

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutus

Ville Rautiainen
Henri Räsänen

Lumituhot männyntaimikoissa Suomussalmella

Opinnäytetyö
Tammikuu 2019



OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2019
Metsätalouden koulutus

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
013 260 600

Tekijät
Ville Rautiainen, Henri Räsänen

Nimeke
Lumituhot männyntaimikoissa Suomussalmella

Toimeksiantaja
Metsähallitus Metsätalous Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tarkasteltiin lumituhoja männyntaimikoissa Suomussalmella. Aihe oli ajankohtainen, koska edellisenä talvena tykkylunta oli paljon. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää lumituhojen määrä ja vakavuus sekä eri muuttujien vaikutus lumituhojen määrään. Muuttujina olivat uudistamistapa, taimikonhoito toteutettu/toteuttamatta, runkoluku, korkeus merenpinnasta, pituus ja läpimitta.

Tutkimusaineisto kerättiin maastokoealamittauksilla Suomussalmelta taimikoista kesällä 2018. Tutkimuskohteina olivat 76 kuviota, joiden pinta-ala oli yhteensä 290,4 ha. Maastossa mitattiin yhteensä 372 koealaa ja yhden koealan säteenä käytettiin 5,64 m. Otanta rajattiin vuonna 2003 uudistettuihin männyntaimikoihin. Koealat mitattiin lineaariselta linjalta. Linja määritettiin GPS-laitteen avulla kuvion keskipisteen halki leveimmältä kohdalta.

Tutkittavilla muuttujilla todettiin olevan vaikutusta lumituhojen määrään. Tutkimuskohteilla oli keskimäärin lumituhoja 3,2 %, katkenneiden osuus oli 2,9 % ja taipuneiden 0,3 %. Pahimmalla mitatulla koealalla oli 33,3 % taimista kokenut tuhoja.

Kieli
suomi

Sivuja 40
Liitteet 1
Liitesivumäärä 1

Asiasanat
lumituhot, mänty, taimikot, Suomussalmi



THESIS
January 2019
Degree Programme in Forestry

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 013 260 600

Author
Ville Rautiainen, Henri Räsänen

Title
Snow Damage in Pine Sapling Stands in Suomussalmi

Commissioned by
Metsähallitus Metsätalous Oy

Abstract

In this thesis the snow damages in pine sapling stands in Suomussalmi area were observed. The subject was current because there were heavy snow loads the previous winter. The purpose of the thesis was to sort out the amount and seriousness of the snow damages, and to figure out the effects of different variables on them. As variables there were regeneration method, tending of stand, number of tree trunks, elevation, height and diameter.

The research material was collected by making field surveys in sapling stands in Suomussalmi in summer 2018. As the research target there were 76 patterns totalling 290.4 hectares. In total of 372 sample plots were measured in terrain, and the radius of the sample plot was 5.64 meters. The sampling was delimited to pine sapling stands regenerated in 2003. The sample plots were measured by linear line. The line was defined by using a GPS devise from the pattern's widest spot from its centre.

The research variables were found out to have an effect on the amount of snow damages. The average in snow damages in the studied targets were 3.2 %, where the broken part was 2.94% and bent part was 0.26%. At the worst measured plot 33.3 % of saplings had been damaged.

Language
Finnish

Pages 40
Appendices 1
Pages of Appendices 1

Keywords
snow damage, pine, sapling stand, Suomussalmi

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Metsähallitus Metsätalous Oy	5
3	Lumituhot	7
4	Metsänhoidon vaikutus lumituhoihin	12
5	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelmat	13
6	Tutkimuksen toteutus	15
6.1	Tutkimusmenetelmät	15
6.2	Otanta ja maastomittaus	15
6.3	Analysointi	19
7	Tulokset	20
7.1	Korkeuden vaikutus	20
7.2	Runkoluvun vaikutus	23
7.3	Pituuden vaikutus	26
7.4	Läpimitan vaikutus	28
7.5	Taimikonhoidon vaikutus	30
7.6	Uudistamismenetelmän vaikutus	31
7.7	Regressiomalli	32
8	Pohdinta	34
8.1	Tulosten tarkastelu	34
8.2	Luotettavuus	37
8.3	Lisätutkimustarve	37
	Lähteet	38

Liitteet

Liite 1 Maastolomake

1 Johdanto

Metsämaata Suomessa on 20 337 000 ha, joista 8 900 000 ha on kokenut metsätuhoja. Kainuussa metsämaata on yhteensä 1 630 000 ha, joista 718 000 ha:lla on metsätuhoja. (Luonnonvarakeskus 2018b.) Lumituhot ovat edelleen yleisimpiä laatua alentavia tuhoja. Kainuussa vuonna 2017 valtakunnan metsien 12. inventoinnissa (VMI12) todettiin lumituhojen osuudeksi 8,6 % metsämaan alasta. (Korhonen, Nevalainen & Strandström 2018, 9.)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää lumituhojen määrä ja vakavuus männyntaimikoissa sekä eri muuttujien vaikutus lumituhojen määrään. Muuttujina olivat uudistamistapa, taimikonhoito toteutettu/toteuttamatta, männyn taimien runkoluku, keskipituus, keskiläpimitta rinnankorkeudella, kohteen korkeus merenpinnasta ja muun puuston määrä.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin lumituhoja männyntaimikoissa Suomussalmella. Aihe oli alueella ajankohtainen, koska edellisenä talvena tykkylunta oli paljon. Tykkylumen määrän takia lumituhoja tuli huomattavan paljon kasvatusmetsiin. Toimeksiantajana opinnäytetyössä on Metsähallitus Metsätalous Oy, joka halusi selvittää lumituhojen määrää taimikoissa. Aihe rajattiin männyntaimikoihin, koska suurin osa tutkimusalueen taimikoista on männiköitä ja mänty on alueella taloudellisesti merkittävin ja vallitseva puulaji. Lisäksi aikaisempien tutkimusten mukaan männyt ovat alttiimpia lumituhoille kuin kuuset (Luonnonvarakeskus 2018a). Männyntaimikoita rajattiin uudistusian ja alueen mukaan.

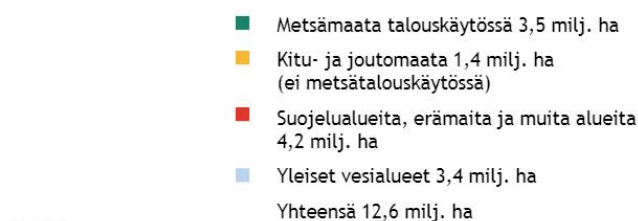
2 Metsähallitus Metsätalous Oy

Metsähallitus Metsätalous Oy on Metsähallituksen omistama tytäryhtiö, joka aloitti toimintansa 15.4.2016. Metsätalous Oy hoitaa yksinoikeudella liiketoiminnan käytössä olevia valtion omistamia monikäyttömetsiä. Tehtäviä ovat esimer-

kiksi metsien käytön suunnittelu ja töiden toteutuksen ohjaus. Toiminnan päämääränä on metsien monikäyttö. Metsätalouden toiminnassa huomioidaan yhteiskunnalliset hyödyt, mikä tarkoittaa luonnon monimuotoisuuden, virkistyskäytön, porotalouden, saamelaiskulttuurin sekä työllisyyden edistämisen huomioon ottamista metsätalouden toiminnassa. Asiakkaina ovat metsä- ja energiateollisuus ja muut puuta käyttävät yritykset kotimaassa ja ulkomailla. Metsähallituksen liikevaihdosta lähes 90 % tulee puun myyntituloista. Liiketoiminta tuottaa yli 100 miljoonaa euroa vuodessa, mikä tuloutetaan valtiolle ja sitä kautta yhteiskunnan erilaisiin tarpeisiin. (Metsähallitus 2018b.)

Metsähallituksella on hallinnassaan noin 12,6 miljoonaa ha maa- ja vesialueita, joka on lähes kolmannes Suomen pinta-alasta. Suurin osa valtion omistamista maista sijaitsee Itä- ja Pohjois-Suomessa (kuva 1). (Metsähallitus 2018d.) Talousmetsien metsämaata on 3,5 miljoonaa ha, joista 3 miljoonaa ha on käytössä ilman rajoituksia. Talousmetsien kasvu on noin 11 miljoonaa m³ vuodessa. Metsähallitus Metsätalous Oy:ssä työskentelee vakituisesti noin 600 henkilöä, ja lisäksi se työllistää urakoitsijoita työntekijöineen n. 1 200 henkilöä. (Metsähallitus 2018b.)

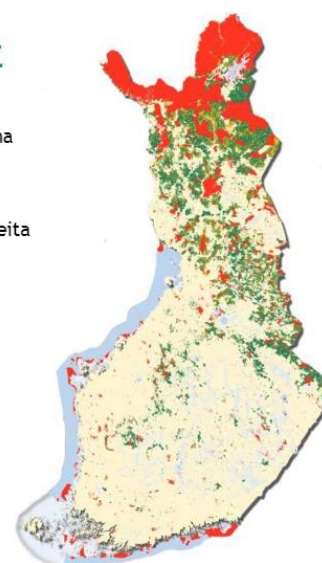
Metsähallituksen maat ja vedet



Metsämaan omistus Suomessa



 METSÄHALLITUS



Kuva 1. Metsähallituksen omistamat maa- ja vesialueet, sekä metsämaan omistuksen jakautuminen Suomessa (Metsähallitus 2018a).

3 Lumituhot

Tykkylumi syntyy lumihutaleiden lisäksi muusta kiinteässä olomuodossa olevasta vedestä. Tykkylumi voi kertyä puunoksesta joko kostean lumen tarttumisen ja jäätyneen seurauksena eli nuoskatykyynä tai huurtamalla huurretykyynä. Huurretykky syntyy huurteesta ja huurteen sitomista lumihutaleista ja jääkiteistä. Huurre syntyy halkaisijaltaan alle 0,1 mm olevista pilvi- ja sumupisaroista. Nuoskatykystä yli puolet on syntynyt kosteana satavasta lumesta tai kostean lumen sitomista lumihutaleista. (Ilmatieteen laitos 2018b.) Tykyn kertymiseen vaikuttavat sääolosuhteet. Taulukosta 1 nähdään tykkylumen kertymiselle potentiaaliset olosuhteet. Ilman korkea kosteusprosentti sekä kohtalainen tuuli edesauttavat tykkylumen kiinnittymistä puustoon. Optimaalinen lämpötila-alue lumen kerääntymiselle puihin on noin -3 °C - +1 °C. Pakkasjaksolla kova tuuli katkoo puita, jos painava lumitaakka on jäänyt puiden oksille. Lämpimät ja tuuliset suojajaksot sulattavat tykkylumen puista. Alkutilalla tykkylumi sulaa erittäin helposti alemmiltä maastonkorkeuksilta. Korkeammilla maastonkorkeuksilla ilma lämpenee hitaasti, joten tykky sulaa hitaammin. (Lehtonen 2017, 12 - 13.)

Taulukko 1. Lehtosen tutkimuksessa käytetyt tunnusarvot olosuhteista, jotka ovat suotuisia tykkylumen kertymiselle (Lehtonen 2017, 18).

	Nuoskatyky	Huurretykky
Lämpötila	-3,42°C - + 1,05°C	-5,19°C - - 0,16°C
Ilmankosteusprosentti	> 89,44 %	> 95,50 %
Tuulen nopeus	2,07 ms - 5,63 ms	2,00 ms - 4,54 ms
Päivän kokonaissademäärä	> 6,41 mm	< 1,11 mm

Tyypillisiä lumen aiheuttamia vaurioita puissa ovat katkenneet ja taipuneet rungot, mutta sulan maan aikaan myös juurineen kaatuminen on mahdollista. Myös taimikoissa lumi voi taittaa sekä katkoa runkoja. (Lehtonen 2017, 13.) Männyn taimien hirvituhoja simuloivassa katkontakokeessa tehty viimeisen vuosikasvaimen katkaiseminen aiheutti puun laatua alentavia runkovaurioita (Poti 2016, 27). Toisen vuosikasvaimen puolivälistä katkaiseminen aiheutti jo erittäin merkittävän

laatua alentavan runkovaurion (Poti 2016, 34). Katkontakokeessa havaitut vauriot ovat verrattavissa lumen katkaisemiin männyn taimiin. Taulukosta 2 nähdään, että lumi on VMI 12:ssa tehtyjen havaintojen mukaan suurin yksittäinen tuhonaiheuttaja Suomen metsissä. Taulukossa ei ole tuhoja eroteltu puulajeittain, eikä siihen sisälly Ylä-Lapin ja Ahvenanmaan tietoja. (Korhonen ym. 2018, 11.)

Tykkylumi voi vaurioittaa kaikkia puulajeja. Kuusi kestää paremmin tykkylunta kuin mänty, koska kuusella tykky kertyy koko puun pituudelle, ja etenkin taimikoissa tykky suorastaan tukee kuusta. Männyllä tykkylumi kertyy puun latvukseen ja lumitaakan kasvaessa riittävän suureksi runko katkeaa. Katkenneista latvoista johtuen tykkyalueilla männyn ovat usein monilatvaisia. (Luonnonvarakeskus 2018a.)

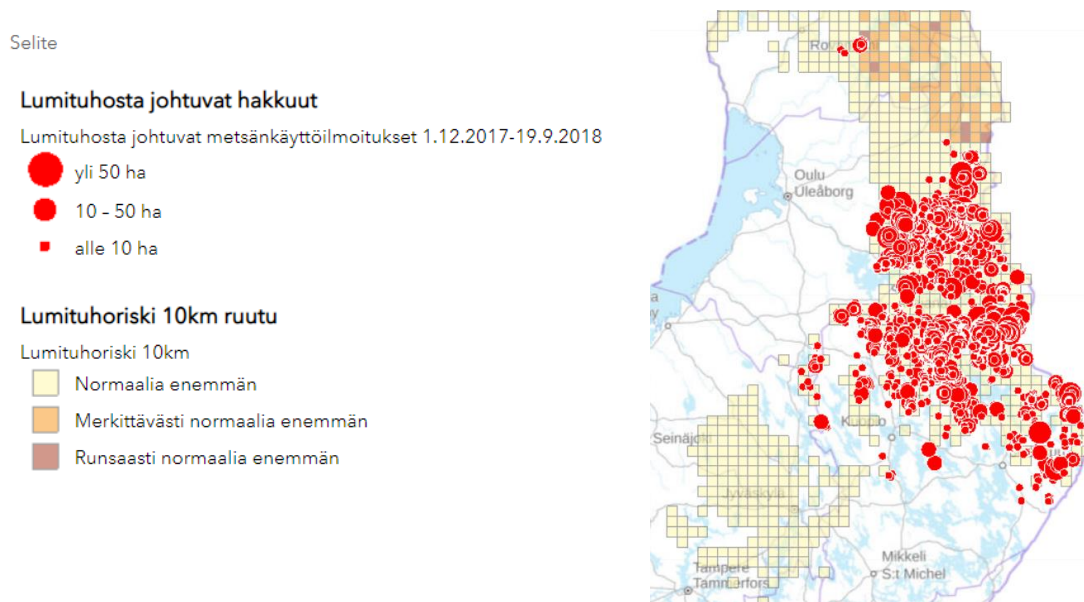
Taulukko 2. ”Metsikön metsänhoidollista laatua alentavien kuviotuhojen osuudet ja pinta-alaestimaatit puuntuotannon metsämaalla VMI 12:ssa vuosina 2016 ja 2017. Vain kuvion tärkein tuho on huomioitu.” (Korhonen ym. 2018, 11.)

Ryhmä	Aiheuttaja	%puuntuotannon metsämaan alasta		Pinta-alaestimaatti km ²		
		2016	2017	2016	2017	
Ei tuhoa	Ei laatua alentavaa tuhoa	74,12	73,25	145362	141994	
Tuhot yhteensä	Kaikki laatua alentavat	25,88	26,75	50759	51867	
Tuntematon abioottinen	Tunnistamaton	5,14	5,92	10077	11483	
	Ilman epäpuhtaudet	0,01	0	16	0	
	Kuivuus	-	0,03	0	50	
	Lumi	7,25	7,47	14225	14475	
	Metsäpalo	0,03	0,04	63	72	
	Muu maaperätekijä	0,2	0,13	396	247	
	Muut säätekijät	0,38	0,016	740	317	
	Pakkanen	0,41	0,24	795	459	
	Ravinteiden epätasapaino	1,69	1,1	3324	2138	
	Tunnistamaton abioottinen	0,02	0,01	43	16	
Selkärangaiset	Tuuli	1,73	1,53	3402	2966	
	Vetisyys	0,28	0,51	556	996	
	Hirvi	3,14	2,69	6155	5213	
	Muu Hirvieläin	-	0,02	0	34	
	muu selkärangainen	0,02	0,1	34	139	
	Myyrät	0,35	0,09	679	169	
	Hyönteiset	Kirjapainaja	0,07	0,11	133	216
		Muu tunnistettu hyönteinen	0,03	0,02	54	40
		Tukkimehentai	0,02	0,02	36	42
		Tunnistamaton hyönteinen	0,11	0,1	219	189
Tunnistamaton mäntypistiäinen		0,01	0	29	0	
Sienet	Ytimennärvetäjät	0,02	0,03	37	67	
	Ei tunnistettu sieni	0,36	0,06	697	108	
	Harmaakariste	0,01	0,06	22	109	
	Juurikäätäjä	0,13	0,38	251	740	
	Karistesieni	0,16	0,16	320	301	
	Koivunruoste	0,01	0	22	0	
	Kuusensuopursuruoste	0,11	0,09	207	165	
	Männnyversoruoste	0,1	0,13	197	259	
	Muu lahottajasieni	1,32	1,5	2590	2913	
	Muu tunnistettu sieni	0,07	0,09	147	168	
	Tervasroso	0,65	1,29	1274	2504	
	Versosurma	0,25	0,4	496	772	
	Muut	Kilpailu	0,71	1,03	1398	1995
Muu ihmisen toiminta		0,99	1,16	1939	2246	
	Puun korjuu	0,09	0,14	184	262	

Lumituhon riski on merkittävä nuorissa ja varttuneissa männiköissä yli 200 m:n korkeudessa merenpinnasta. Viime talvena poikkeuksellisen runsas tykkylumen määrä aiheutti lumituhoja Kainuun, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan metsissä. Kyseisissä maakunnissa on tehty lumituhoista johtuvia hakkuita erityisen paljon (kuva 2). Suomen metsäkeskuksen mukaan vuoden 2018 aikana metsänomistajat suunnittelivat viime talven tykkylumituhoista johtuvia hakkuita lähes 53 000 ha:n alueelle (taulukko 3). Kyseisistä hakkuista kertyy puuta noin 5 miljoonaa m³, jonka myyntiarvo olisi ilman tuhoja noin 170 miljoonaa euroa ja tykkylumituhoista aiheutuvan puunmyyntitulojen menetyksen arvioidaan olevan noin 20 - 30 miljoonaa euroa. Kaikista lumituhohakkuista Metsähallituksen ja Tornatorin metsissä on noin puolet. Pahimmillaan tuho on pirstonut useamman hehtaarin alueella lähes kaiken puuston. (Metsäkeskus 2018c.) Kaikkein alttein lumituholle on pitkään ylitieänä kasvanut, viimeisen parin vuoden aikana harvennettu männikkö. Runko taipuu helposti lumen painosta, jos rungon läpimitta on pieni suhteessa rungon pituuteen. Tällaisia heikkoja runkoja löytyy paljon ylitieistä, yläharvennetuista ja eri-ikäishakkuin käsitellyistä metsistä. (Heliövaara, Kasanen & Uotila 2015, 186.) Yläharvennuksessa poistetaan myös suurimpia puita tavoitteena kasvattaa välittömiä harvennushakkuutuloja. Eri-ikäishakkuissa poistetaan metsikön suurimpia puita ja jätetään kasvamaan hyväkuntoiset puut, joilla on edellytykset kehittyä hyvälaatuisiksi tukkipuiksi. (Metsäkeskus 2016.)

Taulukko 3. Lumituhojen perusteella suunnitellut hakkuut vuonna 2018 (Metsäkeskus 2018a).

	Pinta-ala, ha
Koko maa	52 782
Kainuu	21 941
Suomussalmi	5 968



Kuva 2. Lumituhoille alttiit alueet on luokiteltu kartalla kolmeen luokkaan, jotka on laskettu Metsäkeskuksen aineiston perusteella. Kartalla näkyvät myös lumituhojen vuoksi tehdyt metsänkäyttöilmoitukset, jotka ovat saapuneet 1.12.2017 - 19.9.2018 välisenä aikana. (Metsäkeskus 2018b.)

Lumituhojen kannalta on oleellista, miten tykkylumi lähtee puiden päältä. Runsas tykkylumen määrä ei aiheuta aina lumituhoja, mutta jos lämmin ja tyyni sää seuraa pakkasjaksoa, jo valmiiksi raskaan tykkylumen kosteus alkaa nousta voimakkaasti. Näin taakka helposti kaksinkertaistuu, ja sitä puu tuskin kestää vaurioitta. Kaikki talvet eivät ole tykkytalvia. Lumituhoja voi ennaltaehkäistä harventamalla männiköt lievästi ja usein. (Luonnonvarakeskus 2018a.) Lumituhoja voi syntyä myös pienissä taimikoissa keväällä, kun lumihangon pinta alkaa laskea. Lumi-peitteeseen pakkasella jäätyneet taimien oksat antavat lumen painon alla periksi. (Luonnonvarakeskus 2005.)

Jos lumen katkaisemia puita on mäntymetsässä yli 20 m³ tai kuusimetsässä yli 10 m³ ha:lla, rajan ylittävä määrä puuta on poistettava metsästä. Suomussalmen alueella takaraja mäntypuutavaran keräämiselle on 15. päivä heinäkuuta. Puutavaran ja vahingoittuneen puun poistovelvoite koskee käyttötarkoituksesta riippumatta puutavaraa, joka on tyviläpimitaltaan yli 10 cm. (Laki metsätuhojen torjunnasta 2013.)

Etelä-Lapissa tehdyissä tutkimuksissa tykkylumen paino puuta kohden vaihteli mittauksissa sadoista kiloista useisiin tuhansiin kiloihin. Tutkimuksissa huomattiin maaston korkeuden ja puun pituuden vaikuttavan eniten tykkylumen määrään. Yhden puun kantama suurin punnittu lumitaakka oli peräti 3290 kg. 300 m:n korkeudella merenpinnasta alle 5 m:issä puissa lumi taakka oli yleensä 30–50 kg metriä kohden, kun taas 20 m:illä puilla se oli jopa 180–200 kg. Alle 250 m:n korkeudella merenpinnasta ei esiintynyt huomattavia lumituhoja, mutta 290–350 m:n korkeuksilla kuusista oli kokenut vaurioita 0–46 %, männyistä 39–100 % ja koivuista 0–33 %. Mänty oli tutkimuksen perusteella selkeästi alttein lumituhoille. (Jalkanen & Konocpka 1998, 377 - 380.)

Ilmastonmuutoksen seurauksena lumituhojen mahdollisuuden arvioidaan kasvavan, koska leudomprien talvien johdosta lumen kerääntymiselle puihin optimaaliset olosuhteet lisääntyvät (Lehtonen 2017, 26). Kannattavan metsäbiotalouden täytyy hallita tehokkaasti myös uusia ja voimistuvia säähän ja ilmastoon liittyviä riskejä. Esimerkiksi vasta käynnistyneessä Ilmatieteen laitoksen koordinoimassa SÄÄTYÖ-hankkeessa tuotetaan metsäalan sää- ja ilmatoriskien hallinnassa tarvittavaa tietoa. SÄÄTYÖ-hankkeessa kehitetään yksityiskohtainen lumituhojen riskialueiden kartoittamismenetelmä, joka auttaa sopeuttamaan metsänhoitotoimet siten, että niissä huomioidaan ilmastonmuutoksen vaikutukset. (Ilmatieteen laitos 2018a.)

Maa- ja metsätalousministeriö myönsi Suomen metsäkeskukselle määrärahan satelliittikuvien testaamiseen talven 2018 lumituhojen arvioimiseksi. Tykkylumituhojen satelliittikuvatulkinta -projektin tavoitteena oli tutkia satelliittikuvien käyttömahdollisuuksia tykkylumituhojen arvioimiseksi. Projektissa testattiin näkyvän valon satelliittikuvien soveltuvuutta nopean ja luotettavan tilannekuvan muodostamiseksi lumituhojen jälkeen. Testausten jälkeen todettiin, etteivät satelliittikuvat sovellu aiottuun tarkoitukseen riittävän hyvin. Satelliittikuvilta tarvitaan lisää kehitystyötä, jotta menetelmästä saadaan operatiiviseen käyttöön luotettava. Kyseisessä projektissa tutkittujen optisten satelliittikuvien sijaan voitaisiin tutkia tutka-satelliittikuvien käyttöä metsätuhojen selvittämiseksi. (Satellio Oy 2018, 2, 20.)

4 Metsänhoidon vaikutus lumituhoihin

Opinnäytetyössä hoidetulla taimikolla tarkoitetaan taimikkoa, johon on tehty taimikon perkaus, kylvötuppaiden harvennus tai taimikon harvennus ennen vuotta 2018. Hoitamattomaan taimikkoon ei ole tehty edellä mainittuja hoitotoimenpiteitä. Uudistamismenetelmällä tarkoitetaan joko äestettyä ja konekylvettyä tai mätästettyä ja istutettua taimikkoa. Tutkimuksen istutuskohteet olivat metsuri-työnä istutettuja. Nykyisin käytössä on myös koneellinen istutus.

Koko maassa alle 20-vuotiaita metsiä on noin 3 110 000 ha, joista Kainuussa on 234 000 ha (Luonnonvarakeskus 2018b). Metsähallituksen metsänhoito-ohjeen mukaan taimikon harvennuksessa taimikko harvennetaan kasvatustiheyteen 1 800–2 200 Pohjois-Suomen alueella, johon Suomussalmi kuuluu. Kasvatettavat puut valitaan taimikon harvennuksessa laatuharvennuksen periaattein, jolloin poistetaan heikkolaatuisia puita ja näin voidaan tinkiä systemaattisen tasaisesta tiheydestä. Taimikon perkaus ja kylvötuppaiden harvennus tehdään tarvittaessa kasvatettavan taimikon ollessa noin 1–2 m:n pituusvaiheessa. Männyntaimikon perkauksessa laadun varmistamiseksi jätetään noin 3 000–4 000 männyn taimea hehtaarille, jolloin myös tuhojen jälkeen jää riittävästi kasvatettavia taimia. Kylvötuppaiden harvennuksessa kuhunkin kylvökohtaan jätetään kasvamaan yksi päätaimi. Kylvötuppaiden harvennus ei ole enää työlajina käytössä Metsähallituksella. (Metsähallitus 2018c, 23.) Lumituoja voidaan ennaltaehkäistä, kun taimikot ja nuoret metsät pidetään riittävän harvoina. Järetyminen auttaa kestämään tuulen ja lumen aiheuttamia rasituksia. (Tapio 2015, 54.)

Uudistamisen tavoitteena on saada kasvupaikalle sopivista puulajeista koostuva taloudellisesti ja nopeasti tuottava, elinvoimainen, täysitiheä ja hyvälaatuinen taimikko, josta tulevaisuudessa saadaan mahdollisimman paljon tuloja hakkuiden kautta (Metsähallitus 2018c, 6). Uudistamismenetelmän valintaan vaikuttavat kasvupaikka ja maalaji (Metsähallitus 2018c, 9). Männyntaimikon runkoluku on yleensä suurempi äestetyillä ja kylvetyillä kohteilla kuin mätästetyillä ja istutetuilla kohteilla (Päätaalo, Siipilehto & Valkonen 2015, 12). Erilaisia uudistamisketjuja tut-

kittaessa havaittiin maanmuokkausmenetelmistä eniten lumi- ja hirvituhoja määstetyillä kohteilla (Pääatalo ym. 2015, 12). Männyn oksikkuutta tutkittaessa on havaittu, että runkoluvun kasvaessa yli 2 000–2 500 runkoon hehtaarilla, oksien määrä männyissä vähenee. Tiheyden kasvaessa oksien väheneminen voi johtua myös runkojen pienenemisestä. (Kellomäki 1984, 108.)

5 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelmat

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää lumituhojen määrä ja vakavuus sekä eri muuttujien vaikutus lumituhojen määrään. Muuttujina olivat uudistamistapa, taimikonhoidon toteutus, runkoluku, kohteen korkeus merenpinnasta, keskipituus, keskiläpimitta rinnankorkeudella ja muun puuston määrä (taulukko 4). Uudistamistapa tarkoittaa, onko taimikko uudistettu istuttamalla vai kylvämällä. Taimikonhoidon toteutus tarkoittaa, onko hoitotoimenpidettä toteutettu taimikkoon ennen vuotta 2018. Runkoluku on männyn taimien lukumäärä koealalla. Keskipituus on keskimääräinen männyn taimen pituus koealalla, ja keskiläpimitta on keskimääräinen männyn taimen läpimitta 1,3 m:n korkeudella eli rinnankorkeudella. Muuttujia pyrittiin valitsemaan sen mukaan, mitkä vaikuttavat lumituhojen määrään.

Taulukko 4. Tutkittavat muuttujat ja yksiköt.

Tutkittavat muuttujat
Uudistamistapa (istutus/kylvö)
Taimikonhoito (toteutettu/toteuttamatta)
Runkoluku (kpl/koeala)
Korkeus merenpinnasta (m)
Keskipituus (m)
Keskiläpimitta (cm)
Muun puuston määrä (kpl/koeala)

Yhtenä tutkimuksen haasteena oli alueen ja taimikon kokoluokan rajausta. Taimikon kokoluokan rajauksessa täytyi löytää sopiva ikäluokka, jossa olisi eri menetelmin uudistettuja taimikoita sekä hoidettuja ja hoitamattomia taimikoita. Hoitamattomia ja hoidettuja taimikoita ei ollut monessa ikäluokassa kovin tasaisesti jakautuneena. Vanhemmissa taimikoissa taimikonhoidot olivat usein jo toteutettu

ja vastaavasti nuoremmissa taimikoissa taimikonhoitoja oli vähemmän toteutettu. Suurin osa alueen kyseisen ikäluokan taimikoista on kylvämällä uudistettu, mutta tutkimusaineistoksi päätettiin kerätä rajauksiin mahtuvat kohteet, joilta kaikki tarvittavat tiedot olivat saatavilla. Näin minimoitiin omaa valintaa ositetun otannan valinnassa.

Aineistoa kerätessä ongelmana oli tuhonaiheuttajan tunnistaminen. Hirvituhot eroavat lumituhoista usein syömäjälkien perusteella (kuva 3). Hirvituholle tyypillisiä piirteitä ovat syödyt oksat ja latvakasvaimet, katkenneet rungot ja kuorivauriot (Luonnonvarakeskus 2012). Tutkimuksessa lumituho ja hirvituho eroteltiin syömä- ja hankausjälkien perusteella. Jos katkenneissa taimissa ei ollut syömä- tai hankausjälkiä, kyseessä oli lumituho. Tulosten analysointivaiheessa vertaaminen aiempiin tutkimuksiin ei ollut kaikilta osin mahdollista, koska taimikoista ei ole tehty aiemmin vastaavaa tutkimusta kyseiseltä alueelta.



Kuva 3. Hirvituho (Kuva: Henri Räsänen).

6 Tutkimuksen toteutus

6.1 Tutkimusmenetelmät

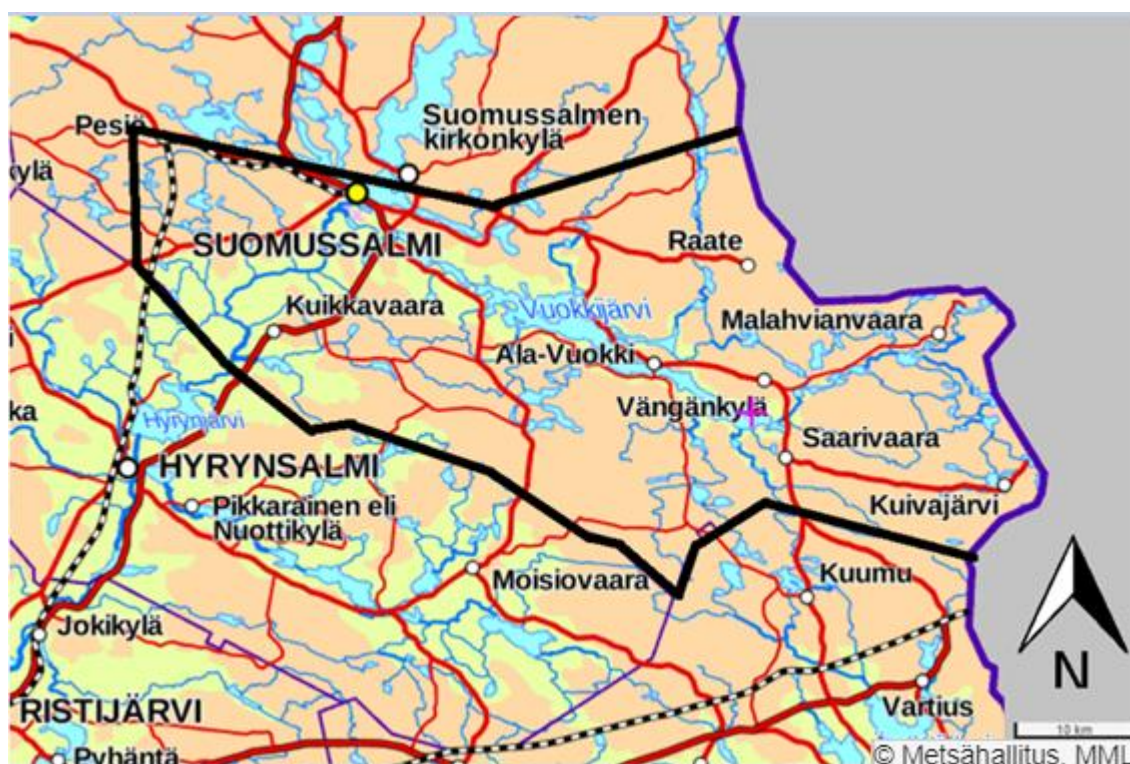
Tutkimusmenetelmänä on tilastollinen kenttätutkimus. Tutkimuksessa on kvantitatiivisia eli määrällisen tutkimusmenetelmän piirteitä. Määrällistä menetelmää käytettäessä tutkimuksella kuvataan ja tulkitaan ilmiöitä mittausmenetelmillä, joiden tarkoituksena on kerätä numeerisia tutkimusaineistoja. Määrällinen tutkimus toteutetaan mittaamalla, jonka tuloksena saadaan lukuarvoja sisältävä havaintoaineisto. Sen jälkeen havaintoaineisto voidaan analysoida tilastollisin analyysimenetelmin. (Vilpas 2016, 2.) Valtaosa määrällisen tutkimuksen analyysimenetelmistä perustuu hypoteesin testaamiseen. Testataan, onko tulos todellista vai jääkö tulos satunnaisen vaihtelun sisään. (Aaltola, Collin, Eskola, Heikkinen, Hänninen, Ilmonen, Kiviniemi, Laine, Metsämuuronen, Moilanen, Niikko, Paloniemi, Rajala, Rantala, Räihä, Suoranta & Valli 2015, 260.)

Määrällinen tutkimus vaatii yleensä tilastollista merkitsevyytestausta. Tilastollista merkitsevyyttä käytettäessä mietitään, voidaanko tutkimustuloksen olettaa esiintyvän myös jossain toisessa vastaavassa tapauksessa ja voiko tältä pohjalta tehdä johtopäätöksiä jonkin toisen aineiston suhteen. Tietoja yleistettäessä on tärkeää, että tutkimusaineisto on riittävän laaja ja se on kerätty todennäköisyysotantamenetelmiä hyväksi käyttäen. Silloin yleistämiselle on olemassa perusteita. (Aaltola ym. 2015, 237.)

6.2 Otanta ja maastomittaus

Otanta on keskeinen tekijä määrällisen tutkimuksen onnistumisessa. Otannan avulla pyritään saamaan isosta perusjoukosta eräänlainen pienoismalli, joka kuvaa ja vastaa mahdollisimman hyvin perusjoukkoa. (Aaltola, Aarnos, Eskola, Grönfors, Hakala, Heikkinen, Kiviniemi, Niikko, Perkkilä, Ropo, Saarela-Kinnunen, Saloviita, Syrjälä, Valli, Vastamäki, Wallin & Ählberg 2015, 94.)

Kohteiden valinnassa käytettiin ositettua otantaa. Ositetulla otannalla pyrittiin varmistamaan, että otos on mahdollisimman edustava tutkimuksen kannalta merkittävien ryhmien osalta. Maantieteellisesti alue rajattiin alueelle, jossa havaintojen mukaan on paljon lumituhoja (kuva 4). Otanta rajattiin vuonna 2003 uudistettuihin männyntaimikoihin. Vuonna 2003 uudistetut valittiin, koska osassa taimikoissa on toteutettu taimikonhoito ja osassa taimikonhoito on vielä toteuttamatta. Männyntaimikot valittiin, koska niissä on aiempien tutkimusten mukaan eniten lumituhoja. Mänty on lisäksi alueella taloudellisesti merkittävin ja vallitseva puulaji. Kaikki kohteet olivat kivennäismaalla.

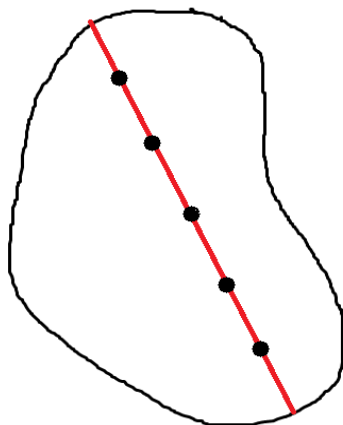


Kuva 4. Kuvassa tutkimuksen maantieteellinen alue (Metsähallitus 2018e).

Aineisto kerättiin maastokoealamittauksilla Suomussalmelta taimikoista kesällä 2018. Tutkimuskohteina olivat 76 kuviota, joiden pinta-ala oli yhteensä 290,4 ha ja joilta mitattiin 372 koealaa. Mittaustulokset merkittiin maastossa maastolomakkeelle (liite 1). Koealapaikat valittiin systemaattisella otannalla jokaiselta kuviolta. Kuviokohtainen koealamäärä määritettiin pinta-alan mukaan. Alle 2 ha:n kuviolta mitattiin 3 koealaa, 2–5 ha:n kuviolta mitattiin 5 koealaa, 5–10 ha:n kuviolta mitattiin 7 koealaa ja yli 10 ha:n kuviolta mitattiin 9 koealaa. Koealan säteenä käy-

tettiin 5,64 m, jolloin koealan pinta-alaksi tulee yksi aari. Kuviokohtainen koealamäärä pidettiin maltillisena, koska tutkimuskohteita oli sen verran paljon. Lisäksi yksittäisen koealan koko on taimikkomittauksiin normaalia suurempi.

Koealat mitattiin lineaariselta linjalta. Linja määritettiin GPS-laitteen avulla kuvion keskipisteen halki leveimmältä kohdalta (kuva 5). Koealaväli määräytyi linjan pituuden ja koealamäärän mukaan. Koealojen väli mitattiin maastossa GPS-laitteen avulla. Koealojen otantamenetelmä valittiin mahdollisimman yksinkertaiseksi, mutta siten, että omaa valintaa ei tule maastossa lainkaan. Koealalta mitattiin erikseen mäntyjen runkoluku, katkenneet ja taipuneet rungot, keskipituus ja -läpimitta. Muista puulajeista mitattiin tuhoja lukuun ottamatta samat tiedot. Kuvion korkeus merenpinnasta, hoitotoimenpiteen toteutus ja uudistamismenetelmä määritettiin toimistolla Metsähallituksen tietojärjestelmästä.



Kuva 5. Havainnollistava kuva koealojen sijoittelusta kuviolla. Esimerkki kuvion koko 3 ha ja keskilinja on 300 m, jolloin mitataan 5 koealaa tasavälein eli 50 m:n välein.

Tuhot mitattiin vain männyistä ja eroteltiin katkenneet ja taipuneet taimet. Taipuneisiin taimiin laskettiin vain pystysuorasta yli 45° taipuneet. Vähemmän taipuneiden taimien oletetaan toipuvan vaurioista. (kuvat 6 ja 7.)



Kuva 6. Alle 45° taipunut mänty, joka oletettavasti toipuu vauriosta (Kuva: Ville Rautiainen).



Kuva 7. Lumen katkaisemat männyt (Kuva: Henri Räsänen).

6.3 Analysointi

Tilastollista merkitsevyyttä testattaessa käytetään kullekin mitta-asteikolle erikseen tarkoitettuja testausmenetelmiä. Näitä menetelmiä käytettäessä lasketaan p:n arvo eli puhutaan tilastollisesta merkitsevyydestä. Testauksen avulla selvitetään, millä todennäköisyydellä tulos on totta ja voidaan näin yleistää perusjoukkoon. Vaihtoehtoinen hypoteesi saa tukea sitä enemmän, mitä pienempi p-arvo on ja näin nollahypoteesi voidaan hylätä. P-arvon hylkäämiseksi yleisimmin käytetty raja on 0,05 eli 5 %, jolloin tulos on merkitsevä. Jos p-arvo on korkeintaan 0,001 eli 0,1 %, tulos on erittäin merkitsevä. (Taanila 2013.)

Merkitsevyyksien testauksessa käytettiin Kruskalin-Wallisin yksisuuntaista varianssianalyysia tutkittaessa korkeuden, runkoluvun, pituuden ja läpimitan vaikutusta lumituhojen määrään. Ei-parametrinen testi on paikallaan, jos mittaus tulosten jakauma on melko vino ja varianssit vaihtelevat paljon. Kyseistä analyysimenetelmää käytetään varianssianalyysin sijasta ei-normaalien jakaumien ja järjestysasteikollisten muuttujien ryhmien välisiä eroja arvioitaessa. Testin avulla selvitetään, ovatko tutkittavat ryhmät peräisin samasta populaatiosta. Nollahypoteesissa kaikki ryhmät ovat peräisin samasta populaatiosta. Jos Kruskalin-Wallis testissä päädytään nollahypoteesin hylkäämiseen, tiedetään ainakin yhden populaatiosta eroavan muista. Jos populaatioiden erot halutaan paikallistaa, on tehtävä parivertailu. (Kouki, Ranta & Rita 2012, 322 - 325.)

Mann-Whitneyn U-testiä käytettiin uudistamismenetelmän ja taimikonhoidon vaikutuksen testaamiseen. Testiä käytetään t-testin sijasta, kun aineisto ei ole normaalijakautunut. Nollahypoteesi on, että uudistamismenetelmällä tai taimikonhoidon toteuttamisella ei ole vaikutusta lumituhoihin. Ennen tiedoston viemistä havaintoaineisto asetetaan suuruusjärjestykseen ja havainnot merkitään järjestysluvuilla. (Kouki ym. 2012, 195 - 199.)

7 Tulokset

Tutkimuskohteilla oli keskimäärin lumituhoja 3,2 prosenttia, katkenneiden osuus oli 2,94 prosenttia ja taipuneiden 0,26 prosenttia. Pahimmalla koealalla oli 33,3 prosenttia taimista tuhoutunut. Lähtökohtaisesti muun puuston määrä oli yhtenä muuttujana, mutta kohteet olivat kasvupaikaltaan niin karuja, ettei muuta puustoa juuri ollut. Tulosten tulkinta ei olisi onnistunut niin vähäisellä materiaalilla, joten muun puuston määrä jätettiin tuloksissa huomioimatta.

Aineiston normaalisuutta testattiin Kolmogorov-Smirnovin testillä. Nollahypoteesina on muuttujien normaalisuutta testattaessa H_0 : muuttuja noudattaa normaalijakaumaa ja vaihtoehtohypoteesi on H_1 : muuttuja ei noudata normaalijakaumaa. Testissä kaikkien muuttujien p-arvot ovat alle 0,001, eli ne ovat erittäin merkitseviä (taulukko 5). Nollahypoteesi voidaan hylätä, joten yhdenkään muuttujan aineisto ei ole normaalijakautunut. Testin tuloksen seurauksena käytettiin ei-parametrisia testejä.

Taulukko 5. Kolmogorov-Smirnovin testistä saadut p-arvot muuttujille.

Muuttuja	P-arvo
Runkoluku	0,000
Korkeus merenpinnasta	0,000
Keskipituus	0,000
Keskiläpimitta	0,000

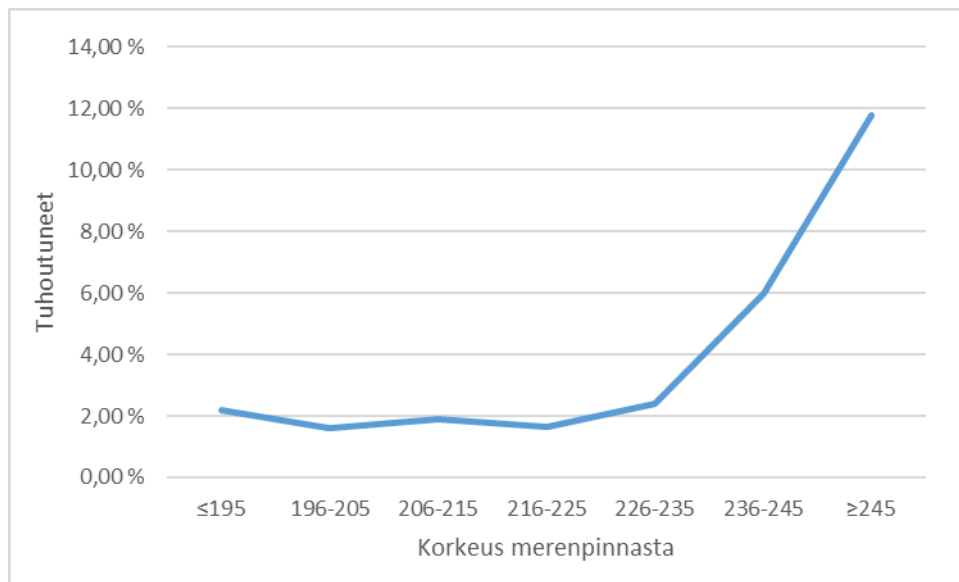
7.1 Korkeuden vaikutus

Korkeuden vaikutusta tutkittaessa Kruskalin-Wallis testissä nollahypoteesi on H_0 : korkeudella ei ole vaikutusta lumituhojen määrään ja vaihtoehtohypoteesi on H_1 : korkeudella on vaikutusta lumituhojen määrään.

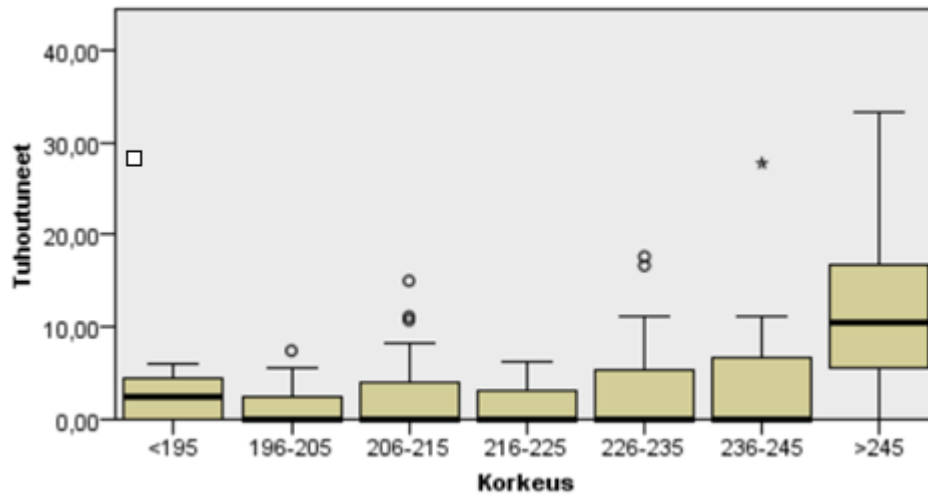
Taulukko 6. Koealajakauma korkeusluokittain.

Korkeus	Koealat
≤195	29
196 - 205	54
206 - 215	81
216 - 225	92
226 - 235	54
236 - 245	13
>245	49
Yhteensä	372

Korkeus merenpinnasta määritettiin metrin tarkkuudella jokaiselta kuviolta. Korkeudet luokiteltiin 10 m:n suuruisiin luokkiin. Koealamäärällisesti toiseksi korkein luokka on pienin (taulukko 6), mutta sen avulla havaitaan kuviosta 1 lumituhojen määrän kasvavan jo ennen korkeinta luokkaa. Korkeimmassa luokassa on selvästi eniten lumituhoja.



Kuvio 1. Korkeuden vaikutus lumituhojen määrään.



Kuvio 2. Boxplotissa nähdään yksittäiset poikkeavat koealat.

Kuviosta 2 havaitaan, että lähes kaikilla korkeimman luokan koealoilla on huomattavasti tuhoja. Testissä p-arvo on alle 0,001, eli se on erittäin merkitsevä. Nollahypoteesi voidaan hylätä, joten ainakin yksi populaatioista eroaa muista. Parivertailulla selvitettiin, mitkä populaatiot eroavat toisistaan. Taulukosta 7 nähdään, että 245 populaatio poikkeaa erittäin merkitsevästi kaikista muista populaatioista, paitsi toiseksi korkeimmasta 236–245 populaatiosta.

Taulukko 7. Korkeusluokkien parivertailulla selvitetiin, mitkä luokat eroavat merkitsevästi toisistaan.

Korkeus merenpinnasta	Testiarvo	Hajonta	Z-arvo	P-arvo	Korjattu p-arvo
216-225-196-205	3,028	16,585	,183	,855	1,000
216-225-206-215	16,525	14,741	1,121	,262	1,000
216-225-226-235	-35,093	16,585	-2,116	,034	,721
216-225-<195	51,206	20,603	2,485	,013	,272
216-225-236-245	-55,684	28,666	-1,943	,052	1,000
216-225->245	-145,406	17,110	-8,498	,000	,000
196-205-206-215	-13,497	16,997	-,794	,427	1,000
196-205-226-235	-32,065	18,619	-1,722	,085	1,000
196-205-<195	48,177	22,273	2,163	,031	,641
196-205-236-245	-52,656	29,889	-1,762	,078	1,000
196-205->245	-142,378	19,088	-7,459	,000	,000
206-215-226-235	-18,568	16,997	-1,092	,275	1,000
206-215-<195	34,680	20,936	1,656	,098	1,000
206-215-236-245	-39,159	28,906	-1,355	,176	1,000
206-215->245	-128,881	17,509	-7,361	,000	,000
226-235-<195	16,112	22,273	,723	,469	1,000
226-235-236-245	-20,591	29,889	-,689	,491	1,000
226-235->245	-110,313	19,088	-5,779	,000	,000
<195-236-245	-4,479	32,292	-,139	,890	1,000
<195->245	-94,201	22,667	-4,156	,000	,001
236-245->245	-89,722	30,183	-2,973	,003	,062

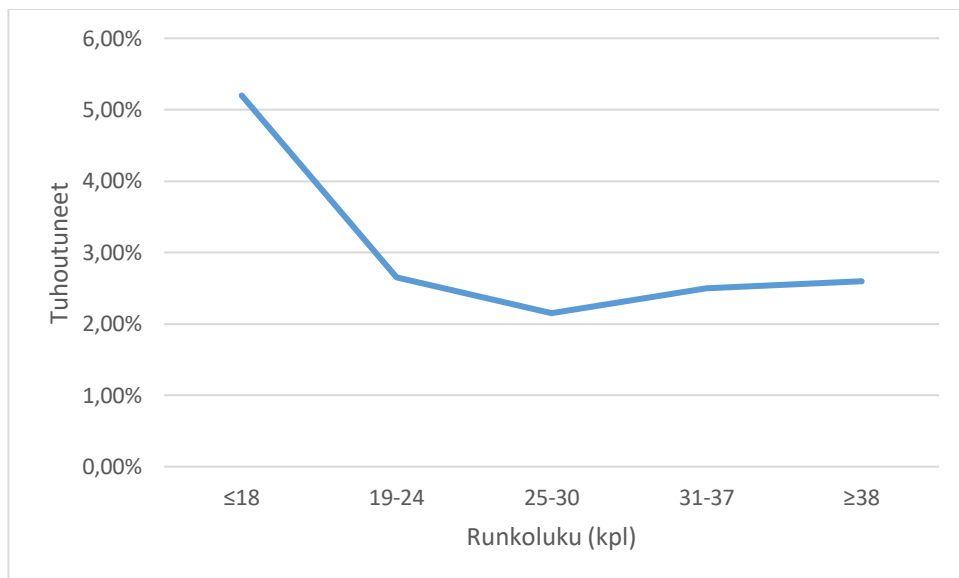
7.2 Runkoluvun vaikutus

Runkoluvun vaikutusta tutkittaessa Kruskalin-Wallis testissä nollahypoteesi on H_0 : runkoluvulla ei ole vaikutusta lumituhojen määrään ja vaihtoehdohypoteesi on H_1 : runkoluvulla on vaikutusta lumituhojen määrään.

Taulukko 8. Koealajakauma runkolukujen mukaan.

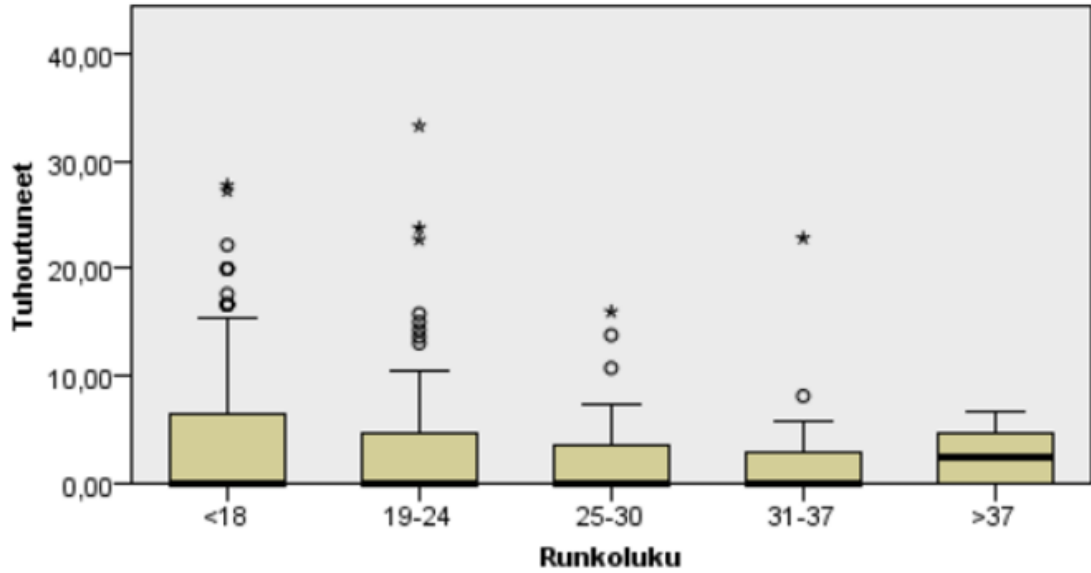
Runkoluku	Koealat
≤18	95
19 - 24	158
25 - 30	47
31 - 37	26
≥38	46

Mäntyjen runkoluku laskettiin jokaiselta koealalta. Runkoluvut luokiteltiin viiteen luokkaan (taulukko 8). Pienempien runkolukuluokkien mitatut koealamäärät ovat suurempia kuin isompien runkolukujen. ≤ 18 populaatiossa on keskimäärin yli 5 % taimista kokenut lumituhoja (kuvio 3). Kaikissa muissa runkolukuluokissa tuhoutuneiden osuus on 2–3 %.



Kuvio 3. Runkoluvun vaikutus lumituhoihin.

Kuviosta 4 havaitaan, että ≤ 18 populaation lisäksi myös seuraavissa luokissa on merkittäviä tuhoja yksittäisillä koealoilla. Yksittäiset poikkeamat vähenevät runkoluvun kasvaessa.



Kuvio 4. Boxplotissa näkyvät poikkeavat koealat.

Testissä p-arvo on 0,002, eli se on merkitsevä. Nollahypoteesi voidaan hylätä, joten ainakin yksi populaatioista eroaa muista. Kuten taulukosta 9 nähdään, ≤ 18 populaatio eroaa 19–24 populaatiosta merkitsevästi.

Taulukko 9. Runkolukuluokkien parivertailulla saatiin selville, että yksi populaatio poikkeaa muista populaatioista.

Runkoluku	Testiarvo	Hajonta	Z-arvo	P-arvo	Korjattu p-arvo
25-30-19-24	2,117	16,075	,132	,895	1,000
25-30-31-37	-10,973	23,646	-,464	,643	1,000
25-30->37	-40,861	20,066	-2,036	,042	,417
25-30-<18	47,757	17,253	2,768	,006	,056
19-24-31-37	-8,855	20,475	-,432	,665	1,000
19-24->37	-38,743	16,209	-2,390	,017	,168
19-24-<18	45,640	12,561	3,634	,000	,003
31-37->37	-29,883	23,738	-1,259	,208	1,000
31-37-<18	36,784	21,413	1,718	,086	,858
>37-<18	6,896	17,378	,397	,691	1,000

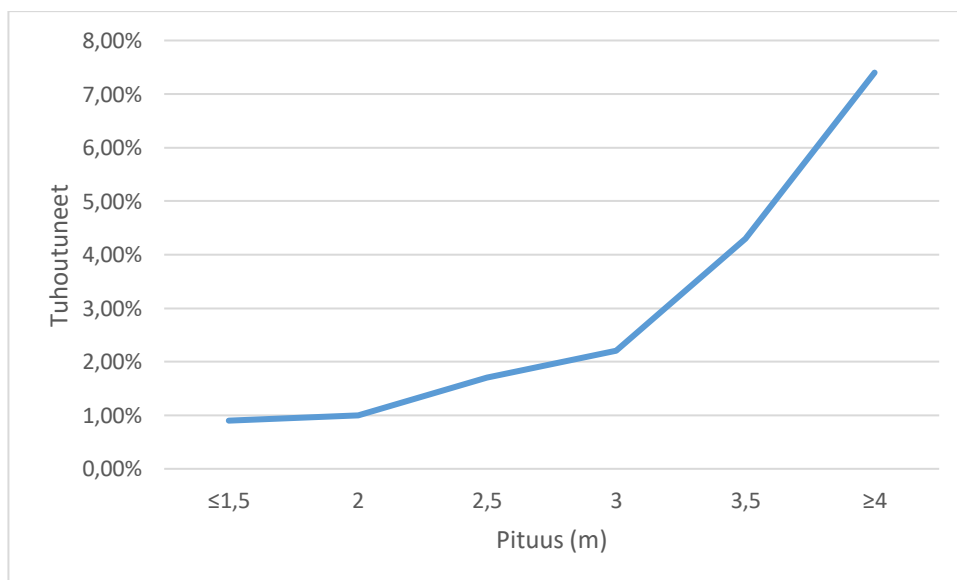
7.3 Pituuden vaikutus

Pituuden vaikutusta tutkittaessa Kruskalin-Wallis testissä nollahypoteesi on H_0 : pituudella ei ole vaikutusta lumituhojen määrään ja vaihtoehdohypoteesi on H_1 : pituudella on vaikutusta lumituhojen määrään.

Taulukko 10. Koealajakauma pituuden mukaan.

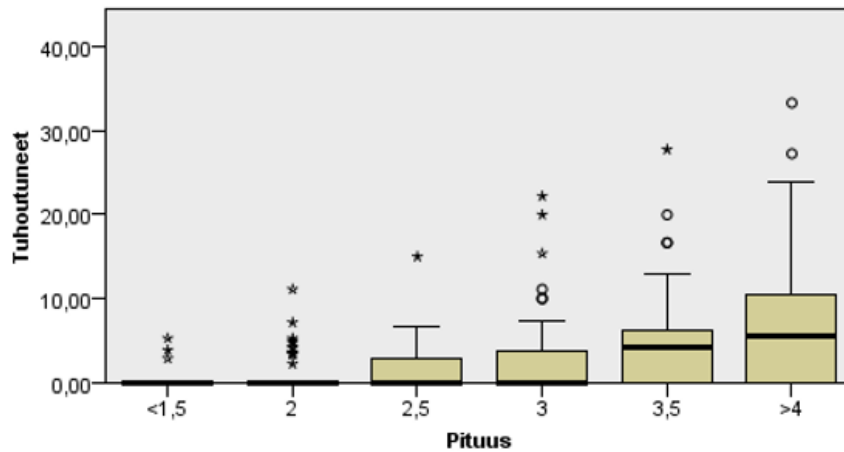
Pituus	Koealat
$\leq 1,5$	15
2	63
2,5	78
3	72
3,5	71
≥ 4	73
Yhteensä	372

Keskipituus määritettiin puolen metrin tarkkuudella jokaiselta koealalta. Pienimmässä pituusluokassa on selvästi vähiten koealoja, joten tulosta voi vääristää pieni otanta (taulukko 10). Toisaalta kuviosta 5 voidaan havaita tuhojen määrän kasvavan pituuden kasvaessa, joten pienestä otannasta huolimatta $\leq 1,5$ populaation tulos on johdonmukainen.



Kuvio 5. Pituuden vaikutus lumituhoihin.

Kuviosta 6 havaitaan eniten lumituhoja kokeneet yksittäiset koealat pituusluokittain. Eniten tuhoja kokeneet yksittäiset koealat ovat myös pisimmissä luokissa.



Kuvio 6. Boxplotissa näkyvät poikkeavat koealat.

Testissä p-arvo on alle 0,001, eli se on erittäin merkitsevä. Nollahypoteesi voidaan hylätä, joten ainakin yksi populaatioista eroaa muista. Parivertailulla selvitettiin, mitkä populaatiot eroavat toisistaan. ≥ 4 m populaatio eroaa erittäin merkitsevästi muista populaatioista lukuun ottamatta 3,5 m populaatiota ja 3,5 m populaatio eroaa muista populaatioista merkitsevästi (taulukko 11).

Taulukko 11. Parivertailulla selvitetiin, mitkä populaatiot eroavat toisistaan.

Pituus	Testiarvo	Hajonta	Z-arvo	P-arvo	Korjattu p-arvo
<1,5-2	-,181	27,795	-,007	,995	1,000
<1,5-2,5	-25,947	27,276	-,951	,341	1,000
<1,5-3	-33,814	27,459	-1,231	,218	1,000
<1,5-3,5	-81,861	27,492	-2,978	,003	,044
<1,5->4	-108,679	27,427	-3,963	,000	,001
2-2,5	-25,766	16,388	-1,572	,116	1,000
2-3	-33,633	16,691	-2,015	,044	,658
2-3,5	-81,680	16,745	-4,878	,000	,000
2->4	-108,498	16,637	-6,521	,000	,000
2,5-3	-7,866	15,811	-,498	,619	1,000
2,5-3,5	-55,914	15,869	-3,523	,000	,006
2,5->4	-82,732	15,755	-5,251	,000	,000
3-3,5	-48,047	16,181	-2,969	,003	,045
3->4	-74,865	16,069	-4,659	,000	,000
3,5->4	-26,818	16,126	-1,663	,096	1,000

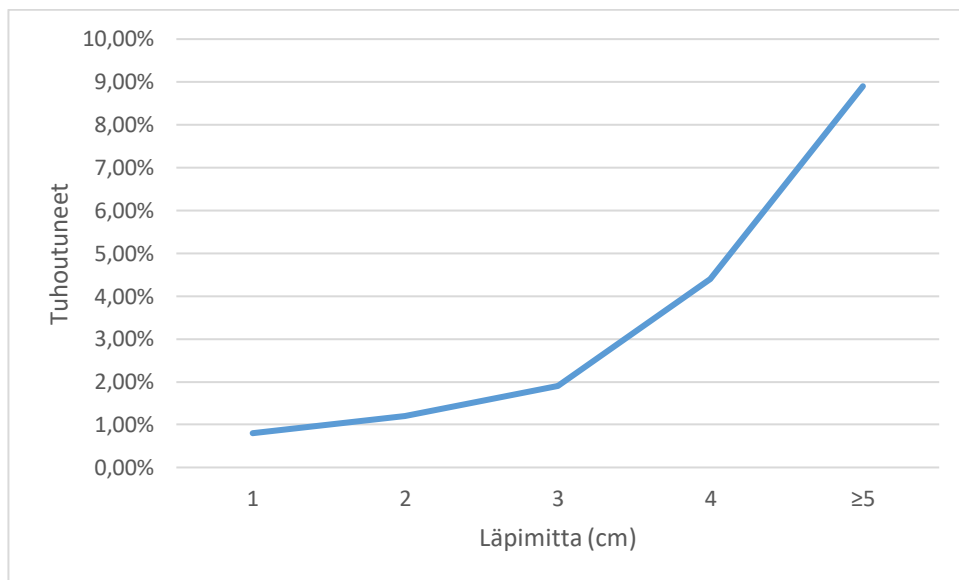
7.4 Lämpimitan vaikutus

Lämpimitan vaikutusta tutkittaessa Kruskalin-Wallis testissä nollahypoteesi on H_0 : lämpimitalla ei ole vaikutusta lumituhojen määrään ja vaihtoehdohypoteesi on H_1 : lämpimitalla on vaikutusta lumituhojen määrään.

Taulukko 12. Koealajakauma lämpimitan mukaan.

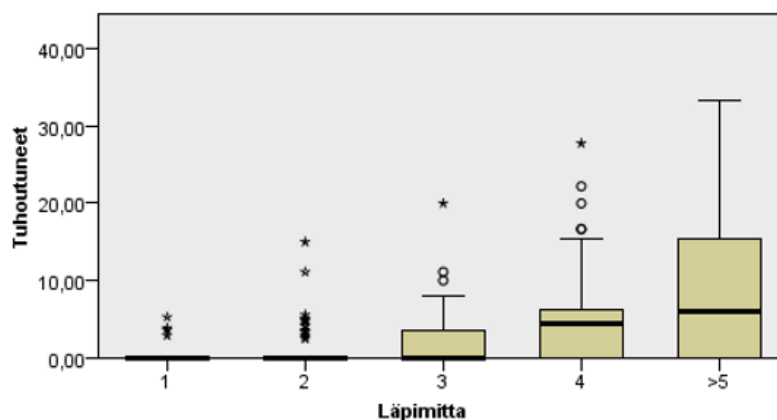
Lämpimita	Koealat
1	21
2	68
3	149
4	84
≥5	50
Yhteensä	372

Taimien keskiläpimatta rinnankorkeudelta määritettiin senttimetrin tarkkuudella jokaiselta koealalta. Pienimmässä läpimittaluokassa on selvästi vähiten koealoja, joten tulosta voi vääristää pieni otanta (taulukko 12). Toisaalta kuviosta 7 voidaan havaita tuhojen määrän kasvavan läpimitan kasvaessa, joten pienestä otannasta huolimatta pienimmän populaation tulos on johdonmukainen. Pituus ja läpimitta kasvavat lähes samassa suhteessa, joten tulos on hyvin samanlainen.



Kuvio 7. Läpimitan vaikutus lumituhoihin.

Kuviosta 8 havaitaan eniten lumituhoja kokeneet yksittäiset koealat läpimittaluokittain. Eniten tuhoja kokeneet yksittäiset koealat ovat myös läpimitaltaan suurimmissa luokissa.



Kuvio 8. Boxplotissa näkyvät poikkeavat koealat.

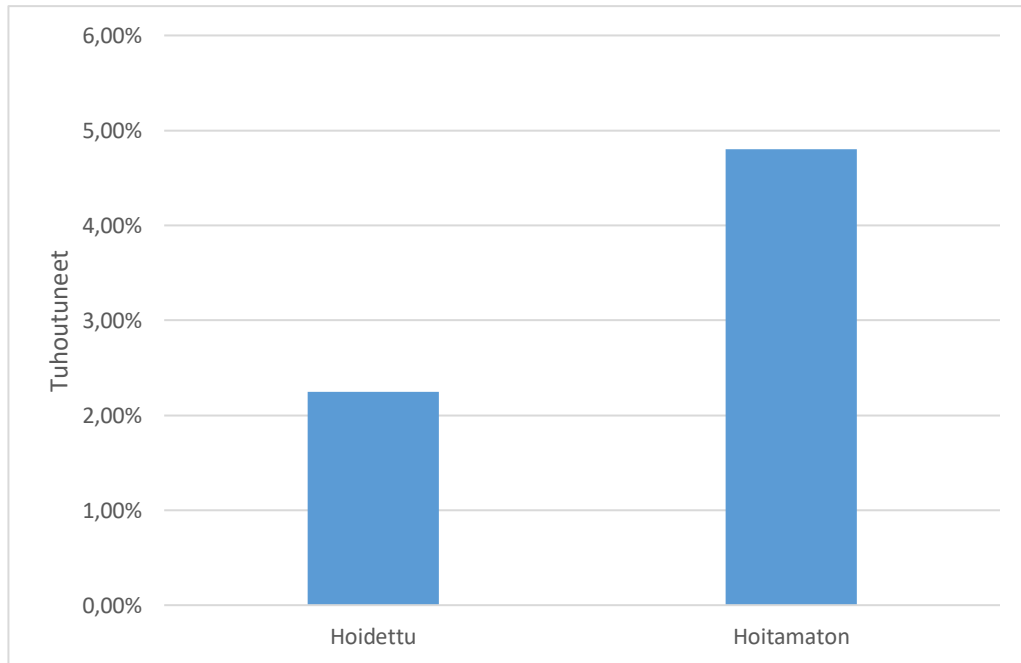
Testissä p-arvo on alle 0,001, eli se on erittäin merkitsevä. Nollahypoteesi voidaan hylätä, joten ainakin yksi populaatioista eroaa muista. Parivertailulla selvitetiin, mitkä populaatiot eroavat toisistaan (taulukko 13). ≥ 5 cm ja 4 cm populaatiot eroavat muista populaatioista erittäin merkitsevästi tai merkitsevästi.

Taulukko 13. Parivertailulla selvitetiin, mitkä populaatiot eroavat toisistaan.

Läpimitta	Testiarvo	Hajonta	Z-arvo	P-arvo	Korjattu p-arvo
1-2	-7,399	24,153	-,306	,759	1,000
1-3	-32,480	22,551	-1,440	,150	1,000
1-4	-85,208	23,604	-3,610	,000	,003
1->5	-129,614	25,158	-5,152	,000	,000
2-3	-25,081	14,159	-1,771	,076	,765
2-4	-77,810	15,782	-4,930	,000	,000
2->5	-122,215	18,024	-6,781	,000	,000
3-4	-52,728	13,200	-3,994	,000	,001
3->5	-97,134	15,812	-6,143	,000	,000
4->5	-44,405	17,281	-2,570	,010	,102

7.5 Taimikonhoidon vaikutus

Hoidetuilta kuvioilta mitattiin 233 koealaa ja hoitamattomilta kuvioilta 139 koealaa. Hoidetut merkittiin Excel-taulukkoon luvulla 1 ja hoitamattomat luvulla 0, jolloin voitiin SPSS-ohjelmalla tehdä Mann-Whitneyn U-testi. Testissä nollahypoteesi on H_0 : taimikonhoidolla ei ole vaikutusta lumituhojen määrään ja vaihtoehdohypoteesi on H_1 : taimikonhoidolla on vaikutusta lumituhojen määrään.

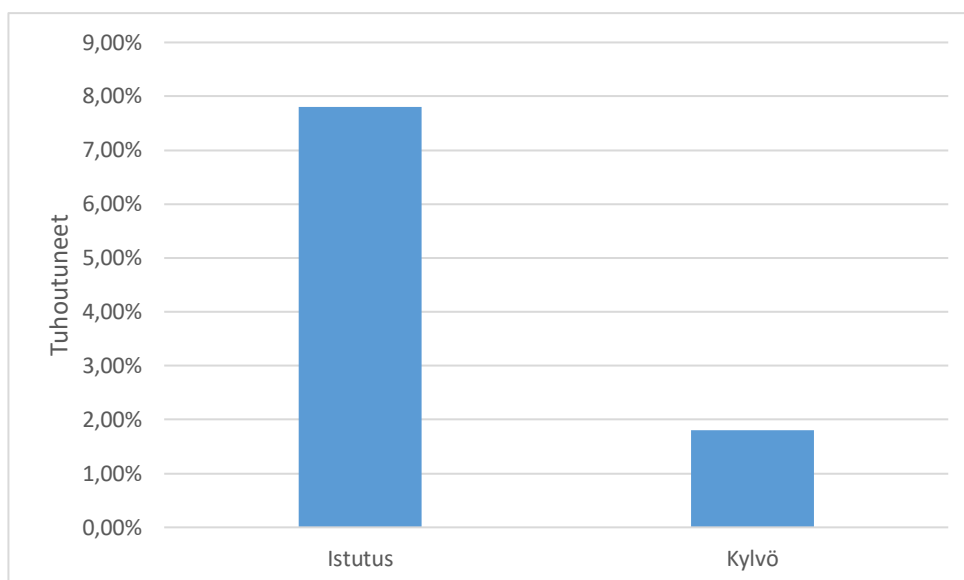


Kuvio 9. Taimikonhoidon vaikutus lumituhojen määrään.

Testissä p-arvo on alle 0,001, eli se on erittäin merkitsevä. Nollahypoteesi voidaan hylätä, joten populaatiot eroavat toisistaan. Hoidetuissa taimikoissa on vähemmän lumituhoja kuin hoitamattomissa taimikoissa (kuvio 9).

7.6 Uudistamismenetelmän vaikutus

Istutetuilta kuvioilta mitattiin 97 koealaa ja kylvetyiltä kuvioilta 275 koealaa. Istutetut merkittiin Excel-taulukkoon luvulla 1 ja kylvetyt luvulla 0, jolloin voitiin SPSS-ohjelmalla tehdä Mann-Whitneyn U-testi. Testissä nollahypoteesi on H_0 : uudistamismenetelmällä ei ole vaikutusta lumituhojen määrään ja vaihtoehdohypoteesi on H_1 : uudistamismenetelmällä on vaikutusta lumituhojen määrään.



Kuvio 10. Tuhoutuneiden osuus uudistamismenetelmän mukaan.

Testissä p-arvo on alle 0,001, eli se on erittäin merkitsevä. Nollahypoteesi voidaan hylätä, joten populaatiot eroavat toisistaan. Kuviosta 10 voidaan todeta istutetuilla kohteilla olevan huomattavasti enemmän tuhoja kuin kylvetyillä kohteilla.

7.7 Regressiomalli

Regressiomallin avulla mallinnetaan yhden tai useamman selittävän muuttujan ja yhden selitettävän muuttujan välistä riippuvuutta. Useamman selittävän muuttujan regressiomalliin otetaan useita selittäviä muuttujia. Hyvässä regressiomallissa tulisi olla mukana kaikki olennaisesti selitettävään muuttujaan vaikuttavat selittävät muuttujat. Regressiokertoimien tulkinta vaikeutuu, jos selittävät muuttujat korreloivat keskenään. Korrelaation vuoksi ei voida tietää missä suhteessa molempien muuttujien selittävä vaihtelu on jaettu muuttujien kertoimiin. (Taanila 2010, 6 - 7.) Selityskerroin on prosenttiosuus, joka kertoo mallin hyvyyden. Mitä suurempi selityskerroin on, sitä luotettavampi malli on. (Taanila 2010, 18.)

Tutkittiin lineaarisen regressiomallin avulla tuhoutuneiden taimien ja muuttujien välistä riippuvuutta. Mallin selityskerroin on noin 36 %, eli se ei ole kovin luotettava. Regressiomallista jätettiin kaksi selittävää muuttujaa pois suuren korreloin-

nin vuoksi. Keskipituus, -läpimitta ja uudistamismenetelmä korreloivat voimakkaasti keskenään, joten mallista jätettiin läpimitta ja uudistamismenetelmä huomioimatta (taulukko 14). Uudistamismenetelmä ja korkeus merenpinnasta korreloivat myös keskenään. Taimikonhoito on dummy-muuttuja, joka saa arvon 1 tai 0. Arvo 1 tarkoittaa toteutettua taimikonhoitoa ja arvo 0 tarkoittaa toteuttamatonta taimikonhoitoa.

Taulukko 14. Selittävien muuttujien korrelaatiokertoimet.

	Runkoluku	Pituus	Korkeus merenpinnasta	Läpimitta	Taimikonhoito	Uudistamismenetelmä
Runkoluku	1	-0,143	-0,543	-0,248	-0,44	-0,377
Pituus	-0,143	1	0,105	0,872	-0,167	0,569
Korkeus merenpinnasta	-0,543	0,105	1	0,202	0,046	0,599
Läpimitta	-0,248	0,872	0,202	1	-0,201	0,59
Taimikonhoito	-0,44	-0,167	0,046	-0,201	1	-0,19
Uudistamismenetelmä	-0,377	0,569	0,599	0,59	-0,19	1

Jos lumituhoja selittäviksi muuttujiksi otetaan korkeus merenpinnasta, runkoluku, keskipituus ja taimikonhoidon toteutus, niin malliksi saadaan $y = 0,144x_1 - 1,621x_2 + 0,076x_3 + 2,06x_4 - 35,423$. Mallissa y on tuhoutuneiden osuus prosentteina, x1 on korkeus merenpinnasta metreinä, x2 tarkoittaa, onko taimikonhoito toteutettu, x3 on taimien runkoluku ja x4 taimien keskipituus metreinä. Yksi metri lisää korkeutta merkitsee 0,14 % enemmän tuhoja, toteutettu taimikonhoito vähentää 1,6 % tuhoja, yksi taimi enemmän koealalla lisää 0,08 % tuhoja ja yksi metri enemmän keskipituutta lisää 2,1 % tuhoja. Mallissa kaikkien selittävien muuttujien p-arvo on alle 0,05, eli kaikilla on merkitsevä vaikutus lumituhoihin.

8 Pohdinta

8.1 Tulosten tarkastelu

Tulosten mukaan kohteen korkeudella merenpinnasta on erittäin merkitsevä vaikutus lumituhojen määrään. Korkeuden kasvaessa lumituhojen määrä lisääntyy, koska tykkylunta on enemmän johtuen otollisista olosuhteista (Lehtonen 2017, 12 - 13). Korkeammilla paikoilla on useammin tykkylumen kertymiselle otollisia olosuhteita ja näin ollen tykkylumen määrä kasvaa liian suureksi. Taimikoita kannattaisi kasvattaa hieman tiheämpänä korkeilla paikoilla, jolloin lumituhojen jälkeen kasvatettava runkoluku olisi riittävä. Jalkasen ja Konocpkan (2007, 377 - 380) tutkimuksen mukaan alle 250 m:n korkeudella merenpinnasta ei esiintynyt huomattavia lumituhoja, mutta sitä ylemmillä korkeuksilla lumituhoriski kasvaa merkittävästi. Tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia kuin Jalkasen ja Konocpkan tutkimuksessa. Voidaan todeta korkeudella olevan vaikutusta lumituhojen määrään. Tutkimuksessa korkeimmat koealat mitattiin noin 260 m:n korkeudelta merenpinnasta, ja niissä lumituhojen määrä kasvoi matalampiin korkeuksiin verrattuna.

Puusto kasvaa nopeammin runkoluvun ollessa pieni, mutta lumituhot tekevät herkemmin merkittäviä vaurioita. Tiheämmässä kasvavilla kohteilla on tulosten mukaan suhteessa runkolukuun vähemmän lumituhoja ja kasvatettavaa puustoa jää myös tuhojen jälkeen riittävästi. Lumituhojen määrään on voinut vaikuttaa myös puiden nopea kasvu, joka johtuu hyvistä kasvuoloista ja riittävästä kasvutilasta. Nopeasti kasvavilla puilla on tiheämpi latvus ja suuremmat oksat, mitkä keräävät tykkylunta enemmän. Kellomäki (1984, 108) havaitsi tutkimuksessaan männyn oksien vähenevän, kun runkoluku ylittää 2 000 taimea. Oksaisuudella voisi olla yhteys tykkylumen kerääntymiselle puuhun, ja sitä kautta lumituhojen määrään. Nopeasta kasvusta johtuen myös puuaines on kevyempää ja pehmeämpää kuin hitaammin kasvaneilla puilla (Jantunen & Pihlajamaa 1995, 19). Toisaalta liian tiheässä kasvavilla puilla kasvu hidastuu ja rungot kasvavat pituutta järeytymättä, jolloin harvennuksilla rungon keskitilavuus jää pieneksi ja kannattavuus kärsii.

Toteutetulla taimikonhoidolla näyttäisi olevan positiivinen vaikutus lumituhojen määrään, koska tulosten mukaan hoidetuissa taimikoissa on vähemmän lumituhoja kuin hoitamattomissa. Taimikonhoitotöiden oikea-aikaisuus on tärkeää ja toteutettava oikein, jolloin lumituhoja on vähemmän ja ensiharvennuksen kannattavuus ei kärsi. Toisaalta hoitamattomissa taimikoissa runkoluku on yleensä suurempi, jolloin tuhoilla ei ole niin suurta vaikutusta kasvatettavaan puustoon. Jos taimikonhoito on toteutettu liian voimakkaasti, tuhoutuneilla taimilla on merkittävä vaikutus kasvatettavaan puustoon.

Tapion (2015, 54) metsänhoidonsuosituksissa mainitaan, että lumituhoja voidaan ennaltaehkäistä, kun taimikot ja nuoret metsät pidetään riittävän harvoina. Järeilyminen auttaa kestävästi tuulen ja lumen aiheuttamia rasituksia. Tulosten perusteella männyntaimikossa kannattaa kasvattaa kuitenkin vähintään 1 800 taimia hehtaarilla lumituhon vaikutuksen vähentämiseksi. Vaikka tiheämmässä taimikossa tulisi lumituhoja, jää kasvatettavaksi riittävän tiheä taimikko. Metsähallituksen (2018, 23) metsänhoito-ohjeen mukaan taimikon harvennuksessa taimikko harvennetaan 3 - 4 m:n pituudessa kasvatustiheyteen 1 800–2 200 Pohjois-Suomen alueella. Taimikon perkaus tehdään tarvittaessa, kasvatettavan taimikon ollessa noin 1 - 2 m:n pituusvaiheessa. Männyntaimikon perkauksessa laadun varmistamiseksi jätetään noin 3 000–4 000 männyn taimia hehtaarille tasaisesti jakautuneena ja selvästi etukasvuiset taimet poistetaan. (Metsähallitus 2018d, 23.) Metsänhoito-ohje on tutkimustulosten perusteella toimiva niin hoito- toimenpiteen ajoituksen kuin puuston runkoluvun suhteen.

Tuloksista havaittiin, että pituuden, läpimitan ja uudistamismenetelmän vaikutukset korreloivat keskenään. Istutetuilla kohteilla oli enemmän lumituhoja kuin kylvetyillä kohteilla. Pituuden ja läpimitan kasvaessa tuhojen osuus kasvaa tuloksien perusteella. Yli 3 m:n pituisissa ja läpimitaltaan yli 3 cm:n taimikoissa todettiin lumituhojen osuuden olevan merkittävästi suurempi kuin pienemmissä taimikoissa. Kylvetyillä kohteilla kasvaa keskimäärin runkoluvultaan tiheämpi taimikko kuin istutetuilla kohteilla (Päättalo ym. 2015, 12). Tutkimuksessa pidemmät ja läpimitaltaan paksummat taimet olivat istutuskohteilta, jolloin taimikot olivat runkoluvultaan harvempia. Näin saadaan yhteys myös runkoluvun vaikutuksiin. Vastaavasti pienet taimikot olivat pääasiassa kylvettyjä kohteita, jolloin runkoluku on

yleensä suuri ja taimet kasvavat kapeina, eivätkä kerää lunta oksilleen niin herkästi. Päätaalo ym. (2015, 11) havaitsivat maanmuokkausmenetelmistä eniten lumituhoja mätästetyillä kohteilla. Tämän tutkimuksen istutetut taimikot olivat mätästettyjä, joten maanmuokkauksella voisi olla osuutta myös istutuskohteiden suuremmalle tuho-osuudelle.

Yhdelläkään tutkimuskohteella ei ollut totaalaisia tuhoja. Taimikot säilyivät lumituhoista paremmin kuin suuremmat metsät. Esimerkiksi kuvasta 8 havaitaan edellisen talven lumituhoista kärsinyt säästöpuuryhmä keskellä yhtä tutkimustaimikkoa, mutta taimikossa ei ollut tuhoja juuri lainkaan.



Kuva 8. Lumituhoista kärsinyt säästöpuuryhmä (Kuva: Henri Räsänen).

8.2 Luotettavuus

Määrällisen tutkimuksen luotettavuuden keskeisessä asemassa ovat aineisto ja sen hankinta, analyysin kattavuus, arvioitavuus ja toistettavuus (Heinlahti 2010, 4). Aineistoa kerätessä pyrittiin varmistamaan luotettavuus käyttämällä riittävästi aikaa tutkimusaineiston keräämiseen, jotta saatiin huolellisesti suoritettua mittaukset. Lisäksi noudatettiin tarkasti ennalta laadittua mittausohjetta.

Tuloksia voi vääristää taimikoiden epätasainen jakautuminen merenpinnan korkeuteen nähden. Kaikista korkeimmat kohteet olivat istutuskohteita, ja niissä oli paljon tuhoja, jolloin kyseiset kohteet vaikuttavat monen muuttujan tuloksiin. Kyseisten kohteiden puusto oli melko pitkää ja järeää verrattuna muiden kohteiden puustoon. Lisäksi taulukosta 14 havaittiin uudistamismenetelmän ja korkeuden korreloivan voimakkaasti keskenään, eli otantaan tuli enemmän istutettuja kohteita korkeammilta paikoilta ja kylvettyjä kohteita enemmän alemmilla korkeuksilla.

8.3 Lisätutkimustarve

Tuloksia tulkittaessa havaittiin korkeuden vaikuttavan erittäin paljon lumituhojen määrään. Jos haluttaisiin tutkia tarkemmin muiden muuttujien vaikutusta taimikoiden lumituhoihin, pitäisi tutkia samalla korkeudella sijaitsevia kohteita riittävän suurella otannalla. Mahdollisessa jatkotutkimuksessa voisi valita kohteet esimerkiksi noin 250 m:n korkeudelta ja tutkia muiden muuttujien vaikutusta lumituhoihin. Näin tutkimuskohteet olisivat korkeuden osalta vertailukelpoisia, ja riittävän korkeilla kohteilla todennäköisesti olisi tuhoja.

Tutkimusaineistoa kerätessä huomioitiin myös muita tuhonaiheuttajia. Alueella merkittävin tuhonaiheuttaja männyntaimikoissa on hirvi. Osalla tutkimuskohteista havaittiin huomattavia hirven aiheuttamia tuhoja; lumen aiheuttamat tuhot olivat merkityksettömämpiä hirvituhoihin verrattuna. Lisätutkimuksena männyntaimikoiden tuhoja tutkittaessa hirven aiheuttamista tuhoista voisi tehdä vastaavan tyyppisen tutkimuksen.

Lähteet

- Aaltola, J., Aarnos, E., Eskola, J., Grönfors, M., Hakala, J., Heikkinen, H., Kiviniemi, K., Niikko, A., Perkkilä, P., Ropo, E., Saarela-Kinnunen, M., Saloviita, T., Syrjälä, L., Valli, R., Vastamäki, J., Wallin, A. & Ählberg, M. 2015. Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Aaltola, J., Collin, K., Eskola, J., Heikkinen, H., Hänninen, V., Ilmonen, K., Kiviniemi, K., Laine, T., Metsämuuronen, J., Moilanen, P., Niikko, A., Paloniemi, S., Rajala, R., Rantala, I., Räihä, P., Suoranta, J. & Valli, R. 2015. Ikkunoita tutkimusmetodeihin 2. Jyväskylä. PS-kustannus.
- Heinlahti, K. 2010. Tutkimuksen luotettavuuden arviointi. Lapin yliopisto. www.ulapland.fi/loader.aspx?id=a3fb0778-59ed-43cb-b9c0-1d67f14a7ee4. 30.10.2018.
- Heliövaara, K., Kasanen, R. & Uotila, A. 2015. Metsätuhot. Helsinki: Metsäkustannus.
- Ilmatieteen laitos. 2018a. Metsäalan toimijoille kehitetään keinoja hallita sääriskejä. <https://ilmatieteenlaitos.fi/ajankohtaista/721814224>. 31.10.2018.
- Ilmatieteen laitos. 2018b. Tykky eli tykkylumi. <https://ilmatieteenlaitos.fi/tykky-eli-tykkylumi>. 14.11.2018.
- Jalkanen, R. & Konocpka, B. 1998. Snow-packing as a potential harmful factor on *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Betula pubescens* at high altitude in northern Finland. *Forest Pathology* 28, 373 - 382. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-0329.1998.tb01191.x>. 14.11.2018.
- Jantunen, J. & Pihlajamaa, T. 1995. Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet. Maatalouden tutkimuskeskus. <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/443346>. 14.1.2019.
- Kellomäki, S. 1984. Havaintoja puuston kasvatustiheyden vaikutuksesta mäntyjen oksikkuuteen. <https://www.silvafennica.fi/pdf/article5207.pdf>. 11.1.2019.
- Korhonen, K., Nevalainen, S. & Strandström, M. 2018. Metsätuhot VMI12:ssä. Teoksessa Nevalainen, S., Nuorteva, H. & Pouttu, A. (toim.). Metsätuhot vuonna 2017. Luonnonvarakeskus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 44/2018, 8 - 14. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542725/luke-luobio_44_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 20.11.2018.
- Kouki, J., Ranta, E. & Rita, H. 2012. Biometria. Helsinki: Gaudeamus.
- Laki metsätuhojen torjunnasta 1087/2013.
- Lehtonen, I. 2017. Projected climate change impact on fire risk and heavy snow loads in the finnish forests. Ilmatieteen laitos. Raportti nro 133. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/214066/Ilari%20Lehtonen%20Vaitoskirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 20.11.2018.
- Luonnonvarakeskus. 2005. Metinfo-metsienterveys. http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/ablumi-n.htm. 23.10.2018.
- Luonnonvarakeskus. 2012. Metinfo-Metsienterveys. http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/alalce-n.htm. 14.1.2019.

- Luonnonvarakeskus. 2018a. Lumi- ja tykkytuhot. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsatuhot/lumi-ja-tykkytuhot/>. 23.10.2018.
- Luonnonvarakeskus. 2018b. Tilastotietokanta. http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__06%20Metsavarat/2.13_Eriasteiset_metsatuhot_puuntuotannon.px/table/tableViewLayout1/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db. 30.10.2018.
- Metsähallitus. 2018a. Metsähallituksen maat ja vedet -karttapalvelu. <http://www.metsa.fi/karttapalvelu>. 19.11.2018.
- Metsähallitus. 2018b. Metsähallitus Metsätalous Oy. <http://www.metsa.fi/metsatalous>. 23.10.2018.
- Metsähallitus. 2018c. Metsänhoito-ohje. <http://www.e-julkaisu.fi/metsahallitus/metsanhoito-ohje/mobile.html#pid=20>. 10.1.2018.
- Metsähallitus. 2018d. Pinta-alat ja aluekartat. <http://www.metsa.fi/pintaalatjaaluekartat>. 30.10.2018.
- Metsähallitus. 2018e. Retkikartta. <https://www.retkikartta.fi>. 8.1.2019.
- Metsäkeskus. 2016. Metsäsanasto. <http://www.metsakeskus.fi/metsasanasto>. 13.11.2018.
- Metsäkeskus. 2018a. Lumituhohakkuut vuonna 2018. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/tiedote-liite-lumituhohakkuut.pdf>. 11.1.2019.
- Metsäkeskus. 2018b. Lumituhokartta. <https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?appid=1a3ca496405241d9a4e224119667316a&extent=-250622.1892%2C6586364.1817%2C1585409.8108%2C7770108.1817%2C102139>. 14.11.2018.
- Metsäkeskus. 2018c. Viime talven lumituoja korjataan edelleen. <https://www.metsakeskus.fi/content/viime-talven-lumituoja-korjataan-edelleen>. 11.1.2019.
- Poti, M. 2016. Männyn taimien elpyminen hirvituhoa simuloivan käsittelyn jälkeen. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutus. Opinnäytetyö. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104854/Poti_Matti.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 13.1.2019.
- Päätaalo, M.-L., Siipilehto, J. & Valkonen, S. 2015. Männyn- ja kuusentaimikoiden kehitys erilaisia metsänuudistamisketjuja käytettäessä. Metsätieteen aikakauskirja. <https://www.metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article6297.pdf>. 12.1.2019.
- Satellio Oy. 2018. Satelliittikuviin perustuva tykkylumituhojen arviointi Suomen Metsäkeskukselle. Raportti. 20.11.2018.
- Taanila, A. 2010. Lineaariset regressiomallit. <http://myy.haaga-helia.fi/~taaak/m/regressio.pdf>. 9.1.2019.
- Taanila, A. 2013. P-arvo. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/02/14/p-arvo/>. 19.12.2018.
- Tapio. 2015. Metsänhoidonsuosituksset. http://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/06/Metsanhoidon_suosituksset_ver3_netti_1709141.pdf. 30.10.2018.

Vilpas, P. 2016. Ohjeita kvantitatiiviseen tutkimukseen osa 1. Metropolia ammattikorkeakoulu. <https://docplayer.fi/503447-Ohjeita-kvantitatiiviseen-tutkimukseen.html>. 20.11.2018.

