. 2020. aasta välitööde andmed Võrtsjärve katsealalt ja töös kasutatud võrdlusandmed raie-eelsete taimestikukirjelduste ja valgustingimuste kohta pärinevad juhendajalt.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

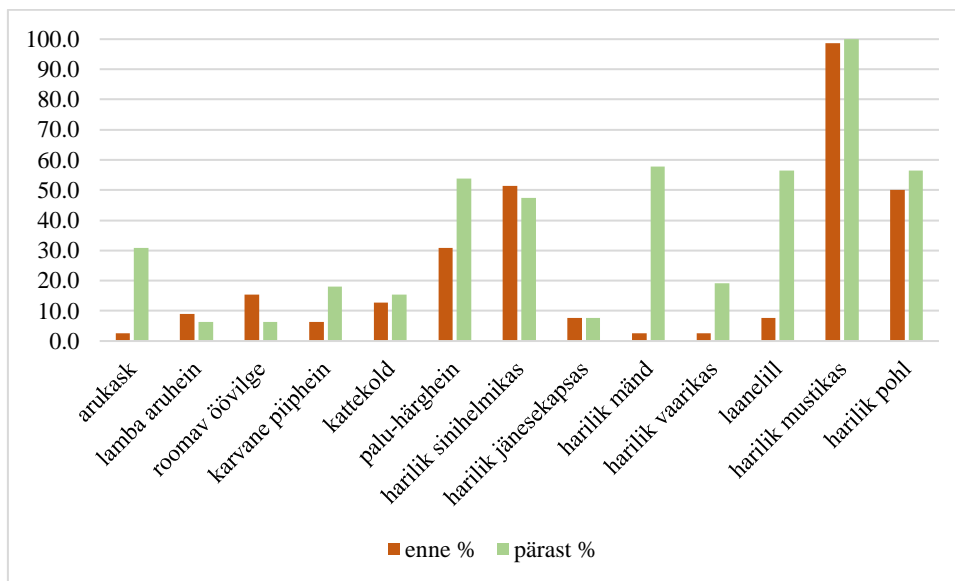
3.1 Taimestiku kirjeldus

Ühtekokku leiti 2020. Järvelja ja Võrtsjärve katseala püsiprooviruutudelt 37 soontaime- ja 30 samblaliiki. Liikide arvukus oli võrreldes raie-eelse ajaga muutunud. 2011. aastal oli püsiruutudel soontaimeliike 26 ja samblaliike 17. 2020. aastaks oli soontaimeliikide arvukus suurenenud 11 liigi võrra ehk kokku 37 liiki ning samblaliikide arvukus oli suurenenud 13 liigi võrra ehk kokku 30 liiki. Järvelja katsealal esines 2020. aastal 21 soontaimeliiki ja 19 samblaliiki. Võrtsjärve katsealal esines 32 soontaimeliiki ning 21 samblaliiki.

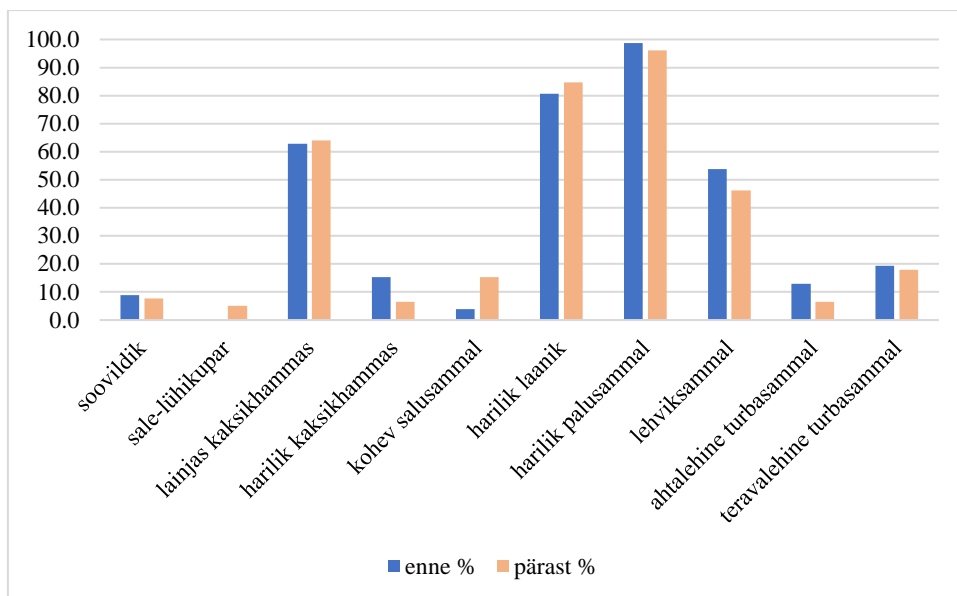
2011. aastal ja 2020. aastal oli kõige levinud soontaimeliik püsiruutudel harilik mustikas (*Vaccinium myrtillus*) (joonis 4). 2020. aastal esines mustikat kõikidel ruutudel ehk 100%. 2011. aastal esines mustikat 98,7% kõikidest ruutudest. Enne raiet 2011. aastal oli lisaks harilikule mustikale sagedasti levinud ka harilik sinihelmikas (*Molinia caerulea*; 51,3%), harilik pohl (*Vaccinium vitis-idaea*; 50%), palu-härghein (*Melampyrum pratense*; 30,8%), roomav öövilge (*Goodyera repens*; 15,4%), kattedkold (*Lycopodium annotinum*; 12,8%), lamba-aruhein (*Festuca ovina*; 9%), harilik jänese kapsas (*Oxalis acetosella*; 7,7%), laanelill (*Trientalis europaea*; 7,7%) ja karvane piiphein (*Luzula pilosa*; 6,4%). 2020. aastal olid mustika järel sageduselt järgmised liigid harilik mänd (*Pinus sylvestris*; 57,7%), laanelill (56,4%), harilik pohl (56,4%), palu-härghein (53,8%), harilik sinihelmikas (47,4%), arukask (*Betula pendula*; 30,8%), harilik vaarikas (*Rubus idaeus*; 19,2%), karvane piiphein (17,9%), kattedkold (15,4%).

2011. aastal ja 2020. aastal oli kõige levinud samblaliik püsiruutudel harilik palusammal (*Pleurozium shreberi*) (joonis 5). 2011. aastal esines hariliku palusammalt kõikidest ruutudest 98,7% ja 2020. aastal esines 96,2% kõikidest ruutudest. Enne raiet 2011. aastal oli lisaks harilikule palusamblale sagedased samblaliigid ka harilik laanik (*Hylocomium splendens*; 80,8%), lainjas kaksikhammas (*Dicranum polysetum*; 62,8%), harilik lehviksammal (*Ptilium crista-castrensis*; 53,8%), teravalehine turbasammal (*Sphagnum*

capillifolium; 19,2%), harilik kaksikhammas (*Dicranum scoparium*; 15,4%), ahtalehine turbasammal (*Sphagnum angustifolium*; 12,8%), soovildik (*Aulacomnium palustre*; 9%) ja kohev salusammal (*Eurhynchium praelongum*; 3,8%), 2020. aastal olid teised sagedased samblaliigid harilik laanik (84,6%), lainjas kaksikhammas (64,1%), harilik lehviksammal (46,2%), teravalehine turbasammal (17,9%), kohev salusammal (15,4%), soovildik (7,7%), harilik kaksikhammas (6,4%), ahtalehine turbasammal (6,4%) ja sale-lühikupar (*Brachythecium salebrosum* 5,1%).

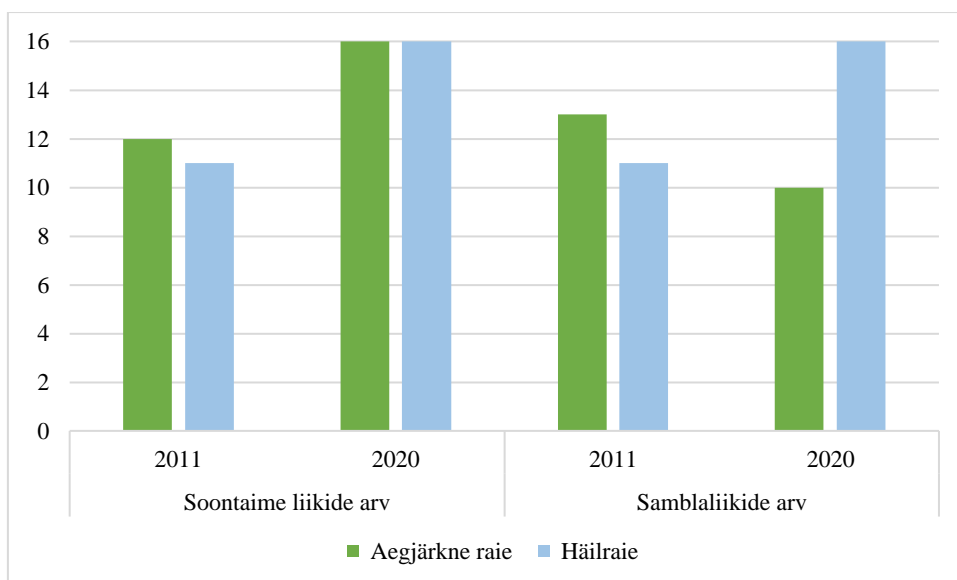


Joonis 4. Soontaimeliikide esinemissagedus (%) püsiprooviruutudel enne (2011, 2012) ja 7-8 aastat pärast raiet (2020. aastal).



Joonis 5. Samblaliikide esinemissagedus (%) püsiprooviruutudel enne (2011, 2012) ja 7-8-aastat pärast raiet (2020. aastal).

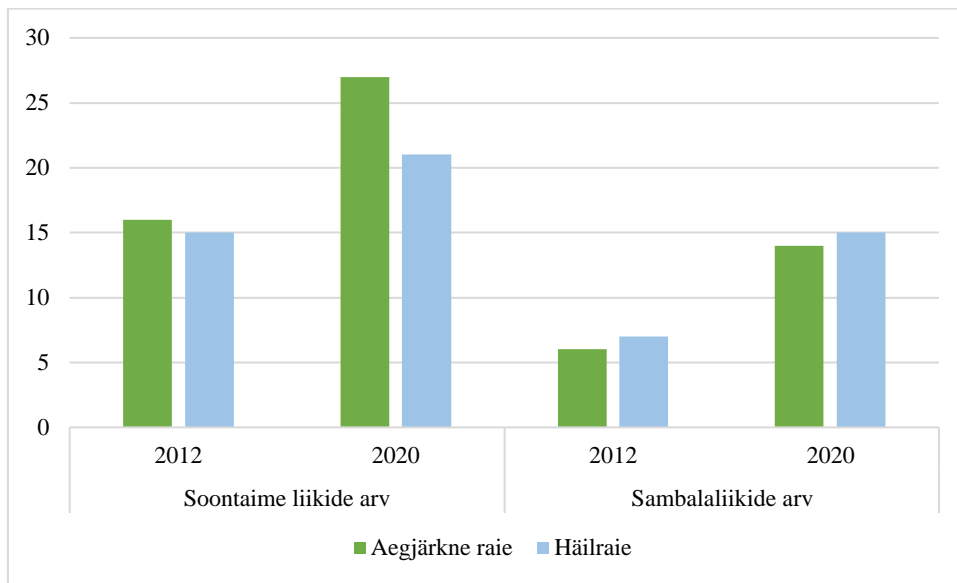
Nii Võrtsjärve kui ka Järvelja katsealadel leiti 2020. aastal ühtekokku rohkem liike kui enne raiet. Järvelja katsealal suurenes soontaimeliikide koguarv nii aegjärgse kui häilraie alal. Samblaliikide koguarv oli aegjärgse raie alal aga 2011. aastal kolme võrra suurem kui 2020. aastal, vastupidiselt häilraiele, kus samblaliikide koguarv suurenes 2020. aastaks (joonis 6).



Joonis 6. Järvelja katseala soontaimeliikide- ja samblaliikide koguarv 2011. ja 2020. aastal aegjärgse ja häilraie korral.

Võrtsjärve katsealal suurenes soontaimeliikide- ja samblaliikide koguarv 2020. aastaks mõlema

raieviisi korral (joonis 7).



Joonis 7. Võrtsjärve katseala soontaime- ja samblaliikide koguarv arv 2012. ja 2020. aastal aegjarkse ja häilraie korral.

Võrtsjärve häilraiel esines 2012. aastal leselehte (*Maianthemum bifolium*) ja mage sõstart (*Ribes alpinum*), mida aga 2020. aastal ei esinenud. 2020. aastal oli Võrtsjärve häilraie alale soontaimedest lisandunud arukask (*Betula pendula*), maikelluke (*Convallaria majalis*), ohtene sõnajalg (*Dryopteris carthusiana*), väikeseõine lemmalts (*Impatiens parviflora*), longus helmikas (*Melica nutans*), harilik mänd (*Pinus sylvestris*), harilik pihlakas (*Sorbus aucuparia*) ja varju-tähthein (*Stellaria holostea*). Võrtsjärve aegjarkse raicalal kasvas 2012. aastal roomav öövilge (*Goodyera repens*), III kategooria looduskaitsealune liik, mida aga 2020. aastal püsiprooviruutudelt ei leitud. Seevastu olid soontaimeliikidest juurde tulnud harilik vaher (*Acer platanoides*), naat (*Aegopodium podagraria*), ohtene sõnajalg, lambaaruhein (*Festuca ovina*), väikeseõine lemmalts, mitmeõiene piiphein (*Luzula multiflora*), leseleht, harilik võsalill (*Moehringia trinervia*), harilik jänsekapsas (*Oxalis acetosella*), harilik kuusk, harilik mänd, väike oblikas (*Rumex acetosella*) ja harilik pihlakas.

Järvelja häilraie alal kasvasid enne raiet kanarbik (*Calluna vulgaris*), sookail (*Ledum palustre*), harilik kuusk ja harilik tamm, mida 2020. aastal püsiprooviruutudel ei esinenud. Alale oli soontaimedest juurde tulnud arukask, jäneskastik (*Calamagrostis epigeios*), võnkastevars (*Deschampsia flexuosa*), ahtalehine põdrakanep (*Epilobium angustifolium*), paakspuu (*Frangula alnus*), karvane piiphein (*Luzula pilosa*), leseleht, vaarikas (*Rubus*

idaeus), laanelill. Aegjarkse raie alal kasvas enne raiet (nagu ka Võrtsjärve aegjarkse raie alal) roomav öövilge, mida aga 2020. aastal püsiprooviruutudelt ei leitud. Sarnaselt Võrtsjärve katsealale säilis liik häilraie alal ja teda leiti 2020. aastal kolmelt Järvelja häilraie ruudult ja kahelt Võrtsjärve häilraie ruudult. Järvelja aegjarkse alale olid 2020. aastaks juurde tulnud laanelill, mets-kastik (*Calamagrostis arundinacea*), leseleht, maikelluke ja võnk-kastevars.

Liigilise koosseisu muutused (nt pioneerliikide lisandumine kooslusesse) olid ootuspärased ja kooskõlas varasemate uuringutega (Hannerz, Hanell, 1997). Ootuspäraselt tekkis taimeruutudele ka hariliku männi ja arukase uuendust.

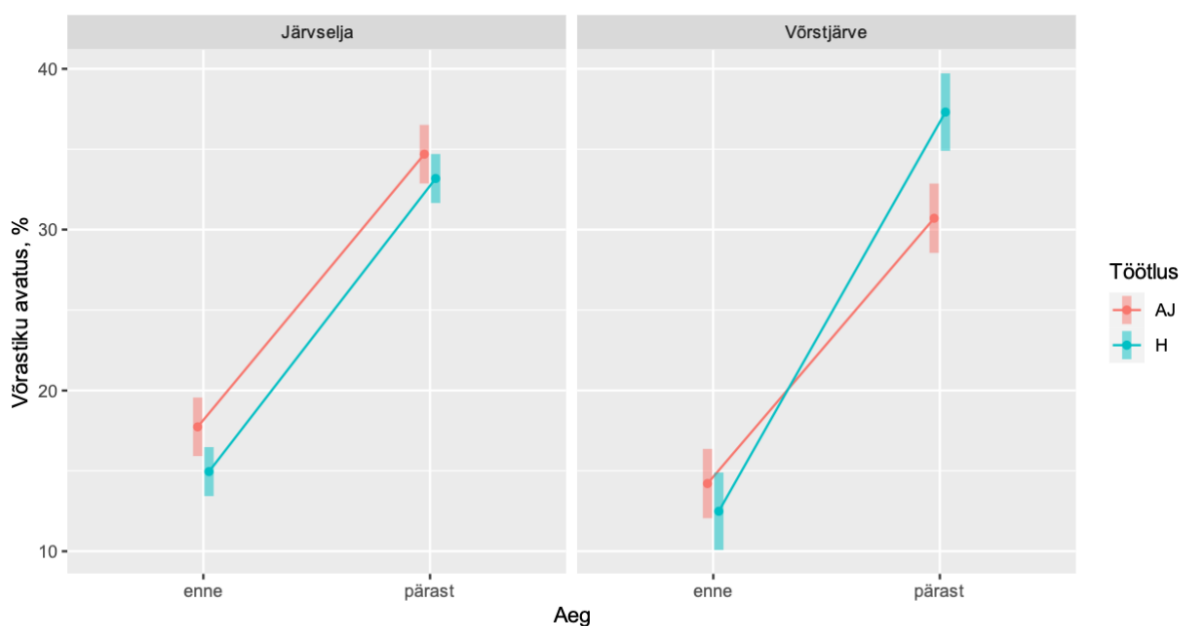
Bakalaureusetöö tulemustes ilmnes roomava öövilke esinemissageduse muutus ning liiki ei leitud 2020. aastal aegjarkse raie ruutudelt. Ka Tullus et al. (2019) uuringus täheldati selle liigi esinemissageduse langust aegjarkse raiega majandatud männikutes pärast esimest raiejärku. Seda, kas liigi kadumine oli ajutine või mitte, on vajalik tulevikus täiendavalt monitoorida.

3.2 Valgustingimused püsiprooviruutudel

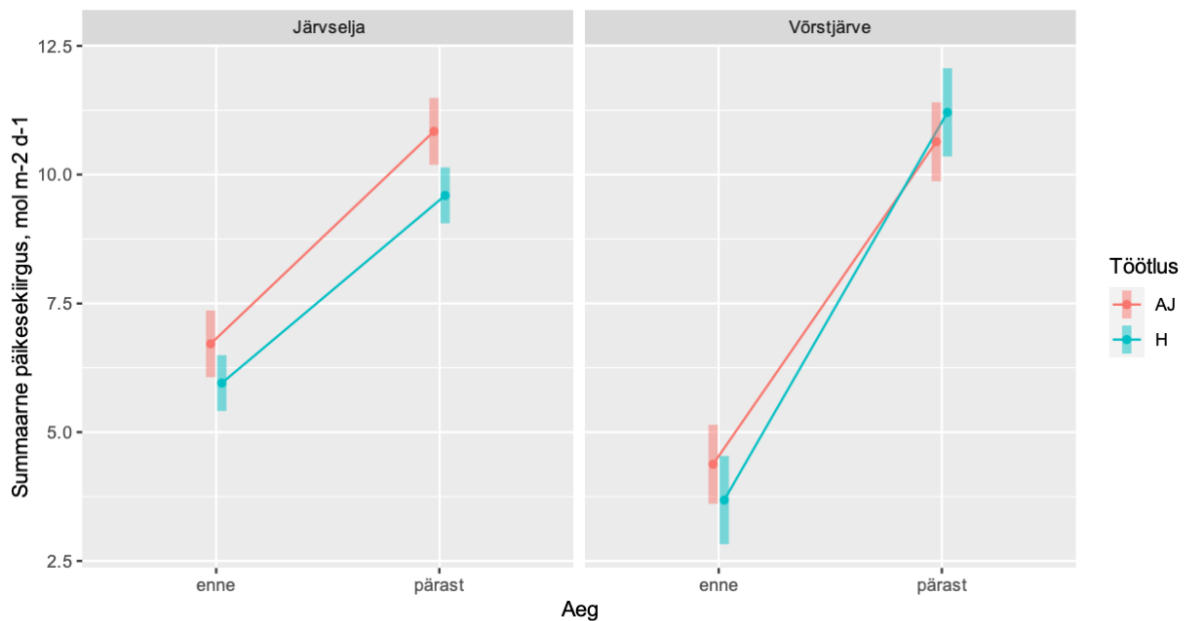
Valgustingimustest uuriti võrastiku avatust ja summaarset päikesekiirgust. Võrastiku avatust mõjutasid aeg, töötuse ja aja koosmõju, töötuse ja ala koosmõju, aja ja ala koosmõju ning töötuse, aja ja ala koosmõju (tabel 1). Kui enne raiet oli võrastiku avatus Järvelja ja Võrtsjärve katsealadel (Tukey testi tulemuste põhjal) sarnane, varieerudes vahemikus 12-18%, siis 2020. aastal oli võrastiku avatus märkimisväärselt suurenenud mõlemal katsealal nii aegjarkse- kui häilraie korral, olles suurim Võrtsjärve häilraie alal, kus keskmine avatus oli 37% (joonis 8). Summaarset päikesekiirgust mõjutasid aeg, ala ning nende kahe koosmõju, kuid töötuse mõju oli mitteoluline (tabel 1). Summaarne päikesekiirgus enne raiet oli madalaim Võrtsjärve katsealal. 2020. aastal oli summaarse päikesekiirguse hulk mõlemal katsealal sõltumata raieviisist sarnane ning võrreldes raie-eelse ajaga oluliselt suurem. Keskmine summaarne päikesekiirgus jäi 2020. aastal vahemikku $9 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Järvelja häilraie alal) kuni $11 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Võrtsjärve häilraie alal) (joonis 9).

Tabel 1. Valgustingimusi mõjutavad tegurid

Faktor	Võrastiku avatus	Summaarne päikesekiirgus
	p-väärtus	p-väärtus
Töötlus	0,8485	0,0529
Aeg	<0,0001	<0,0001
Ala	0,0579	0,0042
Töötlus:Aeg	0,0006	0,4145
Töötlus:Ala	0,0035	0,0862
Aeg:Ala	0,0252	<0,0001
Töötlus:Aeg:Ala	0,0106	0,0708



Joonis 8. Võrastiku avatus (%) aegjarkse (AJ) ja häilraie (H) korral Järvelja ja Võrtsjärve katsealadel enne (2011 või 2012) ja 7-8-aastat pärast raiet (2020). Joonisel on esitatud keskmine ja 95% usaldusvahemik.



Joonis 9. Summaarne päikesekiirgus ($\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) aegjarkse (AJ) ja häilraie (H) korral Järvselja ja Võrtsjärve katsealadel enne (2011 või 2012) ja 7-8-aastat pärast raiet (2020). Joonisel on esitatud keskmine ja 95% usaldusvahemik.

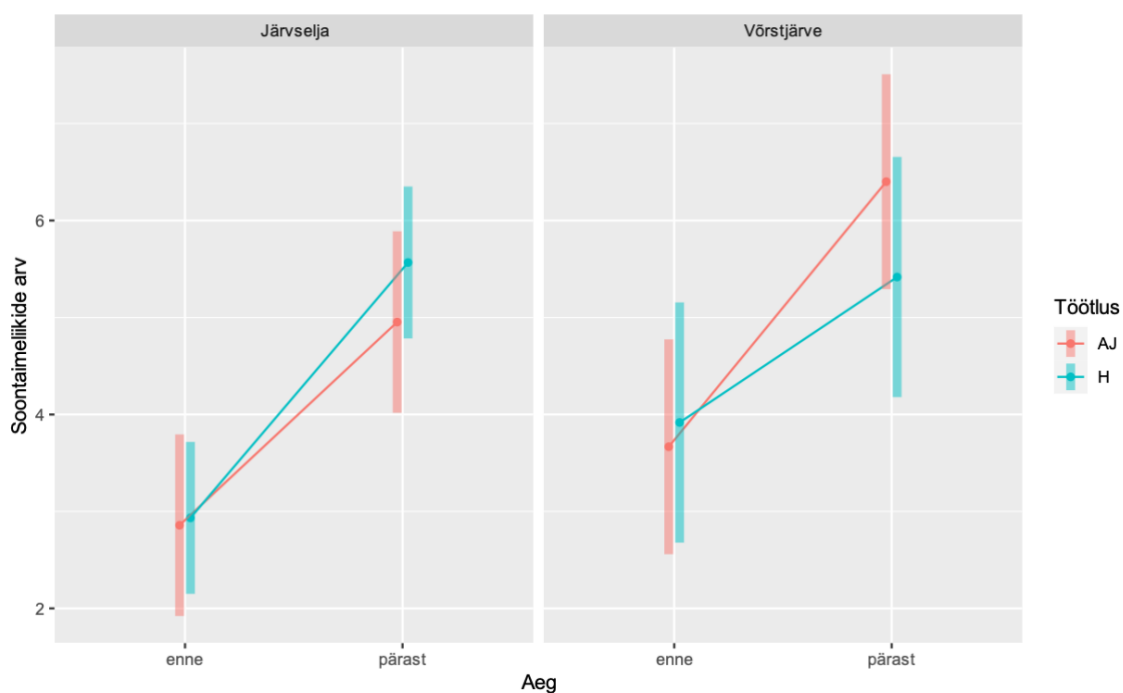
Nii nagu tulemustest selgus, mõjutas valgustingimusi enim aeg (enne raiet ning 7-8 aastat pärast raiet). Valgustingimuste muutused pärast raiet on ilmselgelt ootuspärased ja ka turberaiete üks eesmärk on tagada paremad kasvutingimused tulevasele metsa põlvkonnale.

3.3 Liigirikkus

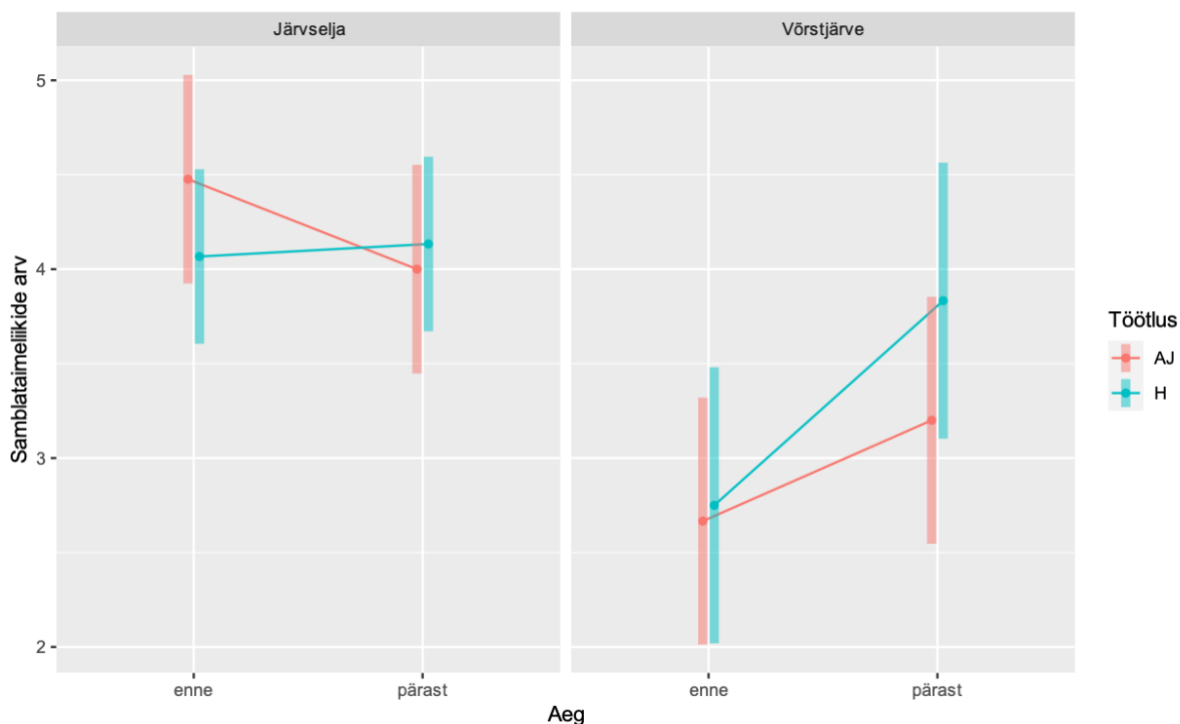
Liigirikkuse all uuriti soontaimede- ja samblaliikide keskmist arvu prooviruutudel ja seda mõjutavaid tegureid. Soontaimede keskmine liigirikkus prooviruutudel suurenes 2020. aastaks oluliselt, võrreldes raie-eelsete andmetega ning seejuures ei täheldatud raieviisi ega katseala mõju (tabel 2, joonis 10). Samblaliikide arvu mõjutas samuti aeg, aga ka aja ja ala koosmõju (tabel 2). Tukey testi tulemused näitasid, et keskmine samblaliikide arv püsiprooviruutudel suurenes 2020. aastaks oluliselt Võrtsjärve katsealal (aegjarkse raie korral 2,6-lt 3,2-le ja häilraie korral 2,7-lt 3,9-le), ent Järvselja katsealal jäi samale tasemele, võrreldes raie-eelse ajaga (aegjarkse raie korral enne raiet 4,5 ja 2020 4,0 ja häilraie korral enne raiet 4,1 ja 2020 4,2) (joonis 11).

Tabel 2. Soontaimeliikide keskmist liigirikkust mõjutavad tegurid

Faktor	Soontaimed	Samblad
	p-väärtus	p-väärtus
Töötlus	0,9805	0,6580
Aeg	<0,0001	0,1015
Ala	0,0811	<0,0001
Töötlus:Aeg	0,5420	0,1375
Töötlus:Ala	0,4178	0,3197
Aeg:Ala	0,6638	0,0068
Töötlus:Aeg:Ala	0,1228	0,9922



Joonis 10. Soontaimeliikide keskmine arv püsiprooviruutudel aegjärkse (AJ) ja häilraie (H) korral Järvselja ja Võrtsjärve katsealadel enne (2011 või 2012) ja 7-8-aastat pärast raiet (2020). Vearibad näitavad 95% usaldusvahemikku.



Joonis 11. Samblaliikide keskmine arv püsiprooviruutudel aegjärkse (AJ) ja häilraie (H) korral Järvelja ja Võrtsjärve katsealadel enne (2011 või 2012) ja 7-8-aastat pärast raiet (2020). Vearibad näitavad 95% usaldusvahemikku.

Lisaks uuriti häilraie korral, kas prooviruudu asukohal (häilus sees või häilust väljas) on mõju soontaimede- ja samblaliikide arvu muutusele, võrreldes raie-eelse ajaga. Mudeli tulemustest selgus, et prooviruudu asukoht ei mõjutanud ei soontaimede- ega samblaliikide arvu muutust (tabel 3, tabel 4).

Tabel 3. Häilraiel soontaimeliikide arvu muutust (keskmine liikide arv püsiprooviruudul enne raiet *versus* keskmine liikide arv 2020) mõjutavad tegurid

Faktor	Soontaimede arv
	p-väärtus
Asukoht	0,2843
Ala	0,7669
Asukoht:Ala	0,1266

Tabel 4. Häilraiel samblaliikide arvu muutust (keskmine liikide arv püsiprooviruudul enne raiet *versus* keskmine liikide arv 2020) mõjutavad tegurid

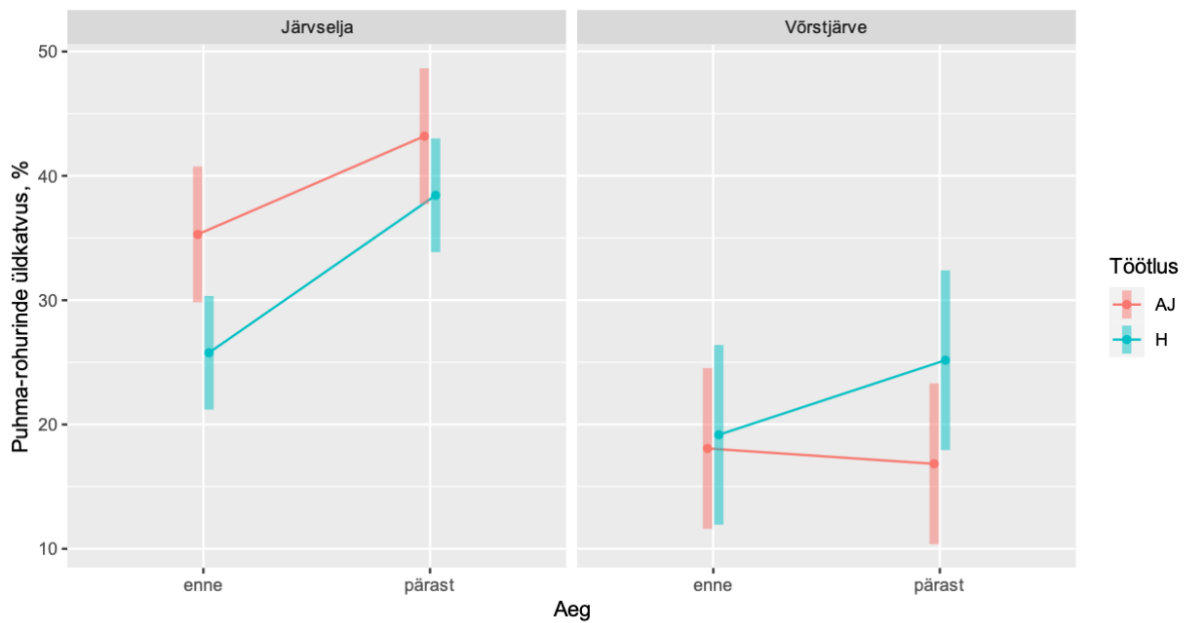
Faktor	Samblaliikide arv
	p-väärtus
Asukoht	0,1093
Ala	0,6574
Asukoht:Ala	0,0783

3.4 Puhma-rohurinde ja samblarinde üldkatvus

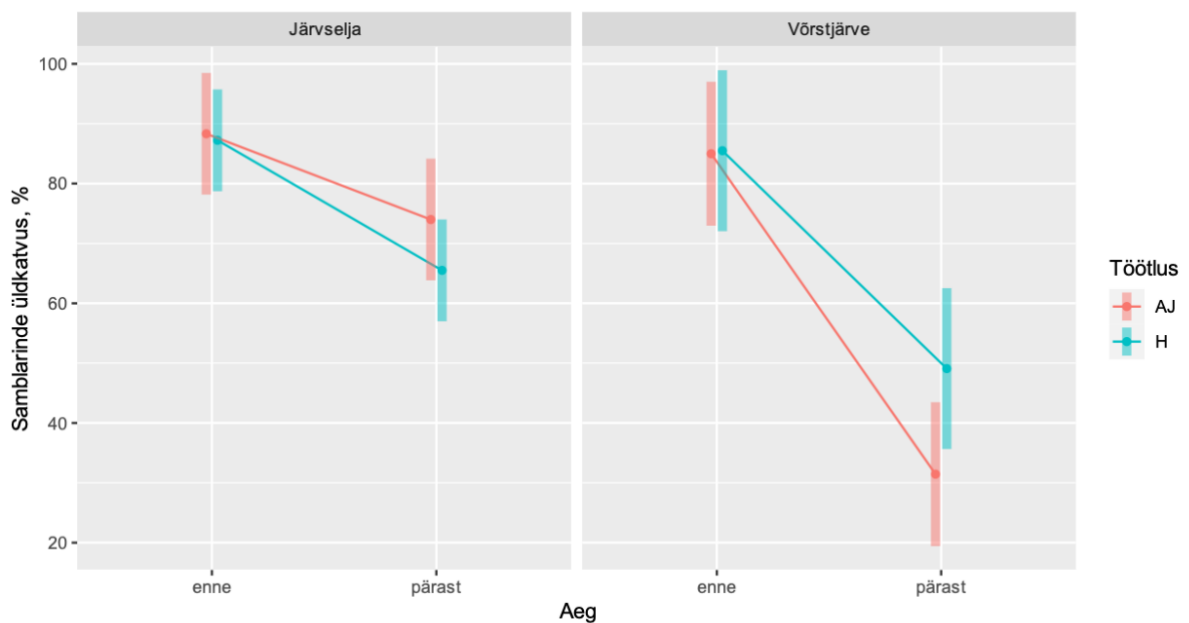
Puhma-rohurinde üldkatvust mõjutas eelkõige aeg, ala ja töötuse ja aja koosmõju ning aja ja ala koosmõju (tabel 5). Keskmine katvus suurenes Järvelja aegjärgse raie alal 8 %, häilraie alal 13 %, Võrtsjärve häilraie alal 6 %, ent Tukey testi tulemuste järgi oli suurenemine oluline üksnes Järvelja häilraie korral (joonis 12). Võrtsjärve aegjärgse raie alal puhma-rohurinde katvus vähenes 2 %, ent muutus polnud usaldusväärne. Samblarinde üldkatvust mõjutas samuti aeg, ala ning nende kahe koosmõju (tabel 5). Võrreldes raie-eelsete andmetega, vähenes samblarinde katvus nii Järvelja kui Võrtsjärve katsealal, ent muutus oli suurim Võrtsjärve katsealal (joonis 13).

Tabel 5. Puhma-rohurinde üldkatvust ja samblarinde üldkatvust mõjutavad tegurid

Faktor	Puhma-rohurinde üldkatvus	Samblarinde üldkatvus
	p-väärtus	p-väärtus
Töötlus	0,6158	0,6198
Aeg	0,0011	<0,0001
Ala	<0,0001	0,0004
Töötlus:Aeg	0,1126	0,5116
Töötlus:Ala	0,0159	0,1101
Aeg:Ala	0,0377	0,0005
Töötlus:Aeg:Ala	0,7417	0,1010



Joonis 12. Puhma-rohurinde keskmine üldkatvus (%) aegjarkse (AJ) ja häilraie (H) korral Järvelja ja Võrtsjärve katsealadel enne (2011 või 2012) ja 7-8-aastat pärast raiet (2020). Vearibad näitavad 95% usaldusvahemikku.



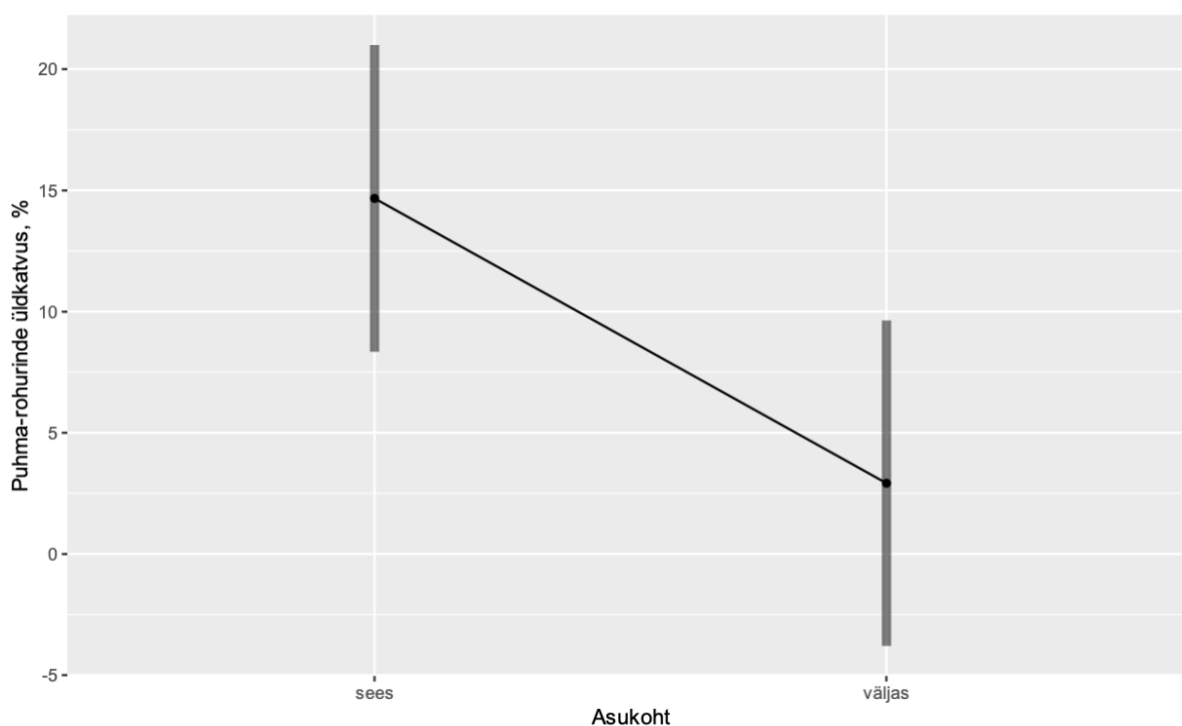
Joonis 13. Samblarinde keskmine üldkatvus (%) aegjarkse (AJ) ja häilraie (H) korral Järvelja ja Võrtsjärve katsealadel enne (2011 või 2012) ja 7-8-aastat pärast raiet (2020). Vearibad näitavad 95% usaldusvahemikku.

Sarnaselt sammaltaimede ja soontaimede arvu muutusele uuriti ka samblarinde ja puhma-rohurinde üldkatvuse juures, milline on häilraie püsiprooviruudu asukoha mõju neile

näitajatele. Tulemustest selgus, et püsiprooviruudu asukoht mõjutas nii puhma-rohurinde kui samblarinde üldkatvust, võrreldes raie-eelse ajaga (tabelid 6, 7). Puhma-rohurinde üldkatvus suurenes häilu sees olevatel püsiprooviruutudel rohkem kui häilust väljas olevatel ruutudel (häilu sees suurenes katvus keskmiselt 15 % ja häilust väljas keskmiselt 3 %) (joonis 14). Samblarinde puhul kahanes katvus häilu sees keskmiselt 40 % ja häilust väljas 17 % (joonis 15).

Tabel 6. Häilraiel puhma-rohurinde üldkatvuse muutust (keskmine katvus püsiprooviruudul enne raie *versus* keskmine katvus 2020) mõjutavad tegurid

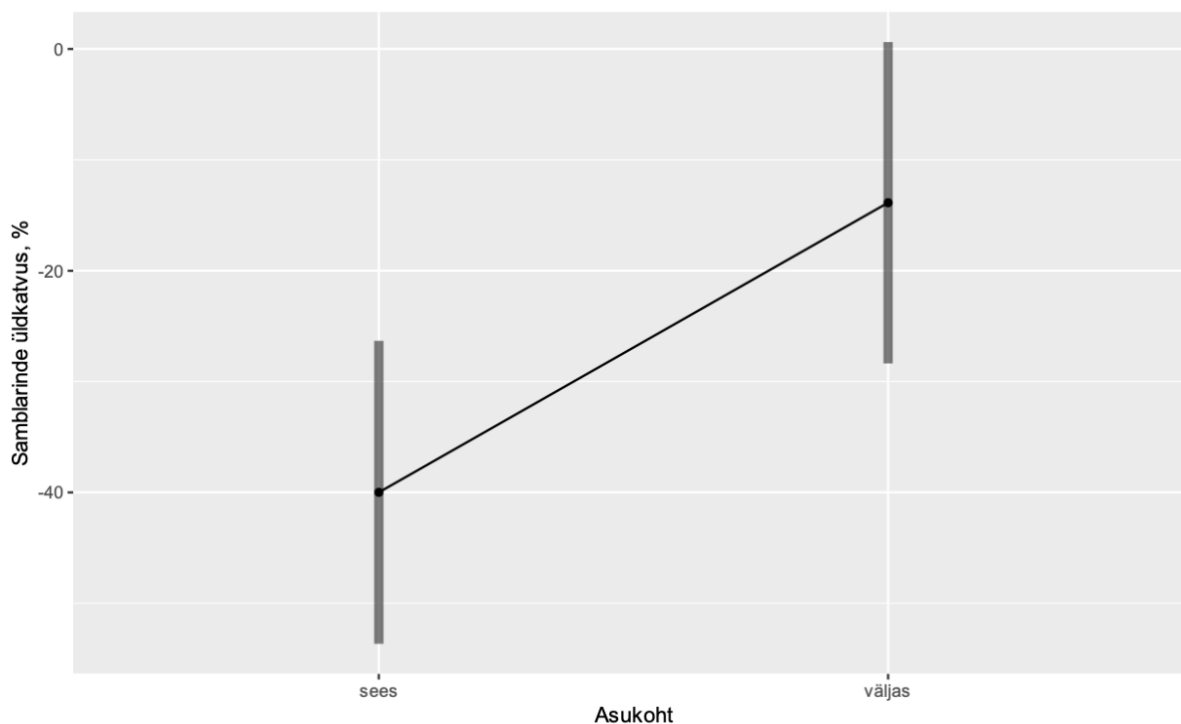
Faktor	Puhma-rohurinde üldkatvus
	p-väärtus
Asukoht	0,0346
Ala	0,4601
Asukoht:Ala	0,8417



Joonis 14. Puhma-rohurinde üldkatvuse muutus (keskmine katvus püsiprooviruudul enne raie *versus* keskmine katvus 2020) sõltuvalt püsiprooviruudu asukohast häilraiel (häilu sees või häilust väljas). Vearibad näitavad 95% usaldusvahemikku.

Tabel 7. Häilraiel samblarinde üldkatvuse muutust (keskmise katvus püsiprooviruudul enne raiet *versus* keskmine katvus 2020) mõjutavad tegurid

Faktor	Samblarinde üldkatvus
	p-väärtus
Asukoht	0,0003
Ala	0,8637
Asukoht:Ala	0,0993



Joonis 15. Samblarinde üldkatvuse muutus (keskmise katvus püsiprooviruudul enne raiet *versus* keskmine katvus 2020) sõltuvalt püsiprooviruudu asukohast häilraiel (häilu sees või häilust väljas). Vearivad näitavad 95% usaldusvahemikku.

3.5 Kase ja männi looduslik uuendus

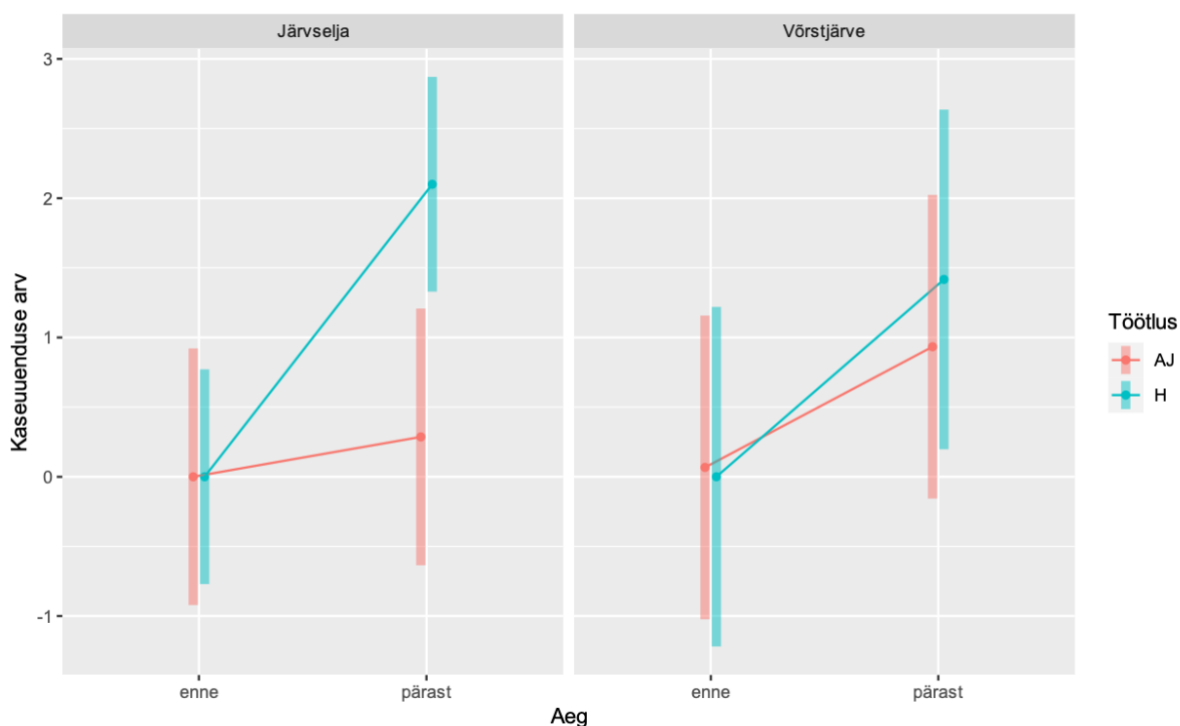
Kaseuunduse arvukust mõjutas kõige enam aeg (tabel 8). Kui enne raiet leiti kase uuendust ühelt Järvelja ja ühelt Võrtsjärve püsiprooviruudult, siis 2020 leiti kasetaimi 17 Järvelja ja 7 Võrtsjärve katseala prooviruudult. 2020 oli Järvelja häilraie alal kaseuunduse keskmine arv püsiprooviruududel 2, aegjärgse raie alal 0,3, Võrtsjärve häilraie alal 1,5 ja aegjärgse raie alal 1) (joonis 16). Seejuures peab arvesse võtma, et uuenduse hoolduse käigus on katsealade kaseuundust korduvalt ära lõigatud, loomaks männiuunduse kasvuks paremaid tingimusi.

Ilma hooldamata oleks kaseuendus arvukam.

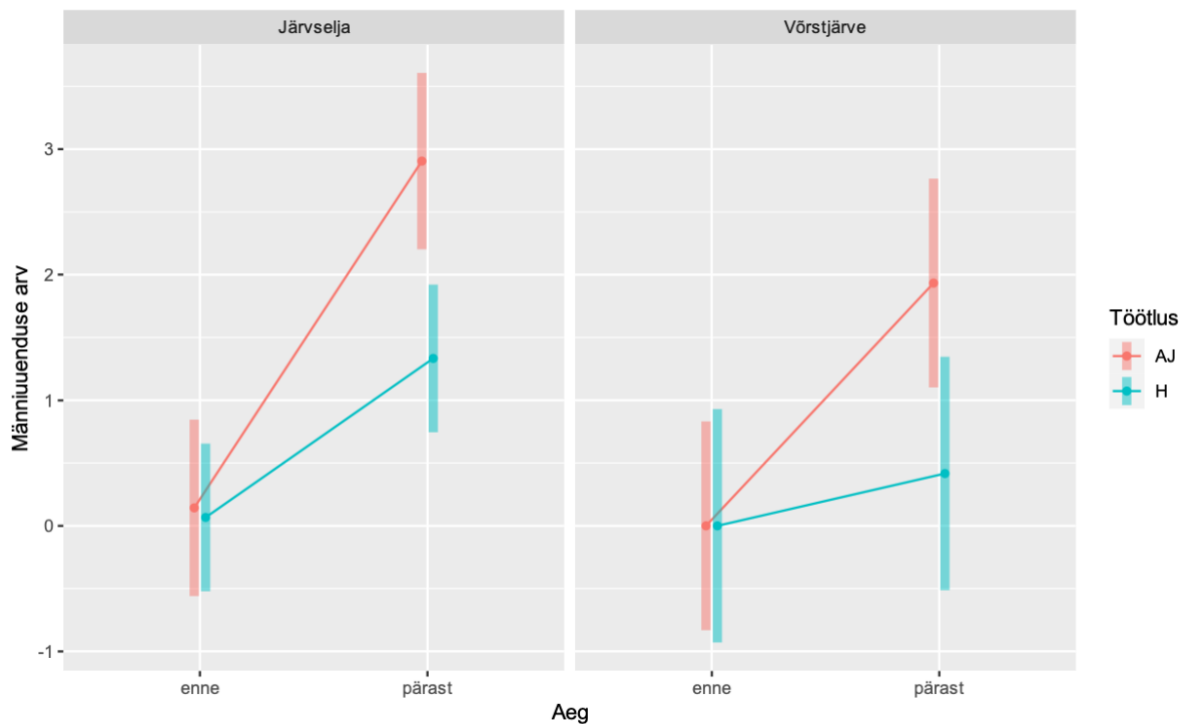
Männiuendust mõjutab töötlus, aeg ning töötuse ja aja koosmõju (tabel 8). Tukey testi tulemuste järgi oli männiuenduse arv oluliselt suurem 2020. aastal aegjärgse raie püsiprooviruutudel (joonis 17).

Tabel 8. Kase ja männiuendust mõjutavad tegurid

Faktor	Arukask (Betula pendula)	Harilik mänd (Pinus sylvestris)
	p-väärtus	p-väärtus
Töötlus	0,1286	0,0057
Aeg	0,0019	<0,0001
Ala	0,9831	0,0631
Töötlus:Aeg	0,1076	0,0079
Töötlus:Ala	0,3389	0,9066
Aeg:Ala	0,9440	0,1322
Töötlus:Aeg:Ala	0,3866	0,9845



Joonis 16. Kaseuenduse keskmine arv (tk) aegjärgse (AJ) ja häilraie (H) korral Järvselja ja Võrtsjärve katsealadel enne (2011 või 2012) ja 7-8-aastat pärast raie (2020). Vearibad näitavad 95% usaldusvahemikku.

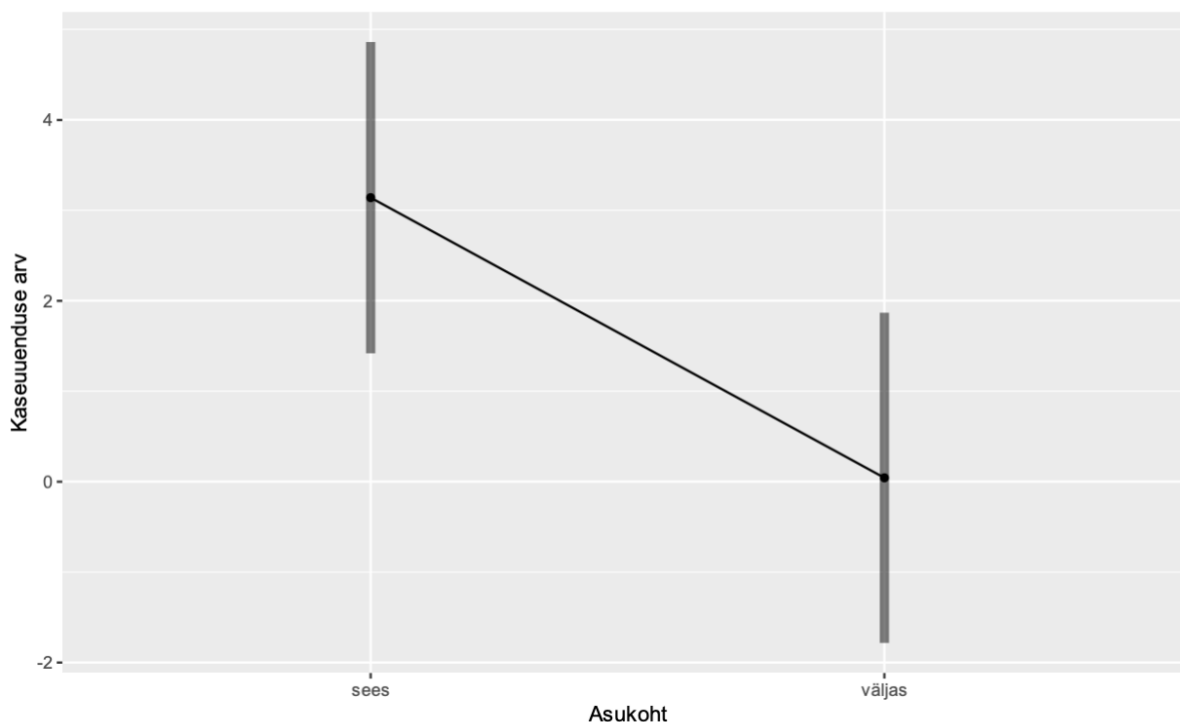


Joonis 17. Männiuuenduse arv (tk) aegjärgse (AJ) ja häilraie (H) korral Järvelja ja Võrtsjärve katsealadel enne (2011 või 2012) ja 7-8-aastat pärast raiet (2020). Vearivad näitavad 95% usaldusvahemikku.

Uuriti ka häilraie alal paiknevate püsiprooviruutude asukoha mõju looduslikule uuendusele. Selgus, et asukoht (häilust sees või häilust väljas) mõjutas kaseuuenduse teket, ent männiuuenduse juures mõju ei täheldatud (tabelid 9, 10). Häilus sees paiknevatele püsiprooviruutudele lisandus võrreldes raie-eelse ajaga keskmiselt 3 kasetaime (joonis 18).

Tabel 9. Häilraiel kaseuuenduse teket (keskmine uuenduse arv püsiprooviruudul enne raiet *versus* arv 2020) mõjutavad tegurid

Faktor	Kaseuuenduse arv
	p-väärtus
Asukoht	0,0168
Ala	0,7212
Asukoht:Ala	0,8325



Joonis 18. Kase uuenduse teke (keskmine uuenduse arv püsiprooviruudul enne raiet *versus* arv 2020) sõltuvalt püsiprooviruudu asukohast häilraiel (häilu sees või häilust väljas). Vearibad näitavad 95% usaldusvahemikku.

Tabel 10. Häilraiel männiuuenduse teket (keskmine uuenduse arv püsiprooviruudul enne raiet *versus* arv 2020) mõjutavad tegurid

Faktor	Männiuuenduse arv
	p-väärtus
Asukoht	0,8474
Ala	0,4484
Asukoht:Ala	0,5667

3.6 Liigiline koosseis

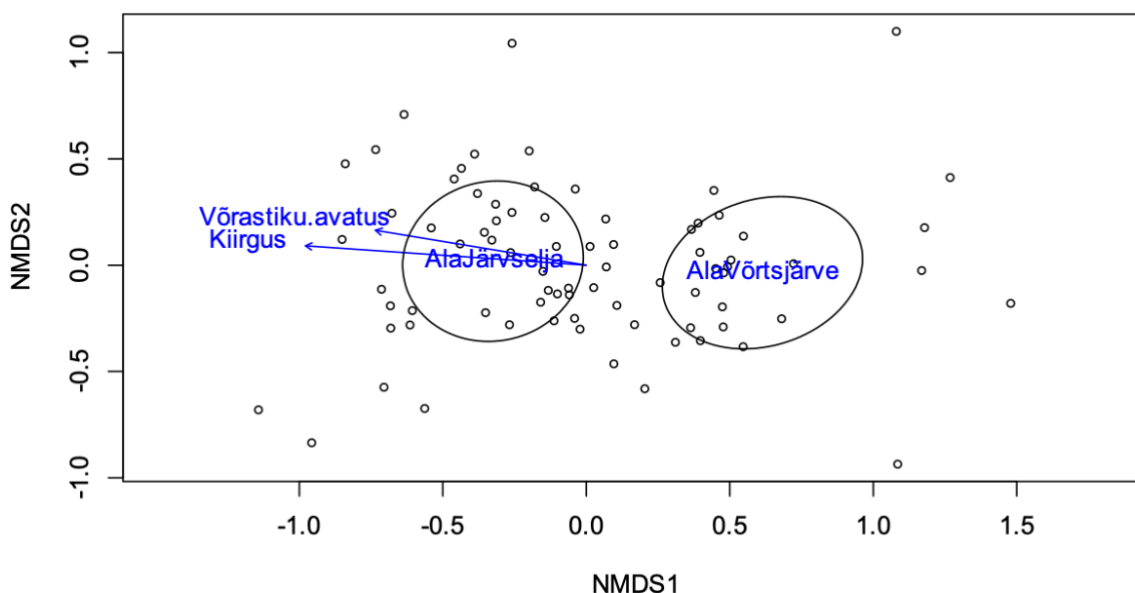
Enne raiet mõjutas puhma-rohu- ja samblarinde liigilist koosseisu enim ala (kas tegemist oli Järvelja või Võrtsjärve katsealaga) ja valgustingimused (võrastiku avatus ning summaarne päikesekiirus) (tabel 11, joonis 19). 7-8-aastat pärast raiet mõjutas liigilist koosseisu jätkuvalt ala ehk alustaimestiku kooslused olid Järvelja ja Võrtsjärve katsealal erinevad (tabel 12, joonis 20). Erinevalt raie-eelsest ajast ei täheldatud enam valgustingimuste selget mõju alustaimestikule ning ka erinevused aegjärgse ja häilraie alade vahel polnud

märkimisväärset.

Ala mõju liigilisele koosseisule oli oodata, kuna katsealad erinesid üksteisest keskkonningimuste poolest. Võrtsjärve kasvukohatüüpiks on jäneskapsa-pohla ning Järvelja kasvukohatüüpiks mustika. Ka metsamullad on pisut erinevad mõlemal katsealal – Võrtsjärve katsealal on valdavalt õhukeselt leetunud leedemuld ning Järveljal on mõnevõrra niiskem gleistunud leetunud leedemuld. Olulist rolli mängib samuti ka, et Võrtsjärvel teostati 2020. aastal teine raie järk. Kõik need tegurid võivad olla põhjuseks, miks liigiline koosseis katsealadel on erinev.

Tabel 11. Keskkonnanafaktorite mõju puhma-rohu- ja samblarinde liigilisele koosseisule enne raiet mitteparameetrilise multidimensionaalse skaleerimise ordinatsiooni skeemil

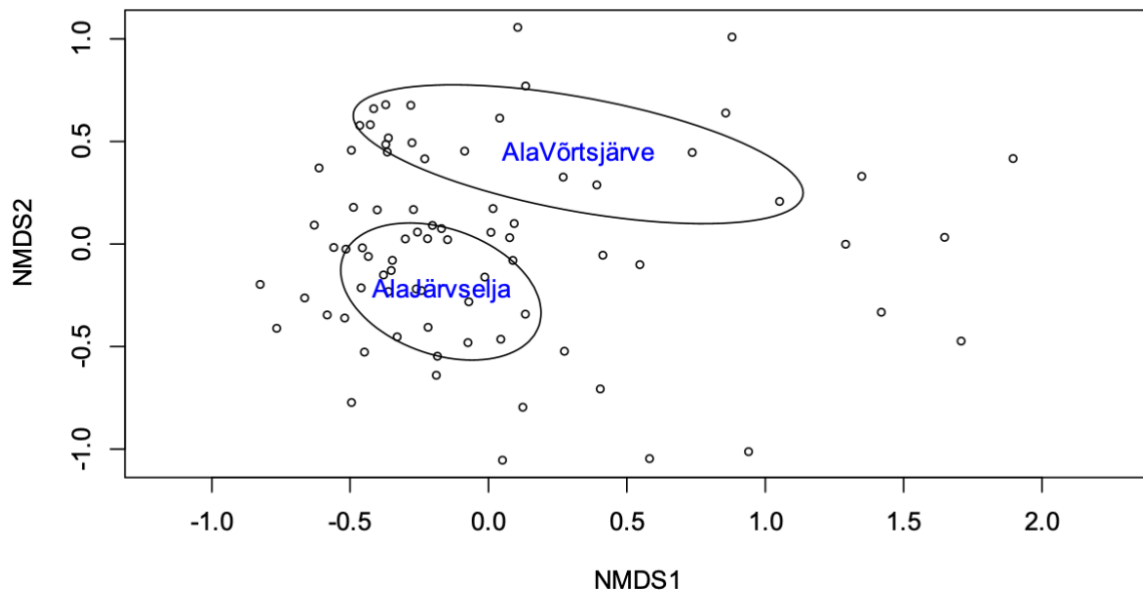
Faktor	r ²	p-väärtus
Ala	0,4562	0,001
Raie	0,0008	0,934
Võrastiku avatus	0,2521	0,001
Summaarne päikesekiirgus	0,4281	0,001



Joonis 19. Püsiprooviruutude ordineerimise skeem enne raiet, (stress 0,18).

Tabel 12. Keskkonnafaktorite mõju puhma-rohu- ja samblarinde liigilisele koosseisule 7-8-aastat pärast raiet mitteparameetrilise multidimensionaalse skaleerimise ordinatsiooni skeemil

Faktor	r ²	p-väärtus
Ala	0,275	0,001
Raie	0,0139	0,35
Võrastiku avatus	0,0113	0,642
Summaarne päikesekiirgus	0,0231	0,43



Joonis 20. Püsiprooviruutude ordineerimise skeem 7-8-aastat pärast raiet, (stress 0,18).

KOKKUVÕTE

Viimastel aastatel on üha rohkem väljendatud soovi, et lisaks lageraiele tuleks rakendada rohkem alternatiivseid raiemeetodeid. Nendeks on turberaieviisid ning ka valikraie. Turberaieviisideks on aegjärgne raie, häilraie ning veerraie. Käesolevas töös uuriti just nimelt kahe turberaieviisi - häilraie ning aegjärgse raie - mõju alustaimestikule ja loodusliku uuenduse tekkele. Alustaimestiku muutusi iseloomustati kahe katseala (JS276-8 ja CO036-5) andmete põhjal. Uuriti, millised muutused toimuvad raiete järel puhma-rohu- ja samblarinde liigirikkuses ning liigilises koosis. Hinnati, kas häilraiel ja aegjärgse raiel on sarnane või erinev mõju alustaimestikule. Lisaks uuriti ka männi ja kase loodusliku uuenduse teket.

Töö jaoks vajalikud andmed koguti välitööde käigus mõlemalt katsealalt. Kokku kahe katseala peale inventeeriti 78 püsiprooviruutu. Välitööde käigus tehti ka iga püsiprooviruudu keskel puhma-rohurinde kohalt poolsfäärifotod, mida kasutati valgustingimuste kirjeldamiseks. Kogutud andmed sisestati statistikaprogrammi Excel, seejärel võrreldi neid juhendaja poolt enne raiet kogutud andmetega. Statistiline analüüs teostati R-keskkonnas, kus koostati korduvmõõtmiste segamudelid eesmärkide uurimiseks.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et kahe turberaieviisi – aegjärgse ja häilraie mõju – alustaimestiku näitajatele oli valdavalt sarnane. Soontaim- ja samblaliikide keskmisele liigirikkusele prooviruutudel, samblarinde üldkatvusele ja kaseuuenduse arvukusele raieviisi mõju ei ilmnenu. Küll aga oli raieviisil mõju männi uuenduse arvukusele, mis oli arvukam aegjärgse raie korral. Raieviisi ja katseala koosmõju mõjutas puhma-rohurinde üldkatvust, mis suurenes märkimisväärselt Järvelja häilraie alal.

Häilraie korral võrreldi täiendavalt, kas taimestiku muutused olid suuremad häilu sees või häilust väljas. Selgus, et puhma-rohurinde üldkatvus suurenes märkimisväärselt rohkem häilu sees, võrreldes häilust välja jäävate prooviruutudega. Samaaegselt samblarinde üldkatvus kahanes häilus sees oluliselt rohkem kui häilust väljas. Lisaks tekkis häilu sees oluliselt rohkem kaseuuendust, võrreldes häilust väljas olevate ruutudega.

Ordineeritud taimeestiku andmete põhjal võib väita, et alustaimestiku liigiline koosseis oli aegjärkse ja häilraie korral sarnane. Samuti selgus ka, et enne raiet mõjutas puhma-rohu- ja samblarinde liigilist koosseisu enim ala (kas tegemist oli Järvelja või Võrtsjärve katsealaga) ja valgustingimused (võrastiku avatus ning summaarne päikesekiirgus). 7-8-aastat pärast raiet mõjutas liigilist koosseisu jätkuvalt ala ehk alustaimestiku kooslused olid Järvelja ja Võrtsjärve katsealal erinevad.

Võib järeldada, et aegjärkne ja häilraie ei tekita suuri muutusi alustaimestikus. Eelneva metsapõlvkonna alustaimestikust ei kadunud kuigi palju liike ehk võib väita, et need turberaieviisid võimaldasid liigirikkuse säilimist. Lisaks lisandus alustaimestikku uusi liike juurde. Metsauuenduse seisukohast tuleks kaaluda, millist raieviisi konkreetses puistus kasutada. Tuleb tõdeda, et häilraie korral võib esineda suur kaseuuenduse teke, mis võib takistada männiuuenduse kasvu häiludes.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aastaraamat Mets 2018. (2021). Keskkonnaagentuur.-

https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/03_raied_13.09_0.pdf

(7.03.2021)

Bartels, S.F., Macdonald, S.F., Johnson, D., Caners, R.D., Spence, J. R. (2018). Bryophyte abundance, diversity and composition after retention harvest in boreal mixedwood forest. - Journal of Applied Ecology. 55, 947-957.

Dovciak, M., Halpern, C.B., Saracco, J.F., Evans, S.A., Liguori, D.A. (2006) Persistence of ground-layer bryophytes in a structural retention experiment: initial effects of level and pattern of overstory retention. – Canadian Journal of Forest Research, 36, 3039-3052.

Eesti Metsad. (s.a). Keskkonnaagentuur.-

https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/kk_faktileht_a4.pdf (17.03.2021)

Eesti metsanduse arengukava aastani 2020. (2010). Keskkonnaministeerium.

<https://www.envir.ee/sites/default/files/mak2020vastuvoetud.pdf> (17.03.2021)

Eesti metsavarude ja värske, 2018 aasta raieandmed. (2019). Keskkonnaagentuur.-

<https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/uudised/eesti-metsavarude-ja-varsked-2018-aasta-raiemahu-andmed> (7.03.2021)

Eesti statistika. (s.a). Mets. [veebileht]

<https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/keskkond/mets> (17.03.2021)

Erametsakeskus. (2020). Turberaiega uuendatud mets kasvab võrreldes lageraiejärgsega

aeglasemalt.[veebileht] <https://www.eramets.ee/metsandusuudised/turberaiega-uuendatud-mets-kasvab-vorreldes-lageraiejargsega-aeglasemalt/> (17.03.2021)

Frazer, G.W., Canham, C.D., Lertzman, K.P. (1999). Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Copyright © 1999: Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.

Haeussler, S., Bedford, L., Leduc, A., Bergeron, Y., Kranabetter, J.M. (2002) .Silvicultural disturbance severity and plant communities of the southern Canadian boreal forest. - Silva Fennica 36(1), 307-327.

Hannerz, M., Hanell, B. (1997). Effects on the flora in Norway spruce forests following clearcutting and shelterwood cutting. - Forest Ecology and Management 90, 29-49.

- Jalonen, J., Vanha-Majamaa, I.** (2001). Immediate effects of four different felling methods on mature boreal spruce forest understorey vegetation in southern Finland. – *Forest Ecology and Management* 146, 25-34.
- Kalle, A.** 2020. Turberaie viiside mõju alustaimestikule Järvelja katsealal. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli Metsandus -ja maaehitusinstituut. Tartu. 33 lk.
- Laas, E.** (2011). Raied metsa kasvatamisel. Metsamajanduse alused. Õpik kõrgkoolidele. Koostajad E. Laas, V. Uri, M. Valgepea. Tartu Ülikooli Kirjastus, lk. 485-531.
- Laas, E.** (2012a). Turberaied võivad olla alternatiiviks lageraietele.- *Eesti Mets*. Nr. 2. [e-ajakiri] http://vana.loodusajakiri.ee/eesti_mets/artikkel1265_1249.html (7.03.2021)
- Laas, E.** (2012b). Hajali raiumisega turberaie.- *Eesti Mets*. Nr. 3. [e-ajakiri] http://vana.loodusajakiri.ee/eesti_mets/artikkel1289_1273.html (7.03.2021)
- Metsa majandamise eeskiri. (vastu võetud 27.12.2006, viimati jõustunud 12.01.2007).- Riigiteataja <https://www.riigiteataja.ee/akt/12771900> (7.03.2021)
- Metsaregister. Metsaregistri avalik veebirakendus. Keskkonnaamet. <https://register.metsad.ee> (4.05.2021)
- Metsaseadus. (vastu võetud 07.06.2006, viimati jõustunud 01.03.2016).-Riigiteataja <https://www.riigiteataja.ee/akt/130122015032> (7.03.2021)
- Tishler, M.** 2014. Männiku uuendamine turberaiega Järvelja näidis-katsealal. Magistritöö. Eesti Maaülikooli Metsandus – ja maaehitusinstituut. Tartu. 94 lk.
- Tullus, T., Tishler, M., Rosenvald, R., Tullus, A., Lutter, R., Tullus, H.** (2019). Early responses of vascular plant and bryophyte communities to uniform shelterwood cutting in hemiboreal Scots pine forests. - *Forest Ecology and Management* 440, 70-78
- Vanha-Majamaa, I., Shorohova, E., Kushnevskaia, H., Jalonen, J.** (2017). Resilience of understory vegetation after variable retention felling in boreal Norway spruce forests. – *A ten-year perspective*. – *Forest Ecology and Management* 393, 12-28.

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

Mina, Mari Nurme,
(sünnipäev 21.11.1998)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Aegjärkse ja häilraie mõjud alustaimestikule ja looduslikule uuendusele JS276-8 ja CO036-5 katsealadel, mille juhendaja on Tea Tullus,
 - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemisekskuni 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, 27.05.2021

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

_____ (juhendaja nimi ja allkiri)

_____ (kuupäev)