



Karelia-ammattikorkeakoulu
Metsätalousinsinööri (AMK)

Maastonkorkeuden vaikutus lumituhojen esiintyvyyteen

Tapaustutkimus Pohjois-Karjalan Juuan
Aisusvaaralta

Ville Riikonen, Jyri Simanainen

Opinnäytetyö, Maaliskuu 2024

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2024
Metsätalouden koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Ville Riikonen, Jyri Simanainen

Nimeke
Maastonkorkeuden vaikutus lumituhojen esiintyvyyteen.

Lumi on abiottisesti pinta-alaltaan suurin tuhonaiheuttaja metsätaloudessa. Lumituholla tarkoitetaan pääasiallisesti puiden latvaan kertyvän tykkylumen aiheuttamia puiden latvojen katkeamisia. Lumituhoja esiintyy yleisesti Pohjois- ja Itä-Suomessa, ja ne sijaitsevat tavallisesti merenpinnasta mitattuna yli 100- metrin korkeuksilla.

Lumituhosta seuraa rahallisia tappioita metsänomistajille, minkä lisäksi niistä voi aiheutua haittaa myös sähkönjakelulle ja raideliikenteelle. Lumituhojen sanotaan yleistyvän tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen seurauksina Itä- ja Pohjois-Suomessa, mutta vähälumiset talvet voivat vähentää tuhojen määrää eteläisimmässä Suomessa.

Opinnäytetyötutkimuksessa selvitetään lumesta aiheutuvien metsätuhojen esiintyvyyttä eri maastonkorkeuksissa tapauskohtaisesti yksityisellä metsätalalla Juuan Aisusvaaralla. Tutkimuksen määrällinen aineisto kerättiin tutkimusalalta metsänmittausvälineillä. Mitatun aineiston pohjalta selvitimme, korreloiko maastonkorkeus lumituhojen määrän kanssa tutkimusalalla. Tutkimme myös muiden mitattujen tunnusten korrelaatiota keskenään, minkä lisäksi otimme selvää, kuinka lumituhosta kärsineet puut erosivat tunnusensa osalta ehjiin puihin verrattuna.

Korrelaatiota havaittiin varsinkin maastonkorkeuden ja tuhopuiden määrän kanssa. Korrelaatiota havaittiin myös maastonkorkeuden ja puuston määrän välillä, sillä alueelta oli korjattu pois aiemmin lumituhosta kärsineitä runkoja. Tutkimuksen perusteella voidaan päätellä lumituhojen osuuden kasvavan progressiivisesti korkeammalle mentäessä tutkimusalalla.

Kieli
suomi

Sivuja 42
Liitteet 0
Liitesivumäärä 0

Asiasanat
Lumituhot, Lumi, Metsätuhot, Metsätalous



THESIS
March 2024
Forestry engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)
Ville Riikonen, Jyri Simanainen

Title
The impact of terrain elevation on the occurrence of snow damage

Snow is the largest abiotic cause of damage in the forest industry. Snow damage refers mainly to the breaking of tree crowns caused by heavy snow accumulating on the treetops. Snow damages are common in Northern and Eastern Finland and are usually located at altitudes above one hundred meters from sea level.

Snow damages result in financial losses for forest owners and can also cause problems for electricity distribution and rail traffic. Snow damages are expected to increase in the future due to climate change affecting Eastern and Northern Finland, however low-snow winters may reduce the amount of damage in southern Finland.

The thesis investigates the occurrence of forest damage caused by snow at different terrain heights on a case-by-case basis on a private forest property in Aisusvaara, Juuka. The quantitative data for the study was collected from the research area using forest measurement tools. Based on the measured data, we aimed to find out whether the terrain height correlates with the amount of snow damage in the research area. We also examined the correlation of other measured attributes with each other and found out how the trees affected by snow damage differed from the intact trees in terms of the attributes.

Correlation was observed especially between the terrain height and the number of damaged trees. Correlation was also observed between the terrain height and the number of trees, as previously damaged trunks had been removed from the area. Based on the study, it can be concluded that the proportion of snow damage increases progressively as the altitude increases in the research area.

Language
Finnish

Pages 42
Appendices
Pages of Appendices

Keywords
Snow damage, Snow, Forest damage, Forestry

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Lumen aiheuttamat tuhot metsätaloudessa	6
2.1	Lumituhojen syntymekanismit.....	6
2.2	Lumituhojen esiintyvyys.....	8
2.3	Lumituhojen torjunta	12
2.4	Metsä- ja metsätuholain soveltaminen tykkytuhoalueiden puunkorjuussa	13
2.5	Lumituhojen seuraukset.....	15
3	Tutkimuksen tavoitteet.....	17
4	Aineisto ja menetelmät.....	17
4.1	Metsän mittaaminen	17
4.2	Mittausvälineet ja niiden käyttö	18
4.3	Työnkuvaus	21
4.4	Mitattu aineisto.....	27
4.5	Käytetyt tilastolliset menetelmät.....	28
5	Tutkimuksen tulokset	30
6	Pohdinta.....	36
6.1	Tulosten tarkastelu	36
6.2	Tulosten luotettavuus ja vertailu	37
6.3	Jatkotutkimusmahdollisuudet.....	39
	Lähteet.....	41

1 Johdanto

Metsätuhot aiheuttavat rahallisia tappioita metsänomistajille vuosittain. Lievimillään metsätuhot haittaavat yksittäisen puun kasvua tai sen laatua. Suurimmillaan taas metsätuhot voivat vaikuttaa kokonaiseen metsäkuvioihin.

Tutkimme lumen aiheuttamien metsätuhojen esiintyvyyttä eri maastonkorkeuksilla, sekä tutustuimme lumeen metsätuhojen aiheuttajana. Otimme selvää, missä lumituhoja esiintyy ja mitkä tekijät aiheuttavat lumituhoja kasvatusmetissä. Tutkimuskäytössämme oli metsätila Juuan Aisusvaaralta, jossa lumituhoja on esiintynyt laajalti, ja ne ovat kohdistuneet useiden kuviodien kohdalle. Aiemmin tuhojen on havaittu myös jakautuvan tasaisesti. Maastonkorkeuden tiedetään vaihtelevan karkeasti 200–250 metrin välillä merenpinnasta. Tutkittavaa alaa oli yhteensä noin 20 hehtaarin verran ja se koostui tasaikäisestä istutuskuusikosta.

Tutkimuksemme tavoitteena oli selvittää maastonkorkeuden vaikutusta metsätuhoihin. Rajasimme tutkimuksen koskemaan tapauskohtaisesti tutkimusmetssämme Itä-Suomessa. Selvitimme korreloiko tutkittavan alueen maastonkorkeus siellä esiintyvien lumituhojen kanssa. Selvitimme myös, millaista vaihtelua puuston tunnuksissa oli eri maastonkorkeuksilla ja korreloivatko ne keskenään. Aineiston keruuseen hyödynsimme metsänmittausvälineitä. Mitattuja tuloksia tulkitsimme tilastollisten menetelmien avulla.

Tutkimuksen hyödyt voivat olla muun muassa metsän arvon määrittämisen tarkentuminen leimikoilla, jotka sijaitsevat keskivertoa kasvatusmetsää merenpinnasta mitattaessa korkeammalla. Myös mahdolliset riskit on helpompi ottaa huomioon kasvatusmetsää ostaessa, jos metsätila sijaitsee tavallista korkeammalla, tai siinä on huomattavia korkeuseroja.

2 Lumen aiheuttamat tuhot metsätaloudessa

2.1 Lumituhojen syntymekanismit

Metsätaloudessa lumituhoksi kutsutaan pakkautuneen lumen muodostamia latvuston ja oksien taipumista ja lopulta katkeamista. Lumituhot syntyvät, kun lumi tarttuu ja jäätyy puiden oksiin kiinni lämpötilan vaihteluiden seurauksena. Lopulta oksan tai latvan lumi- ja jäämassa on niin painavaa, että puun runko ja oksat voivat antaa periksi, minkä seurauksena voi olla rungon taipuminen tai latvan ja oksien katkeileminen. (Luonnonvarakeskus 2023.)

Puiden oksille ja latvaan tarttuvaa lunta kutsutaan tykkylumeksi. Suurin riski tykkylumen synnylle kasvatusmetsissä tapahtuu lämpötilan ollessa -3 – -1 celsiusasteen sisällä. Silloin lumen tarttuminen kiinni oksiin on lämpötilan puitteissa optimaalista. (Metsänhoidon suositukset 2023.)

Tykkylumi on seurausta kahden tekijän yhteisvaikutuksesta, joita ovat suuri ilmassa oleva kosteus ja fysikaalinen tarttumismekanismi, mikä kiinnittää kosteuden puun runkoon. Myös tuuli vaikuttaa tykkylumen muodostumiseen. Tuulella on kuitenkin kaksijakoinen rooli tykkylumen muodostumisessa. Kohtalaisen tuulen eli 3 – 6 m/s sanotaan edistävän tykkylumen kertymistä puiden oksiin. Tyyntemmän kelin kuitenkin sanotaan hidastavan tykkylumen muodostumista, kun taas navakampi tuuli voi ravistaa jo syntyynyttä tykkylunta pois puiden oksista. Myös lämpötilan selkeän nousun sanotaan puhdistavan latvuksia. Tykkylunta on kahta päälajia, joita erottavat niiden syntymekanismit. (Ilmatieteenlaitos 2023.)

Huurretykky on syntynyt huurtumalla eli ilmassa olevan kosteuden seurauksena. Satanut lumi tarttuu huurretykyn muodostumisessa oksiin kiinni ja pakkautuu kostean oksan toimiessa tarttumapintana. Toinen tykkylumen päälaji on nuoskatyky, joka on muodostunut pääasiassa kosteana sataneesta lumesta ja vedestä.

Nuoskatykyä muodostuu tehokkaimmin 0–0,5 celsiusasteen lämpötilassa ja lämpötilan käydessä lyhyiden ajanjaksojen ajan pakkasen puolella sanotaan tehostavan tykkylumen muodostumista entisestään. (Ilmatieteenlaitos 2023.)

Eri puulajit kokevat lumituhoja eri tavoilla. Mänty on erityisen herkkä lumituhoille, koska sen runko ei taivu lumen painosta. Männyllä lumen kertyminen latvuksiin voi aiheuttaa lumitaakan kasvaessa puun kaatumisen. Kuusella lumen paino jakautuu tasaisemmin rungon alueelle, joten kuusella lumituho rajoittuu pääasiallisesti puun latvukseen, eli seurauksena on latvakatko. Koivikoissa puuston kasvattaminen liian tiheänä johtaa puuston riukuuntumiseen, mikä nostaa lumituhojen riskiä, koska ohuet rungot kestävät huonosti lumen painoa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2014.)

Taimikon lumituhot syntyvät keväisin lumen hiljalleen sulaessa ja pakkautuessa tiiviimmäksi ja raskaammaksi. Lumen painuessa siihen kiinnittyneet oksat repeävät irti taimen rungosta (kuva 1). (Luonnonvarakeskus 2023.)

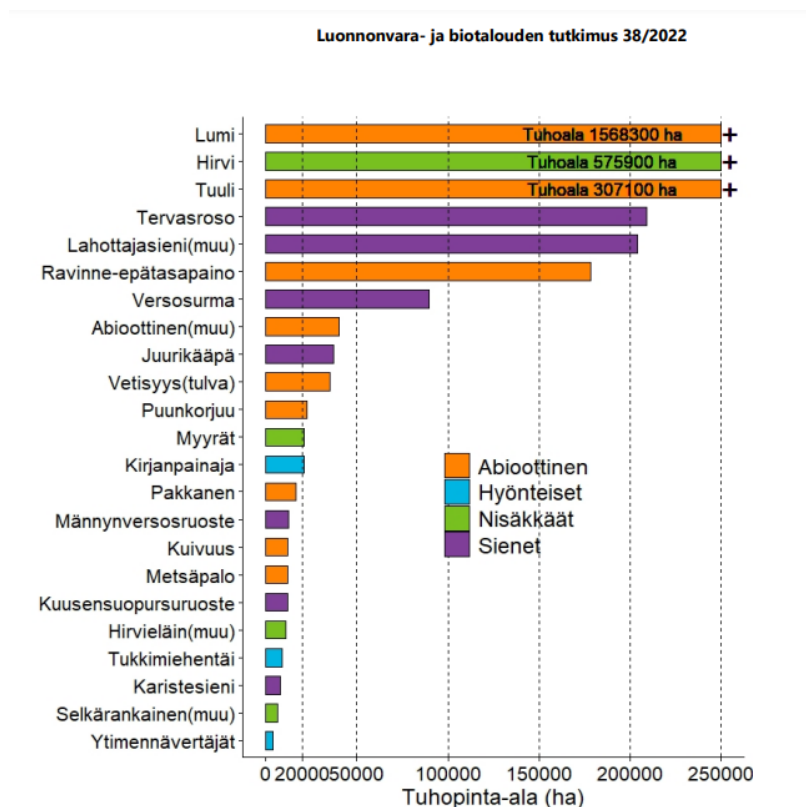


Kuva 1. Taimikon oksat ja latvat kiinnittyvät lumeen ja lopulta repeytyvät irti rungosta (Metsälehti 2019).

Muita lumituhoja voivat olla lumivyöryt, joita tavataan korkealla vuoristossa ja sen rinteillä. Myös lumivyöryjen synnyssä lumen sulaminen on yksi päätekijä. Kun pakkautuneen lumen paino kasvaa suureksi, sen alimmat kerrokset sulavat kitkan vaikutuksesta ja saavat lumi- ja jäämassat liikkeille. (Luontoon 2023.) Suomessa lumivyöryt eivät aiheuta metsätaloudellista haittaa, mutta lumi aiheuttaa tuhoa taimikoille ja kasvatusmetsille koko maassa (Luonnonvarakeskus 2023).

2.2 Lumituhojen esiintyvyys

Lumituhot ovat pinta-alaltaan merkittävin metsätuhojen aiheuttaja Suomessa (kuva 2). Muita pinta-alaltaan merkittäviä tuhonaiheuttajia ovat muun muassa tuulituhot, hirvituhot ja erilaiset sienitaudit. Lumituhojen tuhoala Suomessa vuonna 2021 oli VMI:n mukaan yhteensä 1568300 hehtaaria. Toiseksi eniten tuhoja pinta-alallisesti aiheuttivat hirvet. (Luonnonvarakeskus 2022.)



Kuva 2. Metsätuhojen esiintyvyys pinta-alallisesti vuonna 2021 (Kuva: Mikko Härkönen).

Lumituhot ovat yleisiä yli 180 metrin korkeudessa merenpinnasta ja niitä alkaa esiintyä maastonkorkeuden ylittäessä 100 metriä merenpinnasta. Suomessa laajoja lumituhoja ilmaantuu keskimäärin 3–17 vuoden välein. Eniten tuhoja tapahtuu nuorissa ja ylitheissä metsissä. Erityisesti metsähoidonsuositusten harvennusmalleihin verrattuna liian tiheänä kasvaneet ja hiljattain harvennetut nuoret männiköt ja koivikot, joissa puiden latvukset ovat päässeet kaventumaan, ovat alttiita lumituhoilta (kuva 3). (Metsänhoidon suositukset 2023.)



Kuva 3. Lumituhoja liian tiheänä kasvaneesta männiköstä, joka on hiljattain harvennettu. (Kuva: Sakari Pönniö).

Lumituhot ovat yleisiä Pohjois-Suomen korkeilla alueilla, joita pidetään tykkyalueina. Lumituhoja esiintyy myös Suomenselän, Pohjois-Karjalan ja Uudenmaan alueilla (Metsänhoidon suositukset 2023; Uotila, Kasanen & Heliövaara 2015, 186.)

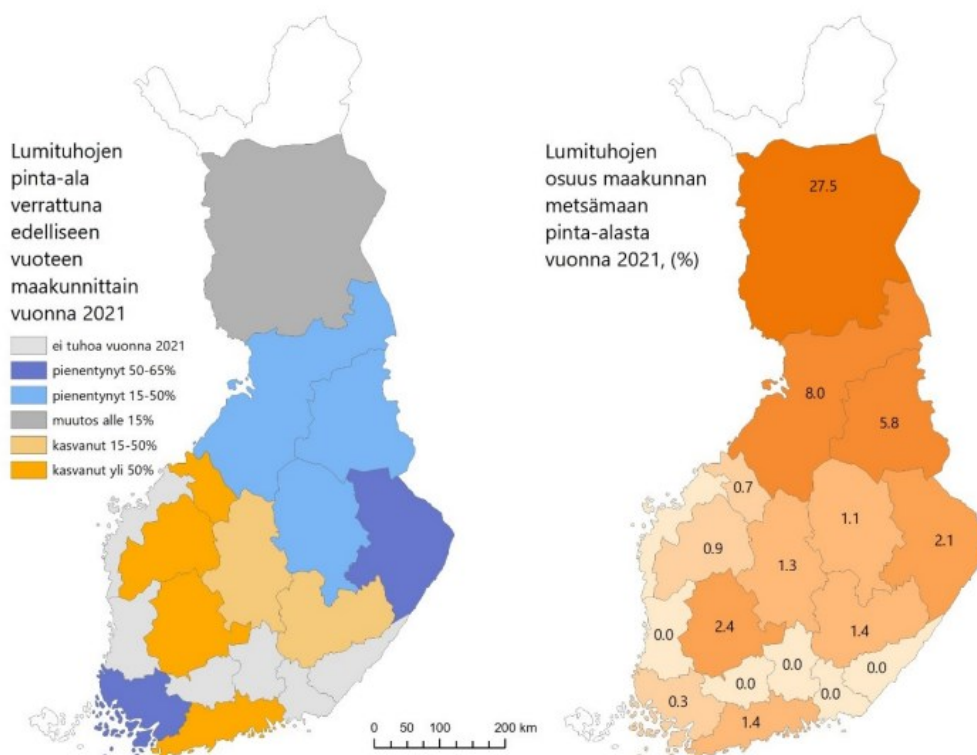
Maaston suhteellinen korkeus ympäröivään alueeseen vaikuttaa merkittävästi lumituhojen riskiin. Erityisesti vedenjakaja-alueilla ja mäkisillä seuduilla lumituhot ovat tavallisia. Esimerkkejä tällaisista alueista ovat Etelä-Suomen Salpausselkä ja Lohjanharju sekä Nuuksion ylänköseutu. Etelärannikolla lumituhoja voi satunnaisesti esiintyä erityisesti mereltä tulevan kosteuden vuoksi. (Metsänhoidon suositukset 2023.)

Etelärannikon lumituhot ovat seurausta leudosta lämpötilasta. Leudon lämpötilan seurauksena lumi sataa märkänä ja kiinnittyy herkästi puihin. Meren läheisyys lisää sateita, minkä seurauksena Uudenmaan lumituhot ovat runsaampia kuin sisämaassa. Puihin jäävä huurre tiivistyy lopulta tykyksi. Tykyn ja lumen latvukselle tuottama kuorma voi painaa tuhansia kiloja (kuva 4). (Uotila ym. 2015, 186.)



Kuva 4. Puuhun kohdistuva tykkykuorma voi olla jopa tuhansia kiloja (Kuva: Erkki Ahola).

Runsaiden sateiden aiheuttamia lumituhoja havaittiin suuressa määrin Pohjois-Karjalassa joulukuussa 2017 ja Kainuussa tammikuussa 2018. Vastaavia tuhoja havaittiin myös talven 2018–2019 aikana varsinkin Itä-Suomessa. (Luonnonvarakeskus 2019.)



Kuva 5. Lumituhojen osuus metsämaan pinta-alasta maakunnittain (Kuva: Mikko Härkönen).

Vuonna 2021 lumituhot olivat edelleen yleisimpiä Lapin maakunnassa (kuva 5), jossa lumituhojen osuus oli vajaat 28 % maakunnan metsämaan pinta-alasta. Pohjois-Pohjanmaalla lumituhojen osuus oli 8 % maakunnan pinta-alasta, kun taas Kainuun maakunnassa noin 6 % metsäpinta-alasta oli kokenut lumituhon. Vastaavasti lumituhojen osuus oli puolittunut Pohjois-Karjalan ja Varsinais-Suomen maakunnissa. (Luonnonvarakeskus 2022.)

2.3 Lumituhojen torjunta

Kuusen sanotaan kestävän paremmin lumen kasautumista, mutta senkin latva voi taipua tai lopulta katketa painavasta lumikuormasta. Myös lannoitusten sanotaan lisäävän metsän lumituhoalttiutta. Juuri lannoitetun metsän tuhoalttiuden selittää puiden latvusten nopea kasvu, johon puun juuristo ei ole vielä sopeutunut (Metsänhoidon suositukset 2023.)

Ylitiheänä kasvanut ja hiljattain harvennettu männikkö on kaikkein alttein lumituhoille. Rungon läpimitan ollessa kapea suhteessa rungon pituuteen, runko painuu helposti lumen painosta. Rungoltaan kapeita ja pitkiä puita on eniten ylitiheissä metsissä, mutta niitä voidaan havaita myös yläharvennetuissa tai erikikäishakkuin käsitellyissä metsissä. Harvennuksen sanotaan lisäävän lumituhojen riskiä seuraavien parin vuoden ajaksi. Lumituhoalueilla suositellaan lieviä, mutta usein tapahtuvia harvennuksia. Lumituhopuut tulisi korjata mielellään jo saman talven aikana. Muutoin voi seurata kaarnakuoriaisten lisääntymisestä seuraavia tuhoja. (Uotila ym. 2015, 186.)

Oikeaan aikaan tehdyt taimikon harvennukset ja ensiharvennus ehkäisevät metsän riukuuntumista. Tuhoja voi siis estää metsän huolellisella hoidolla. (Yle 2019.) Lumenmurtojen ollessa yli 10 kuutiota hehtaarilla, tulee ryhtyä lumituhopuiden korjuuseen. Lumituhojen ollessa laajalla alueella tai runsaasti, kannattaa korjaamatta jääneitä alueita harventaa seuraavaan kevääseen asti. (Uotila ym. 2015, 186.)

2.4 Metsä- ja metsätuholain soveltaminen tykkytuoalueiden puunkorjuussa

Lumituoalueilla metsälakia sovelletaan normaalisti, ja metsänkäyttöilmoitukset täytyy tehdä lakia soveltaen. Metsälain 14 § edellyttää, että metsänkäyttöilmoitus on tehtävä Metsäkeskukselle, mikäli käsittelyalueelle suunnitellaan kasvatustai uudistushakkuuta tai korjataan metsätuhon jälkiä. Metsänkäyttöilmoituksen tekeminen koskee myös kaikkia muita hakkuuta ja mahdollisia metsälain 10 §:n kohtia, eli erityisen tärkeiden elinympäristöjen käsittelyä. (Metsäkeskus 2023.)

Kaatuneiden ja katkenneiden puiden korjuusta tulee tehdä metsänkäyttöilmoitus metsälain 2 §:n nojalla. Puun korjuulla tarkoitetaan puiden kaatoa tai katkomista sekä korjattavan puun siirtoa käsittelyalueelta välivarastolle. Mikäli metsätuoalueella on kasvatushakkuu, tulee sen toteuttamistapa ilmoittaa kuvioittain metsäkeskukselle. Uudistamishakkuun yhteydessä tulee myös ilmoittaa metsikön uudistamistapa. Metsätuoalueesta tulee ilmoittaa edellä mainittujen lisäksi myös hakkuun syyksi metsätuoalue, ja lisätiedoissa tulee ilmoittaa tuhonaiheuttaja, esimerkiksi "Tykkytuo". Kotitarvehakkuusta ei tarvitse tehdä metsänkäyttöilmoitusta. (Metsäkeskus 2023.)

Erityisen tärkeisiin elinympäristöihin eli metsälain 10 §:n kohteisiin kohdistuvista toimenpiteistä täytyy metsänkäyttöilmoituksen lisäksi hakea tarvittaessa poikkeuslupa 10 päivän määräajasta poikkeamiseen. Tykkytuoista kärsineiden havupuiden korjuussa on otettava huomioon valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä (1308/2013 15§), laki metsätuhojen torjunnasta (1087/2013) sekä näiden nojalla annetut asetukset. Pääsääntöisesti kaatunutta puustoa ei suositella korjattavan pois metsälain 10 §:n kohteilla, eikä yksittäisiä katkenneita tai kaatuneita puita tulisi korjata ollenkaan. Mutta mikäli metsätuholain velvoittamat raja-arvot ylittyvät, tulee toimenpiteet suorittaa elinympäristön ominaispiirteet säilyttävällä tavalla. (Metsäkeskus 2023.)

Metsätuholain velvoittamat raja-arvot ylittyvät, kun tyviläpimitaltaan yli 10 cm vahingoittuneita kuusia on taimikkovaiheen ohittaneessa metsikössä yli 10 m³ hehtaaria kohden tai kaarnoittunutta mäntyä yli 20 m³ hehtaaria kohden. Lisäksi tulee kuvailla metsänkäyttöilmoituksen lisätieto- kohdassa, miten korjuu toteutetaan, ja vaikuttaako se elinympäristön ominaispiirteiden säilymiseen. On myös syytä mainita, paljonko kaatunutta tai vahingoittunutta puustoa jätetään alueelle. (Metsäkeskus 2023.)

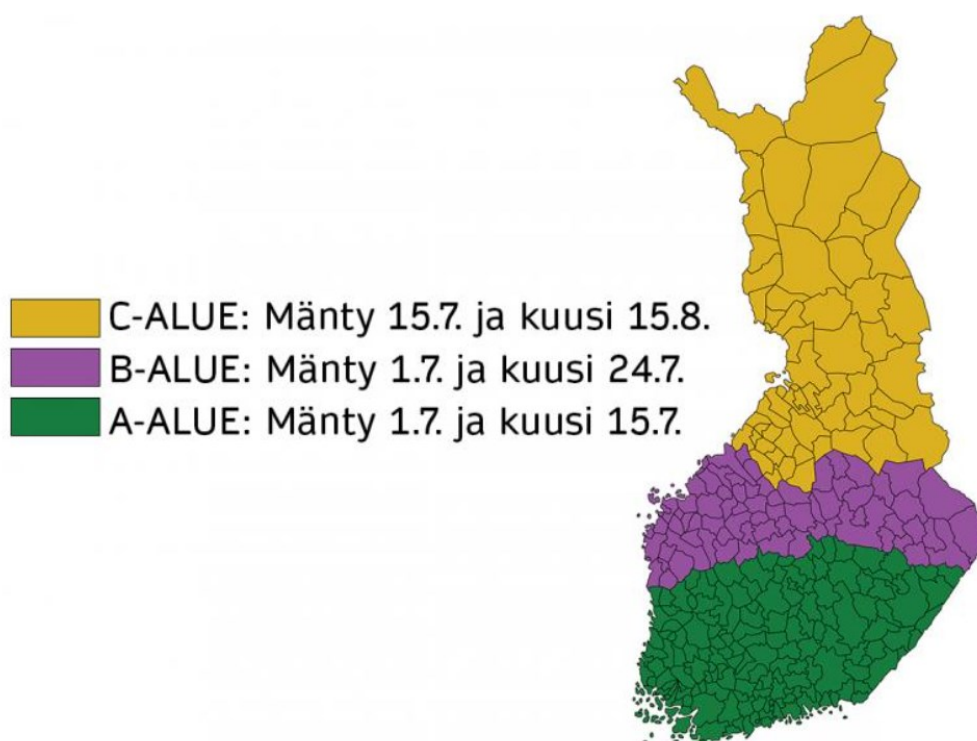
Ympäristötukikohteella lumituhosta kärsineitä runkoja saa korjata vain, jos metsätuholaki niin edellyttää. Kaikista kohteen toimenpiteistä tulee sopia ennakoon metsäkeskuksen kanssa, sillä laki määrää seuraavanlaisesti:

Tuen myöntämisen edellytyksenä on, että maanomistaja tekee metsäkeskuksen kanssa sopimuksen, jossa hän sitoutuu säilyttämään tietyllä alueella metsien biologista monimuotoisuutta sekä olemaan tekemättä alueella metsätalouden toimenpiteitä ilman metsäkeskuksen suostumusta. (Kestävän metsätalouden määräaikainen rahoituslaki, 19§; Metsäkeskus 2023.)

Metsätuholakia sovelletaan lumituhokohteissa normaalisti. Vahingoittuneet puut tulee korjata metsiköstä ja välivarastolta määräaikoihin mennessä. (Metsäkeskus 2023.)

Määräajat puun ja puutavaran poistolle on määritelty lämpösumman mukaan vyöhykkeisiin A, B ja C (kuva 6). Puutavaran omistajan on huolehdittava, että puutavara poistetaan määräaikaan mennessä. Metsätuholaki määrää, että edellisen vuoden syyskuun ja kuluvan vuoden toukokuun välisenä aikana kaadettu kuusipuutavara kuljetetaan pois hakkuupaikalta ja välivarastosta seuraavasti: A-alueella viimeistään 15 päivänä heinäkuuta, B-alueella viimeistään 24 päivänä heinäkuuta ja C-alueella viimeistään 15 päivänä elokuuta. Edellisen vuoden syyskuun ensimmäisen päivän ja kuluvan vuoden toukokuun 31 päivän välisenä aikana kaadettu kaarnoittunut mäntypuutavara kuljetetaan pois hakkuupaikalta ja välivarastosta A- ja B-alueella viimeistään ensimmäisenä päivänä heinäkuuta (kuva 6). (Metsätuholaki 1087/2013 3§.)

Kuusipuutavara tulee korjata C-alueella viimeistään 15 päivänä heinäkuuta ja kuluvan vuoden kesäkuun ensimmäisen päivän ja elokuun 31 päivän välisenä aikana kaadettu kuusipuutavara tulee kuljettaa pois hakkuupaikalta tai välivarastosta A-alueella 30 päivän kuluessa hakkuuhetkestä (kuva 6). (Metsätuholaki 1087/2013 3§.)



Kuva 6. Kartta metsätuholain määräämästä havupuutavaran poistosta metsästä ja välivarastolta (Kuva: Metsäkeskus)

2.5 Lumituhojen seuraukset

Metsätuhot heikentävät ja hidastavat metsän kasvua ja aiheuttavat rahallisia tappioita metsänomistajalle. Metsätuhojen yhteenlaskettu määrä kantarahatuloissa metsänomistajalle on vuosittain 100 miljoonaa euroa. (Luonnonvarakeskus 2023.)

Lumituhon kärsineestä puusta ei saada enää arvokasta tukkipuuta, vaan se kelpaa ainoastaan kuitupuuksi, josta metsänomistaja saa pienemmän korvauksen. Tästä koituu rahallisia tappioita varsinkin, jos puu on tuhon syntymisen hetkellä parhaassa kasvuiässä. (Yle 2019.)

Puun kasvu voi kuitenkin jatkua lumituhon jälkeen. Kookkaimmat puut voivat kasvattaa tuhon jälkeen uuden latvuksen, mutta pienemmillä puilla on riski kuivua ja kuolla muutaman vuoden sisällä tuhon syntymisestä. Vaurioitunut puu on myös alttiimpi sieni- ja hyönteistuhonille. (UPM Metsä 2023.)

Suurin osa metsätuhojen aiheuttamista rahallisista tappioista koostuu kuusen-, ja männyn juurikääpien aiheuttamista lahovioista. Seuraavaksi eniten rahallisia tappioita aiheuttavat tuholaishyönteiset, kuten tukkimiehentäi ja kirjanpainaja. Myös hirvieläimet ja tuuli aiheuttavat kumpikin karkeasti noin 10 % kokonaistappioista vuosittain. Pienempinä tuhojen aiheuttajina ovat lahottajasieni tervasrosko, myyrät ja lumituhot, jotka kukin tuottavat noin 2–5 prosenttia vuosittaisista rahallisista tappioista. Metsätuhoja vastaan on kuitenkin keksitty ja toimeenpantu useita toimenpiteitä. Suoria rahallisia tappioita lumituhon kertyy kuitenkin 2,13–2,69 miljoonaa euroa vuosittain. (Luonnonvarakeskus 2023.)

Tällä hetkellä metsälaki velvoittaa tuoreen puutavaran siirtämistä pois metsästä määräaikaan mennessä ja suojaamaan kantoja suoja-aineella juurikäävän leviämistä vastaan. (Metsäkeskus 2023). Lumituhon seuraukset ovat usein paikallisia, mutta kaatuneet puut voivat vahingoittaa sähkölinjoja ja siten häiritä sähkönjakelua. Kaatuneet puut voivat myös haitata liikennettä ja vahingoittaa rakennuksia (Maa- ja metsätalousministeriö 2014.)

3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lumituhojen esiintyvyys tutkimusvälillä 200–250 m merenpinnasta mitattuna Juuan Aisusvaaralla sijaitsevan metsätilan alueella. Vertailimme tutkimuksessa metsäkuvioiden puustollista arvoa eri korkeuksissa ja pyrimme selvittämään, onko korkeuserolla vaikutusta esiintyvien lumituhojen määrään ja puuston kasvuun. Tutkittavia muuttujia ovat siis puuston määrä eli pohjapinta-ala, puuston pituus, paksuus ja koealan korkeus merenpinnasta.

Pohdimme, mitkä tekijät ovat voineet selittää mittauksissa saadut tulokset, minkä lisäksi selvitimme, millaiset puuyksilöt olivat säästyneet tuhoilta. Selvitimme myös korrelaatiot eri mitattavien tunnuksien välillä, minkä lisäksi tutkimme mitattua aineistoa tilastollisten menetelmien ja kuvaajien avulla. Tutkimuskysymyksemme olivat: Vaikuttaako maastonkorkeus lumituhojen määrään tutkimusalalla, vaikuttaako maastonkorkeus puuston tunnuksiin tutkimusalalla, ja onko puuston tunnusten välillä eroa lumituhopuiden ja ehjien mediaanipuiden välillä?

4 Aineisto ja menetelmät

4.1 Metsän mittaaminen

Tutkimuksessa käytetty määrällinen aineisto kerättiin maastosta metsänmittausvälineillä. Tavoitteenamme oli selvittää erot puustossa eri maastonkorkeuksilla. Metsän mittauksessa mitataan metsän ominaisuuksia, joita kutsutaan tunnuksiksi. Mittauskohteet, kuten puut, ovat havaintoja. Mittauskohteille annetaan mittalukuja tai symboleja, jotka kuvaavat niiden tunnuksia. Mittausmenetelmät riippuvat siitä, millä asteikolla tunnus mitataan. Asteikkoja on neljä: laatuero-, järjestys-, välimatka- ja suhdeasteikko. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja karttoitus 2003. Kangas, Päivinen, Holopainen & Maltamo. 4.)

Laatueroasteikolla mitataan sellaisia tunnuksia, jotka jakavat mittauskohteet eri luokkiin. Mittaluvut kertovat vain, ovatko kohteet samanlaisia vai erilaisia tunnuksen suhteen. Esimerkiksi puulaji ja maaluokka ovat laatueroasteikon tunnuksia. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus 2003. Kangas, Päivinen, Holopainen ja Maltamo. 4.)

Järjestysasteikolla mitataan sellaisia tunnuksia, jotka järjestävät mittauskohteet tunnuksen mukaan. Mittaluvut kertovat, onko jokin kohde suurempi tai pienempi kuin toinen. Esimerkiksi metsämaiden veroluokka ja tukkien laatuluokat ovat järjestysasteikon tunnuksia. Välimatka-asteikolla mitataan sellaisia tunnuksia, joilla on mielekäs välimatka mittalukujen välillä. Mittaluvuilla voidaan tehdä yhteen- ja vähennyslaskuja. Esimerkiksi lämpötila Celsiusasteina ja kalenteriaika ovat välimatka-asteikon tunnuksia. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus 2003. Kangas ym. 4.)

Suhdeasteikolla mitataan sellaisia tunnuksia, joilla on mielekäs suhde mittalukujen välillä. Mittaluvuilla voidaan tehdä kerto- ja jakolaskuja. Suhdeasteikolla on myös absoluuttinen nollapiste. Esimerkiksi pituus, läpimitta ja lukumäärät ovat suhdeasteikon tunnuksia. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus 2003. Kangas ym. 5.)

4.2 Mittausvälineet ja niiden käyttö

Puun läpimittaa voidaan mitata erilaisilla mittausvälineillä, kuten kaulaimella, mittasaksilla tai talmeterillä. Talmeter on erityinen mittanauha, jolla mitataan puun ympäröimä, mutta mittaustulos annetaan suoraan läpimittana. Nykyään mittaukset tehdään yleensä maanpinnan tasolta tai puun syntyypisteestä.

Aikaisemmin mittaukset tehtiin usein kannon tai ylimmän kaatoa haittaavan juuren korkeudelta, ja näitä mittausmenetelmiä käytetään edelleen, jos käytetään 1940- tai 1950-luvulla kehitettyjä taulukoita. Rinnankorkeus mitataan 1,30 metrin korkeudelta käyttämällä rinnankorkeuskeppiä. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus. Kangas ym. 29.) Puun pituuden mittaamiseen käytetään joko mittatankoa tai korkeusmittaria, jota kutsutaan myös hypsometriksi. Nämä välineet mahdollistavat myös latvuksen pituuden ja latvusrajan korkeuden mittaamisen. Mittatankoa käytetään yleensä taimikoissa. Hypsometrit toimivat joko vertaamalla puun pituutta vertaustankoon tai mittaamalla etäisyyden puuhun, jota kutsutaan tähtäysetäisyydeksi. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus. Kangas ym. 32.)

Metsän mittauksessa puun pituutta voidaan mitata erilaisilla hypsometreillä, jotka perustuvat joko vertaustankoon tai tähtäysetäisyyteen. Vertaustankoon perustuvat hypsometrit ovat Christenin ja Lönnrothin hypsometrit. Christenin hypsometri on epälineaarinen viivain, joka asetetaan niin, että puu mahtuu sen asteikon sisään. Puun pituus luetaan viivaimelta vertaustangon kohdalta. Lönnrothin hypsometri on tasajakoinen viivain, joka asetetaan niin, että vertaustanko mahtuu sen asteikon sisään. Puun pituus luetaan viivaimelta puun kohdalta. Molemmat hypsometrit hyödyntävät samankaltaisten kolmioiden ominaisuuksia. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus. Kangas ym. 33.)

Tähtäysetäisyyteen perustuvat hypsometrit ovat Suunto ja Blume-Leiss hypsometrit. Suunto on yleisempi vakautensa vuoksi. Molemmat hypsometrit ovat kulmanmittauslaitteita, joilla mitataan tunnetulta etäisyydeltä kulmat puun latvaan ja tyveen. Puun pituus lasketaan kulmien tangenteista. Kulmat näkyvät hypsometriä asteikoilla metreinä. Puun pituus on kulmien summa tai erotus riippuen siitä, onko puun tyvi silmän tasolla vai ei. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus. Kangas ym. 32.)

Kuoren paksuuden mittaamiseen käytetään kuorimittaria. Tämä työkalu toimii siten, että sen osittain tylppä terä tunkeutuu kokonaan kuoren läpi, mutta pysähtyy puuaineeseen. Mittauksen tarkkuus voi kuitenkin vaihdella iskun voimakkuuden mukaan. Jos isku on liian heikko tai liian voimakas, terä ei ehkä tunkeudu täysin puuaineeseen tai se saattaa mennä liian syvälle. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus. Kangas ym. 36.)

Relaskooppi on apuväline, jolla voidaan arvioida puuston määrää pohjapinta-alan avulla. Relaskooppi koostuu varresta, jonka päässä on hahlo eli aukko. Varren pituus ja hahlon leveys määräävät relaskoopin kertoimen, joka kertoo, kuinka paljon yksi laskettu puu edustaa pohjapinta-alaa hehtaarilla. Yleisesti käytettyjä relaskooppia ovat metrin mittainen relaskooppi, jonka kerroin on yksi, ja 0,65 metrin mittainen ketjurelaskooppi, jonka kerroin on 1,3. Relaskoopin käyttö perustuu siihen, että puu luetaan mukaan, jos se on lähempänä mitaajaa kuin sen rajaetäisyys. Rajaetäisyys riippuu puun läpimitasta ja relaskoopin kertoimesta. Relaskoopilla ei tarvitse rajata koealaa. (Tapion taskukirja 2018, 281–283.)

Relaskoopilla mitattaessa asetetaan varren pää silmän alle ja tähdätään hahlon läpi puihin. Jos puu peittää hahlon kokonaan, se luetaan mukaan. Jos puu peittää hahlon vain osittain, sitä kutsutaan rajapuuksi. Rajapuista luetaan yleensä joka toinen. Koealan pohjapinta-ala saadaan kertomalla laskettujen puiden lukumäärä relaskoopin kertoimella. Koealan mediaanipuun läpimitta on helppo selvittää relaskoopilla, koska sitä ohuempia ja paksumpia puita on yhtä monta. (Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus. Kangas ym. 74.)

4.3 Työnkuvaus

Lopulliset maastomittaukset koostuivat 15 koealasta tutkimusvälillä 200–240 metriä merenpinnasta. Mittaukset suoritimme siten, että maastonkorkeus mitattulla alalla oli saman kymmenluvun sisällä. Tutkittavien koealojen maastonkorkeudet olivat siis: 200–210, 210–220, 220–230 ja 230–240. Jokaiselta tutkimusväliltä otimme kolme koealaa.

Mitattavan metsätilan tutkittavien kuvioiden maastonkorkeus alkoi 200 metristä, mistä teimme ensimmäiset mittaukset. Koealan mittauksissa käytimme kahden eri mittaajan saamien tulosten keskiarvoja. Mittauksia on tehty kaksinkertainen määrä jokaisella koealalla, mikä lisää mittausten tarkkuutta ja luotettavuutta.

Pohjapinta-alalla tarkoitamme tutkimuksessa relaskoopilla koealoilta saatuja kahden sentin hahlon täyttäneitä puita. Puun pituudella tarkoitamme mediaanipuun pituutta kannosta latvaan. Puun paksuudella tarkoitamme tutkimuksessa mediaanipuun läpimittaa eli halkaisijaa. Tuhopuulla ja lumituhopuulla tarkoitamme puuyksilöitä, joiden latva on katkennut.

Koealojen tekemisen aloitimme tarkistamalla sijaintimme maastonkorkeuden GPS-ohjelmistolla. Seuraavaksi rajasimme 20x20 metrin kokoisen alueen satunnaisesta kohdasta korkeuskäyrää (kuva 7).



Kuva 7. Koeala rajataan niin, että sen kulmapisteiden sivut ovat 20 metrin päässä toisistaan.

Rajatun alueen symmetrisyyden tarkistimme mittaamalla koealojen kulmien erotukset bussolia hyödyntäen. Tavoitteenamme oli saada symmetrinen neliö, minkä tarkoituksena oli rajata tutkimusalue. Symmetriseen neliöön päästään mittaamalla ja säätämällä rajatun alueen sisäiset kulmat niin, että sisäisten kulmien suuruudet ovat 90 astetta (kuva 8).



Kuva 8. Bussolilla tarkistetaan kulmien suuruudet ja alueen symmetrisyys.

Seuraavaksi mittasimme koealan puuston pohjapinta-alan relaskoopilla ja merkitsimme relaskoopin hahlon täyttäneet ehjät puut (kuva 9). Pohjapinta-alan mitauksessa otimme mukaan myös koealan ulkopuoliset puut, koska tarkoituksena on selvittää puuston määrä, eikä puiden lukumäärä.



Kuva 9. Relaskoopilla mitataan hahlon täyttävät puut rinnankorkeudelta.

Alueelta merkityistä puista valitsimme mediaanipuun, eli puun, joka kuvaa parhaiten koealan puiden pituuden ja paksuuden keskiarvoa. Mediaanipuusta mittasimme läpimitan talmeterillä, minkä lisäksi mittasimme SUUNTO-merkkisellä hysometrillä puun pituuden 20 metrin päästä mediaanipuusta.

Koealan sisällä olevista puista mittasimme, kuinka monessa oli havaittavia lumen aiheuttamia tuhoja, kuten latvakatkoja. Otimme myös selvää, erosivatko lumituhopuun ominaisuudet ehjästä puusta. Valitsimme jokaiselta koealalta mediaanituhopuun, mikäli sellainen oli, jonka läpimitan ja pituuden otimme ylös. Laskimme mukaan vain yli puoliksi koealan sisällä olevat rungot.

Mittasimme myös puuston iän ikäkairalla. Ikäkaira on keskeltä ontto käsikäyttöinen puupora, jolla saadaan porattua puusta näyte. Kairan terän täytyy olla pitempi, kuin puolet puun läpimitasta, jotta poran terä ylittää keskelle puun ytimeen. Poran terä täytyy myös suunnata suoraan puun keskusta, minkä lisäksi poraus kannattaa aloittaa oksattomasta kohdasta (kuva 10).



Kuva 10. Poraus aloitetaan rinnankorkeudelta oksattomasta kohdasta.

Näyte vedetään ulos poran mukana tulevalla metallisella tarttumatikulla noudattaen erityistä varovaisuutta, sillä saatu näyte on hauras ja voi täten hajota luku-kelvottomaksi (kuva 11). Puun ikä lasketaan siihen syntyneistä vuosirenkaista, eli lustoista. Vaalea kevätpuu ja tumma kesäpuu kertovat yhden vuoden kasvun. Koska puu ei kasva talvella, kokonaisuuden saa määritettyä laskemalla yhteen tummat kesäpuuksi kutsutut renkaat puuaineksesta. (MetsänhoidonABC 2013.)



Kuva 11. Näyte vedetään ulos tarttumatikulla.

Tiedossa oli, että tutkimusalueen puusto on tasaikäistä ja istutettu samaan aikaan. Ikäkairalla poratusta kuusesta saadusta näytteestä voidaan havaita puun iäksi 65 vuotta (kuva 12).



Kuva 12. Puun ikä lasketaan näytteessä näkyvistä vuosilustoista.

4.4 Mitattu aineisto

Mittauksia tehdessä käytimme keskiarvoja kahden eri mittaajan saamista tuloksista. Tutkimusalan puusto oli helposti mitattavaa, joten vaihtelua tuloksissa kahden eri mittaajan kesken oli hyvin vähän. Vaihtelua tunnuksissa esiintyi kuitenkin eri koealoilla (taulukko 1). Taulukosta voidaan havaita pituuden vaihtelun koko tutkimusalueella olleen viisi metriä ja läpimitan vaihtelun olleen seitsemän senttimetriä (taulukko 1).

Koeala	Maastonkorkeus (m)	Ppa	Pituus (m)	Paksuus (cm)	Tuhopuut (kpl/koeala)	
1	200		27	20,5	22	0
2	200		35	24	27	0
3	200		34	19	22	0
4	210		33	23	25	0
5	210		35	22,5	24	4
6	210		25	19	25	0
7	220		21	21	22	4
8	220		24	20	22,5	5
9	220		21	21	23	5
10	230		16	20	20	8
11	230		16	21	21	9
12	230		14	19	22	14
13	240		16	20	25	17
14	240		12	20	22	18
15	240		14	19	25	17

Taulukko 1. Tutkimuskohteelta mitattu aineisto, jossa puutunnukset eri korkeuksilta.

Koealojen pohjapinta-alojen keskiarvo oli 22,8 kappaletta relaskoopin hahlon täyttäneitä puita koealaa kohden. Lisäksi koealoilta mitattujen mediaanipuiden pituuksien keskiarvo oli 20,6 metriä ja paksuus 23,2 senttimetriä. Latvakatkoista kärsineitä puita, eli tuhopuita oli mitatuilla koealoilla yhteensä 101 kappaletta ja niitä esiintyi 53,33 prosentilla koealoista.

Koeala	Maaston korkeus	Tuhopuiden keskipituus	Tuhopuiden keskipaksuus
1	200		
2	200		
3	200		
4	210		
5	210	20	23,50
6	210		
7	220	19	23
8	220	18	22
9	220	19,5	22,5
10	230	18,5	20
11	230	18	21
12	230	17,5	21
13	240	18,5	22
14	240	19	22
15	240	18	24

Taulukko 2. Tutkimuskohteelta mitattu verrokkiaineisto lumituhoja kärsineistä puista.

Lumituhopuiden keskipituus oli 18,7 metriä ja paksuus, eli läpimitta 22,1 senttimetriä. Voidaan huomata, että ehjät mediaanipuut olivat keskimäärin 1,9 metriä pidempiä ja 1,1 senttimetriä paksumpia. Lyhyemmän pituuden selittää suurimalta osin katkenneet latvat (taulukko 2).

4.5 Käytetyt tilastolliset menetelmät

Analysoimme mitattua aineistoa mittaamalla suoraviivaisen riippuvuuden voimakkuutta eri pistekaavioista hyödyntäen Pearsonin korrelaatiokerrointa. Pearsonin korrelaatiokertoimen tunnusluvun arvo vaihtelee miinus yhden ja yhden välillä (kuva 13).



Kuva 13. Korrelaatiokertoimen arvo vaihtelee miinus yhden ja yhden välillä (Kuva: Akin menetelmäblogi 2022).

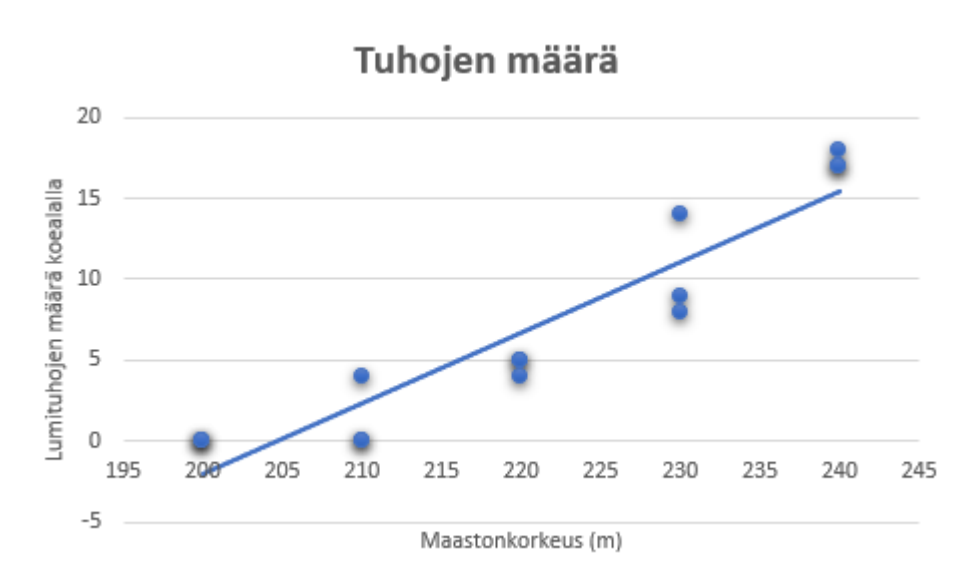
Lähellä nollaa olevat arvot kertovat, ettei suoraviivaista riippuvuutta arvojen välillä ole. Lähellä lukua yksi olevat arvot taas kertovat positiivisesta riippuvuudesta, minkä voi huomata hajontakartalla nousevana pisteparvena, kun taas lähellä lukua miinus yksi olevat arvot kertovat negatiivisesta riippuvuudesta ja laskevasta pisteparvesta. (Akin menetelmäblogi 2022.) Laskentavälineenä käytimme Excelin "Korrelaatio"-funktiota.

Korrelaation merkitsevyyden rajana käytimme 0,5:ttä. Tämä tarkoittaa, että negatiivista riippuvuutta voidaan pitää merkitsevänä, jos saatu arvo on pienempi kuin 0,5 ja positiivista riippuvuutta merkitsevänä, jos saatu arvo on suurempi kuin 0,5. Seuraavaksi vertasimme kahden toisistaan riippumattoman otoksen keskiarvojen poikkeavuuksia selvittämällä otantavirheen todennäköisyyden t-testin avulla. Vastaukseksi saatava p-arvo on todennäköisyys sille, että keskiarvojen ero selittyy kokonaan otantavirheellä, eli mitä pienempi p-arvo, sitä merkitsevämpi otantojen keskiarvojen välinen ero on. Ylärajana merkitsevyydelle pidetään yleisesti viittä prosenttiyksikköä. (Akin menetelmäblogi 2019.)

Ensimmäiseksi vertasimme lumituhopuiden paksuuksia ehjiin mediaanipuihin. Koska lumituhopuita alkoi esiintyä jokaisella koealalla vasta 220 metrin jälkeen, otoksen koko on vain 9 parillista havaintoa (taulukko 2). Tässä tapauksessa molempien otantojen keskiarvo voi olla toista suurempi, eikä ryhmien varianssien yhtäsuuruutta voida olettaa, joten käytimme kaksisuuntaista erisuurten varianssien testiä. (Akin menetelmäblogi 2019.)

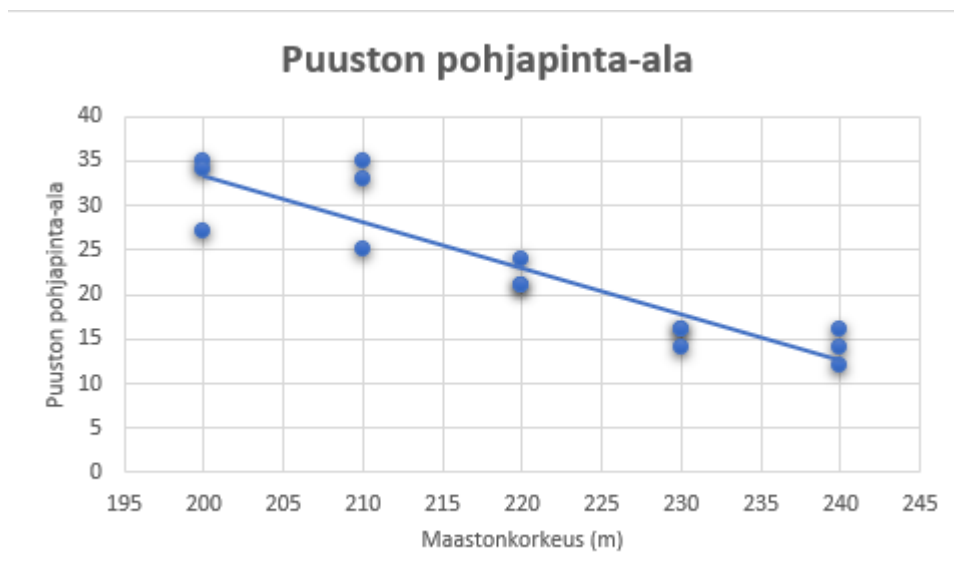
5 Tutkimuksen tulokset

Ennen mittausten suorittamista arvelimme tuhojen yleistyvän maastonkorkeuden lähentyessä 240 metriä merenpinnasta. Mittaukset kuitenkin osoittivat tuhojen alkavan yleistyä jo maastonkorkeuden ollessa 220 metriä merenpinnasta mitattuna (taulukko 1 ja kuvio 1).



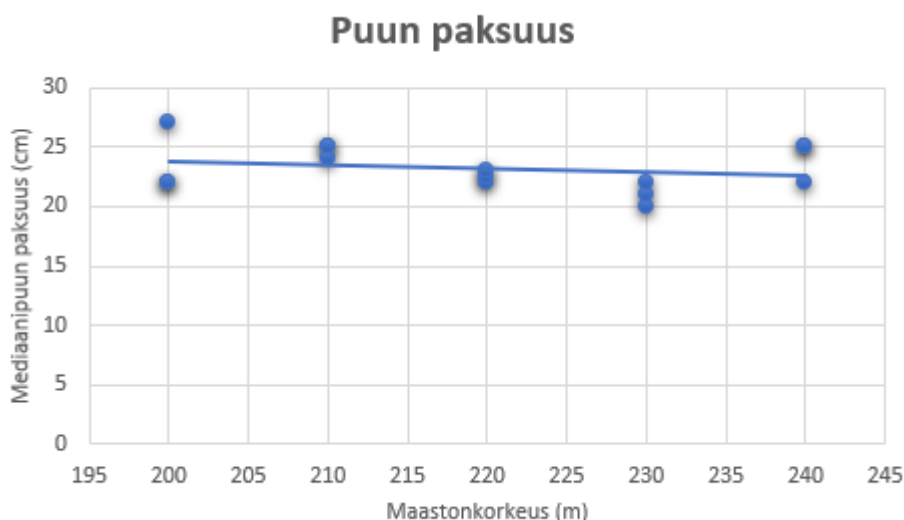
Kuvio 1 Kuvio lumituhojen esiintyvyydestä, missä y-akselilla lumituhojen kappalemäärä ja x-akselilla maastonkorkeus.

Pohjapinta-alan mittauksissa huomasimme puuston määrän vähentyvän riip-puen siitä, mitä korkeammalta mittauksia teimme. Arvelemme puuston määrän vähentymisen johtuvan aiemmista lumituhoista, sillä kantoja oli alueella runsaasti. Lumituhoja aiempina vuosina kärsineet puut on hyvin todennäköisesti korjattu pois ja pyritty näin pienentämään hyönteistuhojen riskiä.



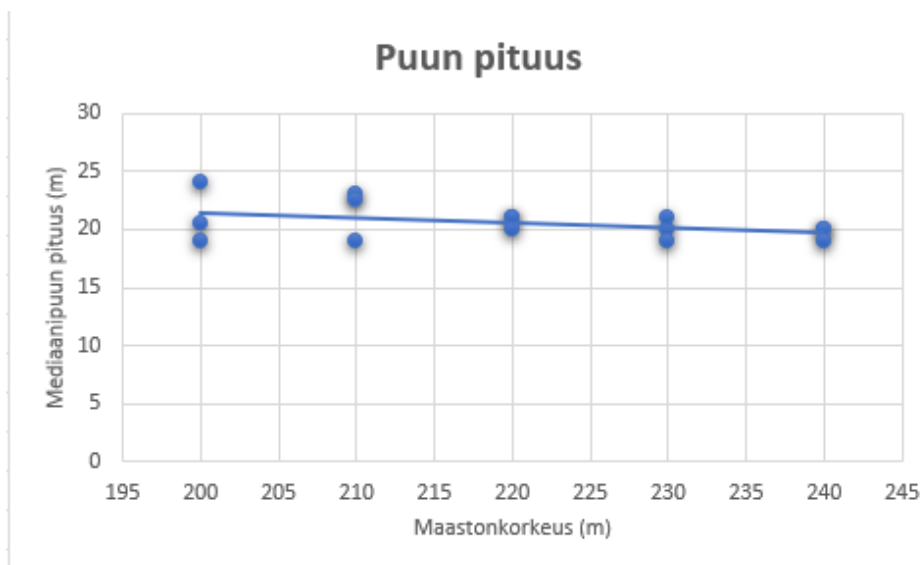
Kuvio 2. Kuvio puuston määrästä eri korkeuksilla, missä y-akselilla puuston pohjapinta-ala ja x-akselilla maastonkorkeus.

Varsinaisissa mittauksissa mediaanipuun pituudessa ja paksuudessa ei ollut yhtä selvää vaihtelua kuin tuhojen määrän ja pohjapinta-alan kuvaajissa. Kuvaajista voidaan kuitenkin havaita, että sekä pituuden että paksuuden suuntaviivat osoittavat pientä laskua (taulukko 1, kuviot 3 ja 4).



Kuvio 3. Kuvio puiden paksuuksista eri korkeuksilla, missä y-akselilla puun paksuus ja x-akselilla maastonkorkeus.

Ennen mittauksia arvelimme mediaanipuun paksuuden pienentyvän huomattavasti korkeammalle mentäessä. Suurta vaihtelua emme kuitenkaan havainneet. Pienimmillään läpimitan keskiarvo kävi 230 metrissä, mutta mittausten lähtö- ja pääpisteen eli 200- ja 240 metrin korkeuksien läpimittojen keskiarvo oli lähes sama ja yllättäen läpimitta oli pääpisteessä melkein puoli senttiä suurempi (kuvio 3).



Kuvio 4. Kuvio puiden pituudesta eri korkeuksilla, missä y-akselilla puiden pituus ja x-akselilla maastonkorkeus.

Vaihtelua oli myös mittapuiden pituuksissa. Mediaanipuiden pituuksien keskiarvossa ei ollut huomattavaa eroa. Korkeammalle mentäessä kuitenkin samalta maastonkorkeudelta otettujen koealojen välillä oli havaittavissa huomattavasti vähemmän vaihtelua (kuvio 4).

Graafisen tarkastelun pohjalta havaitsimme kuvaajissa selkeää nousua maastonkorkeuden ja tuhojen määrän välillä. Kuvaaja viittaisi siihen, että lumituhoja alkaa esiintyä enemmän korkeammilla maastonkorkeuksilla (kuvio 1).

Puuston pohjapinta-alan ja maastonkorkeuden välinen kuvaaja puolestaan kieli selvästä pohjapinta-alan arvon laskusta korkeammille maastonkorkeuksille mentäessä, mikä viittaisi puuston määrän kutistuvan korkeammalle mentäessä (kuvio 2).

Havaitsimme myös pientä vaihtelua puiden pituuksien ja paksuuksien kuvaajissa, mutta pelkkä graafinen kuvaaja ei vielä todista vaihtelun merkitsevyyttä, joten päätimme tutkia mitattujen tulosten välisiä korrelaatioita (kuviot 3 ja 4).

Korrelaatio	
Maastonkorkeus ja ppa	-0,91
Maastonkorkeus ja tuhopuiden määrä	0,94
Maastonkorkeus ja pituus	-0,43
Maastonkorkeus ja paksuus	-0,23
Ppa ja pituus	0,59
Ppa ja paksuus	0,42
Ppa ja tuhopuiden määrä	-0,84
Pituus ja paksuus	0,43
Pituus ja tuhopuiden määrä	-0,44
Paksuus ja tuhopuiden määrä	-0,14

Taulukko 3. Mitattujen tunnusten väliset korrelaatiokertoimet.

Maastonkorkeuden ja pohjapinta-alan välinen korrelaatiokerroin oli $-0,91$ (taulukko 3). Tämä tarkoittaa voimakasta negatiivista riippuvuutta eli voidaan todeta, että maastonkorkeuden noustessa puuston määrä vähenee merkitsevästi. Voimakasta negatiivista riippuvuutta havaittiin myös pohjapinta-alan ja tuhopuiden määrän välisessä korrelaatiokertoimessa, joka oli $-0,84$. Korrelaatiokertoimen perusteella voidaan todeta selvää korrelaatiota tuhopuiden määrän ja pohjapinta-alan välillä. Voidaan todeta tuhopuiden määrän kasvavan pohjapinta-alan vähentyessä. (taulukko 3). Voimakkaasti merkitsevää positiivista riippuvuutta esiintyi maastonkorkeuden ja tuhopuiden välillä. Maastonkorkeuden ja tuhopuiden välinen korrelaatiokertoimen arvo oli $0,94$, mistä voidaan päätellä lumituoja kärsineiden puiden määrän kasvavan merkitsevästi mentäessä korkeammalle maastonkorkeudelle tutkimusalalla (taulukko 3).

Positiivista merkitsevää riippuvuutta esiintyi myös pohjapinta-alan ja pituuden välillä. Pohjapinta-alan ja pituuden välinen korrelaatiokerroin oli $0,59$, mistä voidaan päätellä tiheämmän puuston olevan pidempää tutkimusalalla. Lisäksi pituuden ja paksuuden ($0,43$), sekä pohjapinta-alan ja paksuuden ($0,42$) välillä voidaan havaita positiivista, mutta ei merkitsevää korrelaatiota (taulukko 3). Melkein merkitsevää negatiivista korrelaatiota voidaan havaita maastonkorkeuden ja puun pituuden ($0,43$), sekä puun pituuden ja tuhopuiden määrän välillä ($0,44$). Näiden tekijöiden välistä riippuvuutta ei voi täysin todistaa nykyisellä otannalla (taulukko 3).

Korrelaatiota ei havaittu tai sitä ei ollut maastonkorkeuden ja puun paksuuden välillä eikä myöskään puun paksuuden ja tuhopuiden välillä. Tämä tarkoittaa, että näiden tekijöiden välillä ei ole otannan perusteella tilastollisesti merkittävää yhteyttä (taulukko 3).

Koeala	Mediaanipaksuus ilman tuhoja	Tuhopuiden mediaanipaksuus	Ero
1	22	0	-22
2	27	0	-27
3	22	0	-22
4	25	0	-25
5	24	23,50	-0,5
6	25	0	-25
7	22	23	-1
8	22,5	22	-0,5
9	23	22,5	-0,5
10	20	20	0
11	21	21	0
12	22	21	-1
13	25	22	-3
14	22	22	0
15	25	24	-1
	Mediaanipuut	Tuhopuut	
Keskiarvo	22,50	21,94	0,78
Keskihajonta	1,91	10,83	0,94
P-Arvo (2-suuntainen)	17 %		

Taulukko 4. Mediaani- ja tuhopuiden paksuuksien p-arvo.

Kahden toisistaan riippumattoman otoksen testissä mediaanipuiden ja lumituho-
puiden paksuuksien välillä ei havaittu merkitsevyyttä, sillä p-arvoksi saatiin 17
prosenttiyksikköä. P-arvon suuruudesta voidaan päätellä eron tulosten välillä
johtuvan enemmän otantavirheestä kuin tilastollisesta eroavaisuudesta (tau-
lukko 4).

Koeala	Mediaanipituus ilman tuhoja	Tuhopuiden mediaanipituus	Ero
1	20,5	0,00	-20,50
2	24	0,00	-24,00
3	19	0,00	-19,00
4	23	0,00	-23,00
5	22,5	20,00	-2,50
6	19	0,00	-19,00
7	21	19,00	-2,00
8	20	18,00	-2,00
9	21	19,50	-1,50
10	20	18,50	-1,50
11	21	18,00	-3,00
12	19	17,50	-1,50
13	20	18,50	-1,50
14	20	19,00	-1,00
15	19	18,00	-1,00
	Mediaanipuut	Tuhopuut	
Keskiarvo	20,11	18,44	1,67
Keskihajonta	0,78	0,63	0,61
P-Arvo (2-suuntainen)	0,004 %		

Taulukko 5. Mediaani- ja tuhopuiden pituuksien p-arvo.

Mediaanipuiden ja lumituhopuiden pituuksien välillä merkitsevyyttä kuitenkin havaittiin. Pituuksien väliseksi p-arvoksi saatiin 0,004 prosenttiyksikköä, mikä tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää keskiarvojen eroa. Voidaan tulkita, että näiden otosten välillä on eroa, mikä ei selity otantavirheellä (taulukko 5).

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu

Tutkimustulosten perusteella voimme päätellä, että tutkimusalueella maastonkorkeuden ylittäessä 220–230 metriä merenpinnasta, lumituhot alkavat yleistyä progressiivisesti. Maastonkorkeuden ja tuhojen määrän välillä havaittiin selkeä korrelaatio, samoin kuin puuston pohjapinta-alan ja maastonkorkeuden välillä.

Lumituhojen määrä lisääntyy korkeammalle mentäessä. Pienempi puuston määrä tutkimusalan korkeammilla alueilla viittaa myös aiempiin tuhoihin, sillä lumituhoja kärsineitä puita on raivattu pois alueelta. Huomattava kantojen määrä koealoilla kertoo myös puuston raivauksista.

Ehjien verrokipuiden ja tuhopuiden välillä mittausten mukaan ainoa merkittävä ero oli pituudessa, mikä johtui pääosin latvakatkoista. Tämän vuoksi lumituhopuut olivat keskimäärin lyhyempiä. Paksuudessa ei ollut huomattavaa merkitsevyyttä ehjien ja lumituhopuiden välillä.

Huomasimme kuitenkin vaihtelun tunnuksissa saman koealan sisällä vaihtelevan vähemmän korkeammalla sijaitsevilla koealoilla, mikä kertoisi siitä, että mediaanipuun kanssa hyvin samanlaiset ominaisuudet omaavat puuyksilöt ovat kestäneet mitatulla maastonkorkeudella muihin puihin verrattuna paremmin lumituhoja.

Päättelimme, että lumituhot ovat iskeneet korkeammilla maastonkorkeuksilla juuri läpimitaltaan ohuempiin puihin, jotka on sittemmin korjattu pois ja järeämmät rungot ovat säästyneet tuhoilta. Koealalta löytyneet kannot olivat myös huomattavasti mediaanipuuta ohuempia, mikä tukisi väitettämme. Näin ollen läpimitan keskiarvo on korkeampi, mitä se olisi ilman laajoja lumituhoja.

Vertasimme myös puuston tuottoa 200–220 metrin ja 230–240 metrin välillä. Päädyimme tulokseen, jossa puuston rahallinen tuotto 230–240 metrin korkeudessa on 42 prosenttia pienempi verrattuna 200–220 metrin korkeuteen tutkimusalalla. On kuitenkin huomioitava, että luku on laskettu niin, että tuhopuista ei saisi kuitupuuta, koska kyseisellä metsätilalla tuhopuut menevät polttopuiksi.

Tieto lumituhojen esiintyvyydestä on erityisen arvokasta, kun harkitaan metsätilan hankintaa. Jos maastonkorkeus ja tuhojen määrä korreloivat voimakkaasti, se voi vaikuttaa tilan arvoon ja päätökseen sen ostamisesta. Metsätilaa ostettaessa on tärkeää huomioida myös muita tekijöitä, kuten puuston lajikoostumus, maaperä, ilmasto ja mahdolliset tulevat investoinnit. Metsätilan osto on merkittävä päätös, ja tutkimustulosten hyödyntäminen voi auttaa tekemään perusteltuja päätöksiä. On suositeltavaa tarkastella myös muita riskitekijöitä ja hankkia tarvittaessa asiantuntija-apua.

6.2 Tulosten luotettavuus ja vertailu

Tutkimustulosten luotettavuuteen vaikuttaa suppea aineisto lumituhopuiden ja ehjien mediaanipuiden välillä, mikä koostui vain yhdeksästä parillisesta arvosta. Tämä tarkoittaa, että tutkimuksessa käytettiin vain yhdeksää paria lumituhopuita ja ehjiä mediaanipuita, mikä aiheuttaa tulosten epävarmuutta. Suurempi aineisto olisi voinut tuoda luotettavampia tuloksia.

Toinen huomioitava asia on koealojen määrä. Vaikka tutkimusalueen valinta oli perusteltu ja huolellisesti harkittu, suurempi määrä koealoja olisi voinut lisätä tulosten yleistettävyyttä. Useammalta alueelta kerätty data olisi mahdollistanut laajemman näkökulman ja paremman tilastollisen analyysin. Lisäksi tutkimusala koostui pelkästään tasaikäisestä istutusperäisestä kuusikosta, joten tutkimuksen tuloksia ei voida hyödyntää luotettavasti esimerkiksi koivu- tai mäntyvaltaisissa metsäkohteissa.

On tärkeää muistaa, että tutkimus on tapauskohtainen. Tulokset ovat voimassa vain kyseisellä tutkimusalueella eivätkä välttämättä päde suoraan muihin kohteisiin. Tulosten yleistettävyys on rajattu tutkimusalueelle. Lisäksi tutkimusala oli kuusivaltainen, joten tutkimuksen tuloksissa käsitellään kuusivaltaisten metsäkuvioiden kokemia lumen aiheuttaneita tuhoja.

Lumituhojen esiintyvyyttä eri maastonkorkeuksilla on tutkittu hyvin vähän. Luonnonvarakeskuksen LumiLaser hankkeessa on kuitenkin tutkittu lumituhojen määrää. LumiLaser on hanke, joka keskittyi laserkeilausavusteiseen lumituhojen kartoitukseen ja niihin liittyvien hyönteistuhojen tutkimukseen. Tämä projekti toteutettiin yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen (Luke), Itä-Suomen yliopiston (Metsätieteiden osasto) ja Metsäkeskuksen kanssa. (Luonnonvarakeskus 2024.)

LumiLaser hankkeen tarkoituksena oli luoda menetelmä, jolla voidaan tunnistaa vakavat lumivahingot käyttämällä laserkeilausdataa. Lisäksi projektissa tutkittiin, miten lumivahingot voivat lisätä riskiä hyönteistuhoilta. Mittauksia tehtiin maastossa ja tietokoneella. Kaukokartoitusdatana oli MML:n tiheä laserkeilausaineisto ja ilmakuvat. Hankkeen päätutkimusalue oli Juuassa, siellä mitattiin 176 ympyräkoealaa, joista 21 oli ehjäpuustoisia. Ympyräkoaloilta mitattiin puuston rakenne sekä tarkkoja sijainteja ehjille ja katkenneille puille (684 kpl). Vakavia lumituhoja havaittiin 96 % tuhokoealoista, joiden puista vähintään joka viides puu on katkennut. (Maanmittauslaitos 2023.)

LumiLaser-hankkeen tulokset olivat samansuuntaisia kuin oman tutkimuksemme tulokset. Lumituhoja havaittiin molemmissa runsaasti. Erona omaan tutkimukseemme oli huomattavasti suurempi otanta, sillä oma tutkimuksemme koostui 15 koealasta ja LumiLaser-hankkeessa oli 176 koealaa.

LumiLaser hankkeessa kuvatut metsätuhot ovat laajempia verrattuna omaan tutkimukseemme. Lumilaser-hankkeessa havaittiin tuhoja 96 prosentissa koealoista, kun taas omassa tutkimuksessamme havaitsimme tuhoja vain 53,3 prosentissa koealoista. On tärkeää huomata, että LumiLaser hankkeessa ei ole otettu maastonkorkeutta huomioon, vaan se perustuu lähinnä tuhojen määrän ja siitä seuranneiden hyönteistuhojen arviointiin.

Erona yleiseen tietoon lumituhojen esiintyvyydestä tutkimuksessamme havaittiin lumituhojen alkavan esiintyä vasta 220 metrin korkeudella merenpinnasta. Metsänhoidonsuositusten mukaan lumituhoja alkaa esiintyä jo 100 metrin korkeudessa ja ne yleistyvät 180 metrin korkeudessa merenpinnasta mitattuna (Metsänhoidonsuositukset 2023). Pohdimme, voiko hyvä metsänhoito olla syynä siihen, että tutkimuskohteella lumituhot esiintyvät tavallista korkeammalla. Emme kuitenkaan havainneet selviä eroja puuston tunnuksissa, eikä metsänomistajankaan mukaan puustoa ole hoidettu poikkeuksellisesti tai eri tavalla eri korkeuksissa.

6.3 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Tutkimuksen tuloksia tulisi tulkita huolellisesti ja ottaa huomioon kaikki mahdolliset rajoitukset. Tutkimus on askel kohti ymmärrystä, mutta jatkotutkimuksia tarvitaan ennen kuin voimme tehdä laajoja johtopäätöksiä. Lumituhojen esiintyvyyden selvittäminen maastonkorkeuden mukaan vaatisi laajemmalle alalle kohdistuneen ja suuremman otannan tutkimuksen, missä otetaan huomioon maastonkorkeuden mahdollinen vaikutus ja tuhojen määrään. Tutkimusta voisi rajata esimerkiksi maakunnittain, mikä mahdollistaisi saatujen tulosten vertailun eri maakuntien kesken.

Laajemman otannan omaava tutkimus voisi tarjota arvokasta tietoa metsätilojen arvon määrittämiseen. Tällainen tutkimus mahdollistaisi rahallisten tappioiden ennustamisen kuviokohtaisesti, mikä olisi hyödyllistä erityisesti ostohetkellä. Metsätilan arvoon vaikuttavat monet tekijät, ja tarkempi tieto tappioista auttaisi tehostamaan päätöksentekoa.

Vaikka tutkimus tarjoaa pohjan puuston tunnusten vertailuun lumituhon kärsineiden ja ehjien puiden välillä, olisi tulevaisuudessa hyödyllistä tehdä laajempia tutkimuksia isommalla otannalla eri maastonkorkeuksilla ja eri alueilla. Tuleviin tutkimuksiin olisi myös hyvä sisällyttää eri metsäkohteita, kuten kasvatusmänniköitä ja koivikoita, sekä eri-ikäisrakenteisia ja sekametsiä. Näin saataisiin monipuolisempaa tietoa ja vahvempaa näyttöä puuston arvon ja lumituhon yhteyksistä.

Jatkotutkimustarpeita on lumituhojen esiintyvyyksien selvittämisessä eri maastonkorkeuksilla laajemmalla otannalla ja eri puulajien kesken, puuston rahallisen arvon määrittämisessä maastonkorkeuden mukaan, sekä metsätuhopuiden tunnusten vertailussa ehjien puiden välillä.

Lähteet

- Finlex 2015. Kestävän metsätalouden määräaikainen rahoituslaki. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150034>. 13.11.2023.
- Ilmatieteenlaitos. 2023. Tykky- eli tykkylumi. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tykky-eli-tykkylumi>. 13.11.2023.
- Kangas, A, Päivinen, R. Holopainen, M. Maltamo, M. 2003. Silva Carelica 40. Metsän mittaus ja kartoitus. Joensuu. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta.
- Koillissanomat. 2018. ”Niin kuin olisi satumaassa” Oksille kertynyt tykkylumi saa näyttämään puut kynttiläkuusilta Riisitunturilla. <https://www.koillissanomat.fi/niin-kuin-olisi-satumaassa-oksille-kertynyt-tykkyl/4352>. 06.11.2023.
- Luonnonvarakeskus. 2019. Metsätuhot vuonna 2018. s.31. 13.11.2023.
- Luonnonvarakeskus. 2022. Metsätuhot vuonna 2021. s.78–80. 13.11.2023.
- Luonnonvarakeskus. 2024. Lumilaser. <https://www.luke.fi/fi/projektit/lumilaser>. 16.2.2024
- Luonnonvarakeskus.2023. Metsäinfo. Lumi. <https://metsainfo.luke.fi/fi/cms/opas/tuhonaiheuttajaluettelo/lumi>. 2023. Viitattu 21.11.2023.
- Luonnonvarakeskus. 2023. Tuhot alentavat metsänomistajien kantorahatuloja yli 100 miljoonaa euroa vuodessa. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/tuhot-alentavat-metsanomistajien-kantorahatuloja-yli-100-miljoonaa-euroa-vuodessa-lisaa-tutkimustietoa-tarvitaan>. 13.11.2023.
- Luonnonvarakeskus. 2024. Lumilaser. <https://www.luke.fi/fi/projektit/lumilaser>. 16.2.2024
- Luontoon. 2023. Lumivyöryt. <https://www.luontoon.fi/retkeilynabc/turvallisuus/ennakoijavalta/lumivyoryt>. 13.11.2023.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2014. Maa- ja metsätalousministeriön varautumissuunnitelma metsätuhoihin. s.4. 21.11.2023
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2023. Laserkeilausavusteinen lumituhon kartoitus ja niitä seuraavien hyönteistuhon LumiLaser–hanke ja sen tulokset. s.1–4. 16.2.2024
- Metsäkeskus. 2023. Metsää koskevia säädöksiä. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsan-kaytto-ja-omistus/oikeudet-ja-velvollisuudet/metsaa-koskevia-saadoksia>. 13.11.2023.
- Metsänhoidonsuosituksset. 2023. Lumituhon torjunta <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/lumituhon-torjunta>. 13.11.2023.
- MetsänhoidonABC. 2013. Puun iänmääritys. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Ddge-0mtCUM>. 23.1.2024.
- Metsäkeskus. 2018. Ohje metsäalan toimijoille: Metsä- ja metsätuholain soveltaminen tykkytuhoalueiden puunkorjuussa. s.1–4. 13.11.2023.
- Metsälehti. 2019. Lukijoiden kuvat. <https://www.metsalehti.fi/lukijoiden-kuvat/lumituhon-2019/>. 13.11.2023.
- Taanila, A. 2019. Kahden riippumattoman otoksen vertailu. Akin menettämöblogi. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/02/10/kahden-riippumattoman-otoksen-vertailu/>. 25.1.2024

- Taanila, A. 2019. Kahden riippuvan otoksen vertailu. Akin menetelmäblogi. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/02/14/kahden-riippuvan-otoksen-vertailu/>. 25.1.2024
- Taanila, A. 2022. Korrelaatio. Akin menetelmäblogi. <https://tilastoapu.wordpress.com/korrelaatio/>. 25.1.2024
- Taanila, A. 2022. Korrelaatio ja sen merkitsevyys. Akin menetelmäblogi. <https://tilastoapu.wordpress.com/2011/11/01/10-korrelaatio-ja-sen-merkitsevyys/>. 25.1.2024
- Tapion taskukirja. 2018. Latvia. Metsäkustannus.
- Uotila, A., Kasanen, R. Heliövaara, K. 2015. Metsätuhot. Metsäkustannus.
- UPM Metsä. 2023. Mitä tehdä, jos lumituhot yllättävät? Tarkasta lumituhot metsästäsi näillä vinkeillä! <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/artikkelit/tarkasta-lumituhot/>. 6.3.2024.
- Yle. 2019. Valtava lumimäärä tekee suurta tuhoa – puiden lumikuormat katkovat puita kuin tulitikkuja. <https://yle.fi/a/3-10637100>. 23.1.2024.