



HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUS-METSÄTIETEELLINEN TIEDEKUNTA

Lahopuun määrään ja laatuun vaikuttavat tekijät Helsingin kaupunkimetsissä

Tiina Saalasti
Maisterin tutkielma
Helsingin yliopisto
Metsätieteen maisteriohjelma
Metsien ekologia ja käyttö
Maaliskuu 2023

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos/Institution– Department Metsätieteiden osasto, metsätieteiden maisteriohjelma	
Tekijä/Författare – Author Tiina Saalasti			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Lahopuun määrään ja laatuun vaikuttavat tekijät Helsingin kaupunkimetsissä			
Oppiaine /Läroämne – Subject Metsien ekologia ja käyttö			
Työn laji/Arbetets art – Level Maisterintutkielma		Aika/Datum – Month and year Maaliskuu 2023	
		Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 54 s.	
<p>Tiivistelmä/Referat – Abstract</p> <p>Metsien intensiivinen hoito on johtanut lahopuun määrän vähenemiseen ja sen myötä monien lahopuusta riippuvaisten lajien uhanalaistumiseen. Talousmetsien lahopuun määrä on vähentynyt noin kymmenes- jopa sadasosaan luonnonmetsien lahopuun määrästä. Toisin kuin talousmetsien, kaupunkimetsien hoidon tavoitteena ei ole puuntuotos. Hoidon tavoitteena on tarjota ensisijaisesti kaupungin asukkaalle virkistyspalveluita ja ylläpitää maisemaa ja kaupunkikuvaa, jolloin metsien hoito on intensiteetiltään kevyttä. Kaupunkimetsistä on myös löydetty harvinaisten ja/tai uhanalaisten lajien esiintymiä ja viime aikoina myös kaupunkiluonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen on kiinnitetty huomiota muun muassa jättämällä enemmän lahopuuta kaupunkimetsiin. Kaupunkimetsien monimuotoisuutta on alettu myös tutkia viime vuosina, mutta tutkimuksia lahopuun määrästä kaupunkimetsissä on vähän.</p> <p>Tämän työn tavoitteena oli selvittää lahopuun määrään ja laatuun vaikuttavia tekijöitä Helsingin kaupunkimetsissä. Lahopuun määrää ja laatua tutkittiin maastoinventoinnilla, joka toteutettiin vuonna 2021. Inventoinnissa mitattiin lahopuita kolmenlaisilta koealoilta: kokonaan inventoiduilta metsänhoitokuvioilta, kaistakoealoilta ja linjakoealoilta. Lahopuiden tilavuusmittojen lisäksi niistä kirjattiin tiedot puulajista, puun ilmiästä sekä puun lahoasteesta. Näin saatiin tietoa määrän lisäksi myös lahopuun laadusta, joka on tärkeä monimuotoisuuden mittari. Tilastollisen analyysin avulla pyrittiin selvittämään, vaikuttaako metsikön hoitoluokka, ikä, ravinteisuus tai elävän puuston pääpuulaji lahopuun määrään ja laatuun.</p> <p>Maastoinventoinnin tulosten perusteella Helsingin kaupunkimetsissä on lahopuuta keskimäärin 14 m³/ha. Arvometsiksi luokitelluilla metsäkuviolla oli keskimäärin vähintään kaksinkertainen määrä lahopuuta muiden hoitoluokkien metsiin verrattuna. Sen sijaan kasvupaikan ravinteisuudella tai metsän iällä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta lahopuun määrään. Kuusivaltaisissa metsissä lahopuuta oli enemmän kuin mänty- tai rauduskoivuvaltaisissa metsissä. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että lahopuun määrä oli suurin alueilla, jotka on monimuotoisuusarvojen perusteella määritellyt arvometsäkohteiksi ja joilla metsien hoito on sen vuoksi jätetty hyvin vähäiseksi. Hoidetuilla metsäalueilla lahopuuta oli vähemmän. Tulos on yhdenmukainen kahden aikaisemmin aiheesta tehdyn tutkimuksen kanssa.</p> <p>Helsingin kaupunkimetsien lahopuu on laadullisesti monimuotoista: lahopuu koostuu useista eri puulajeista ja lahoasteista. Lahopuuta on sekä pysty- että maapuina. Suurin osa lahopuusta oli lehtilahopuuta, mutta havupuiden, erityisesti mäntyjen osuus oli suurempi karumilla kasvupaikoilla ja mäntyvaltaisissa metsissä. Lahopuun lajisto mukaili elävän puuston puulajijakaumaa. Lahopuusta suurin osa oli hyvin vähän lahonnutta puuta. Pitkälle lahonnutta puuta oli noin kolmasosa mitatuista lahopuista. Lahopuiden keskiläpimitta oli 20 cm. Puolet mitatuista lahopuista oli läpimitaltaan alle 17 cm eli melko pieniläpimittaisia.</p> <p>Lahopuun määrä Helsingin kaupunkimetsissä on suurempi kuin Suomen talousmetsien keskimääräinen lahopuun määrä. Lahopuu on myös laadullisesti monimuotoisempaa kuin talousmetsissä. Lahopuusta riippuvaisen eliöstön elinolosuhteet voivat olla kaupunkimetsissä paremmat kuin talousmetsissä. Lahopuuta on kuitenkin kaupunkimetsissä vain korkeintaan neljäsosa luonnonmetsien lahopuun määrästä. Määrä on myös riittämätön turvaamaan useimpien lahopuista riippuvaisten lajien selviytymistä. Tutkimusten mukaan lahopuuta tulisi olla borealisissa metsissä vähintään 20–30 m³/ha, jotta useimpien lahopuusta riippuvaisten lajien säilyminen voitaisiin turvata. Kaupunkimetsissä on myös yksittäisiä alueita, joilla lahopuun määrä saavuttaa tai jopa ylittää edellä mainitun suosituksen. Näitä kohteita tulisi kuitenkin lisätä ja olemassa olevaa lahopuuta tulisi vaalia ja lisätä myös muilla alueilla. Kaupunkimetsien lahopuumäärää voidaan helposti lisätä jättämällä metsään kaikki luontaisesti syntynyt kuollut puu. Nopeampaa lisäystä tavoitellessa lahopuuta voidaan myös luoda kaatamalla esimerkiksi ikääntyneitä ja vaaralliseksi katsottuja eläviä puita maapuiksi. Kaupunkimetsien lahopuuston hoidossa tulee ottaa huomioon asukkaiden ja metsien käyttäjien turvallisuus ja toisaalta myös maisemalliset tekijät.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Lahopuu, kaupunkimetsät, monimuotoisuus			
Ohjaajat – Handledare – Supervisors Pasi Puttonen, Tiina Saukkonen			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto – Helda / E-thesis (opinnäytteet) ethesis.helsinki.fi			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisällys

1. JOHDANTO	5
1.1 Työn tausta.....	5
1.2 Lahopuun ekologiaa	7
1.3 Kaupunkimetsien erityispiirteitä	10
1.4 Tutkimusongelma	11
1.5 Tutkimuksen tavoitteet	12
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	14
2.1 Tutkimusalue	14
2.2 Aineiston keräys.....	15
2.3 Aineiston analyysi.....	20
3. TULOKSET	22
3.1 Inventointiaineisto	22
3.2 Lahopuun määrä	23
3.3 Lahopuun laatu.....	29
4. TULOSTEN TARKASTELU	36
4.1 Tulosten edustavuus	36
4.2 Lahopuun määrä	37
4.3 Lahopuun laatu.....	40
4.4 Lahopuu ja luonnon monimuotoisuus	41
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	44
LÄHTEET	45
Liite 1 Lahopuun määrä ja laatu hoitoluokittain	51
Liite 2 Lahopuun määrä ja laatu kasvupaikoittain.....	52
Liite 3 Lahopuun määrä ja laatu pääpuulajeittain	53
Liite 4 Lahopuun määrä ja laatu kehitysluokittain	54

ESIPUHE

Kiitos Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön toimialan puisto- ja viheraluesuunnittelun yksikölle mahdollisuudesta käyttää lahopuuinventoinnin aineistoa tässä tutkielmassa. Kiitos myös mielenkiintoisesta harjoittelupaikasta lahopuuinventoinnin maastotyön parissa. Haluan kiittää erityisesti ohjaajiani Tiina Saukkosta ja Pasi Puttosta tutkielman ohjaamisesta ja kannustuksesta työn loppuun saattamiseksi. Maastotyön ohjaamisessa Markus Holstein ja Juha Siitonen olivat suureksi avuksi. Kiitos myös Konstalle maastotyöparinani toimimisesta.

Porvoossa maaliskuussa 2023

Tiina Saalasti

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen on globaali ilmiö, joka uhkaa muun muassa ruoantuotantoa, heikentää elinympäristöjen kykyä sopeutua ilmastonmuutokseen ja tuottaa elintärkeitä ekosysteemipalveluita kuten puhdasta vettä ja muita raaka-aineita, eroosion torjuntaa tai kulttuurista hyvinvointia (Brondízio ym. 2019). Monimuotoisuuden kadon pysäyttämiseksi on käynnissä useita globaaleja (YK 1992, Convention on Biological diversity), alueellisia kuten EU:n biodiversiteettistrategia (European commission 2021) ja kansallisia hankkeita, esimerkiksi Ympäristöministeriön Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön toimintaohjelma (Ympäristöministeriö 2012). Näihin sopimuksiin myös Suomi on sitoutunut. Esimerkiksi EU:n biodiversiteettistrategiassa (European commission 2021) tavoitteena on suojella ja ennallistaa merkittävä osa maa- ja vesialueista EU:n alueella.

Metsäluonnon monimuotoisuus on heikentynyt ja metsälajien uhanalaisuus on lisääntynyt voimakkaan metsienkäytön vuoksi (Hyvärinen ym. 2019). Intensiivisen metsänhoidon seurauksena vanhojen ja luonnontilaisten metsien määrä on vähentynyt (Korhonen ym. 2020 A). Lisäksi monimuotoisuuden kannalta tärkeät rakennepiirteet, kuten puuston monilajisuus, vanhat puuyksilöt sekä lahoppuun määrä ovat vähentyneet merkittävästi (Korhonen ym. 2020 A). Metsäluonnon monimuotoisuuden kadon tärkeä indikaattori on uhanalaisten metsälajien määrä. Jopa lähes kolmasosa kaikista uhanalaisista lajeista Suomessa (2667 uhanalaista lajia) elää metsissä ja 733 lajin uhanalaisuuden tai kannan heikentymisen ensisijainen syy on muutos metsäelinympäristöissä (Hyvärinen ym. 2019). Lahoppuun, vanhojen metsien ja suurten puiden määrän väheneminen ovat merkittävimmät metsälajien uhanalaistumisen syyt Suomessa (Hyvärinen ym. 2019). Yksittäisten lajien lisäksi myös useimmat Suomen metsäluontotyypeistä ovat uhanalaisia (Kouki ym. 2018). Kuten metsälajien, myös metsäluontotyyppien uhanalaistumisen ensisijaisina syinä on lahoppuun määrän väheneminen sekä vanhojen metsien ja varttuneiden puuyksilöiden väheneminen (Kouki ym. 2018).

Kaupungistuminen on yksi metsäkadon ja metsälajien uhanalaisuuden syistä (Hyvärinen ym. 2019). Kaupunkien välittömässä läheisyydessä ja niiden alueella sijaitsevat metsät, eli kaupunkimetsät, ovatkin voimakkaan uhanalaistumispaineen alla. Metsien kaataminen asunto- ja yhdyskuntarakentamisen tieltä, eli maankäytön muutos, on kaupunkimetsissä yksi monimuotoisuuden vähenemisen syistä, sillä se hävittää lajien elinalueita ja supistaa olemassa

olevien elinympäristöjen kokoa. Kaupunkimetsien pirstoutuminen yhä pienemmiksi ja toisistaan yhä kauempana sijaitseviksi vaikeuttaa myös lajien mahdollisuuksia liikkua alueelta toiselle. Pirstoutuminen lisää myös reunavaikutusta, eli valo-, tuuli- ja lämpöolosuhteiden muutoksia metsän keskiosissa (Hamberg ja Löfström 2009). Kaupunkimetsiin kohdistuu myös suuri käyttäjäpaine. Ne ovat alttiita kulumiselle, vieraslajeille, ilman epäpuhtauksille ja typpilaskeumalle (Korhonen ym. 2020 B).

Helsingin kaupungissa kaupunkiluonnon monimuotoisuuden heikkenemisen uhka on otettu huomioon ja monimuotoisuuden turvaamiseksi on laadittu Luonnon monimuotoisuuden turvaamisen toimintaohjelma, eli LUMO-ohjelma (Helsingin luonnon... 2010 ja 2021). Toimintaohjelman tavoitteena on turvata monimuotoisuuden säilyminen kaupungin omistamilla alueilla muun muassa turvaamalla ekologiaa verkostoja, vakiintunutta lajistoa, metsien ja soiden luontaisia piirteitä, vesialueiden luontaista tilaa ja kulttuuriympäristöjen monimuotoisuutta (Helsingin luonnon... 2010 ja 2021). Toimintaohjelmassa myös korostetaan sitä, että uhkiin varautumisessa tarvitaan ajantasaista tutkittua tietoa luonnon monimuotoisuuden tilasta. Monimuotoisuutta on pyritty määrätietoisesti lisäämään ja säilyttämään myös luonnonhoidon linjauksella (Saukkonen 2011), joka ohjaa muun muassa jättämään lahopuuta ja tiheikköjä, sekä suosimaan metsänhoidossa jatkuvaa kasvatusta ja kotimaisia puulajeja. Tuoreen Helsingin kaupungin tarkastuslautakunnan arviointikertomuksen (2021) mukaan Helsingin kaupunki on onnistunut lisäämään ja säilyttämään luonnon monimuotoisuutta metsissään.

Lahopuun määrän selvittäminen Helsingin kaupunkimetsissä oli kirjattuna jo ensimmäisen LUMO-ohjelman tavoitteeksi (Helsingin luonnon... 2010). Myös uusimmassa LUMO-ohjelmassa (Helsingin luonnon... 2021) tavoitteeksi ja toimenpiteeksi on asetettu lahopuun määrän selvittäminen. LUMO 2021–2028-toimintaohjelmassa tavoitteena on myös määritellä mitatun lahopuumäärän avulla suositukset lahopuun määristä erilaisilla metsäalueilla. Tämä tutkimus pohjautuu LUMO-ohjelman toimenpiteiden yhteydessä Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön toimialan puisto- ja viheraluesuunnitteluyksikön kesällä 2021 teettämään lahopuumäärien inventointiin. Kerättyä mittaustietoa käytetään tämän tutkielman aineistona.

1.2 Lahopuun ekologiaa

Lahopuu on metsäluonnon monimuotoisuuden tärkeä tekijä sekä metsän luonnontilaisuuden indikaattori (Siitonen 2001, Kunttu ym. 2015). Lahopuulla eläviä ja lahopuusta riippuvaisia lajeja, eli saproksoylilajeja, on vähintään 4000 kappaletta (Siitonen 2001). Suurin osa lahopuusta riippuvaisista lajeista on sieni-, kääpä- ja hyönteislajeja (Stokland ym. 2012). Myös monet epifyytiset sammaleet ja jäkälät elävät kuolleen puun pinnalla. Kuolleet puut ja sisältä lahonneet kolopuut tarjoavat myös pesimä- ja piilopaikkoja monille kolopesijöille, kuten linnuille ja nisäkkäille. Lisäksi lahopuulla elää satoja uhanalaisia lajeja (Siitonen 2001). Maalahopuulla on tärkeä asema puiden taimien kasvualustana ja siten metsän uudistumisen mahdollistajana (Siitonen 2001).

Lahottajasienet (pääasiassa kantasienet, Basidiomycota) muodostavat lahopuusta riippuvaisen ravintoverkon tärkeimmän osan (Stokland ym. 2012). Selluloosasta, ligniinistä ja hemiselluloosasta pääosin koostuva puuainekas on heikosti hajoavaa ja ravitsemuksellisesti vaikeasti hyödynnettävää (Stokland ym. 2012). Jotta puuainekasen sisältämät ravinteet voivat tulla hyödynnetyksi muille organismeille, täytyy lahottajasienten ensin aloittaa soluseinien hajottaminen pienemmiksi partikkeleiksi (Stokland ym. 2012). Lahottaminen tapahtuu sienirihmaston erittämien entsyymien avulla, jotka hajottavat puun soluseiniä (Stokland ym. 2012). Lahottajasienet ovat myös itsessään monien lajien ravinnon lähde (Stokland ym. 2012).

Lahopuulla elävä hyönteislajisto on moninainen (Siitonen 2001, Stokland ym. 2012). Eri hyönteislajit kolonisoivat kuolleen puun sen lahoamisen eri vaiheissa. Myös lahottajasienten lajisto voi vaikuttaa puussa elävän hyönteislajiston koostumukseen (Stokland ym. 2012). Puun kuollessa sen valtaavat ensimmäisenä kaarnakuoriaiset (*Scolytidae*), eräät kärsäkkäät (*Curculionidae*) ja jäävät (*Cerambycidae*) (Siitonen 2001). Nämä lajit käyttävät ravintonaan tuoretta nilaa tai puussa eläviä sienirihmastoja (Stokland ym. 2012). Kuoleva puu on niille myös tärkeä lisääntymisympäristö ja niiden toukat kehittyvät kaarnan alla tai puuaineksessa. Nämä lajit myös houkuttelevat paikalle erilaisia loisia ja petoja (Kenis ym. 2004). Myöhemmässä lahosukcession vaiheessa puuhun alkaa kertyä pidemmälle lahonnutta puuta ja erilaisia lahottajasieniä hyödyntävää lajistoa (Stokland ym. 2012). Sillä, miten puu kuolee, on suuri vaikutus lahopuuta hyödyntävän lajiston koostumukseen kyseisellä puulla (Stokland ym. 2012).

Lahopuuta syntyy luontaisesti puiden kuoltua kilpailun ja vanhenemisen seurauksena (esim. Stokland ym. 2012). Puiden kilpailu valosta, ravinteista ja tilasta johtaa väistämättä

heikompien kilpailijoiden heikentymiseen ja kuolemaan (Kuuluvainen 1994). Vanhenevat puut sen sijaan menettävät hitaasti kykyään kasvaa ja yhteyttää ja sitä kautta niiden kyky puolustautua ulkoisia uhkia, kuten sienitauteja ja hyönteisiä vastaan heikkenee. Lahopuulla elävistä sieni- ja hyönteislajeista osa on merkittäviä puiden kuolleisuutta aiheuttavia patogeenejä (kuten juurikäyvät (*Heterobasidion* spp.) ja tuholaisia (esimerkiksi kirjanpainaja (*Ips typographus*, L.)). Lahopuuta syntyy myös luonnontuhojen, kuten myrsky- ja tuulituhojen, tulvien, kuivuuden, metsäpalojen tai lumituhojen seurauksena. Erilaiset ulkoisista tekijöistä johtuvat syyt, kuten edellä mainitut tuuli- myrsky- ja lumituhot, hyönteistuhot, sienitaudit ja metsäpalot, ovat vanhojen puiden ja metsien merkittävimmät kuolleisuutta aiheuttavat tekijät (Kuuluvainen 1994). Nuorissa metsissä sen sijaan kilpailu aiheuttaa suurimman osan puiden kuolleisuudesta (Kuuluvainen 1994). Lahopuuta syntyy metsiin usein hyvin sattumanvaraisesti niin ajallisesti kuin määrällisestikin. Yksittäisten puiden kuolemat tuottavat pieniä määriä hajanaisesti, kun taas suuret luonnontuhot voivat synnyttää suuren määrän lahopuuta yhteen paikkaan hyvin nopeasti.

Luonnonmetsissä sekä vanhoissa metsissä lahopuun määrä on yleensä runsas, noin 60–120 m³ hehtaaria kohden Fennoskandian eteläisissä osissa (Siitonen 2001). Luonnonmetsillä tarkoitetaan usein metsiä, jotka vastaavat rakenteeltaan, lajistoltaan ja/tai prosesseiltaan metsiä, jotka ovat säästyneet ihmistoiminnan vaikutuksilta, kuten hakkuilta ja kulotuksilta (Brümelis ym. 2011). Pohjoisemmissa osissa Fennoskandiaa määrä on keskimäärin hieman pienempi, n. 50–80 m³/ha (Siitonen 2001). Lahopuun määrä on yhteydessä metsikön ravinteikkuuden ja lämpösumman kanssa, sillä korkeamman puuntuotoskyvyn metsiköissä myös elävän puuston määrä on suurempi (Siitonen 2001). Toisaalta lahopuun suhteellinen osuus koko puuston määrästä on sama sekä etelä- että pohjoisosissa Fennoskandiaa (Siitonen 2001). Luonnonmetsissä lahopuusta suurin osa on maalahopuuta, kun taas pystyssä olevaa lahopuuta on vähemmän (Siitonen ym. 2000, Siitonen 2001). Lahopuun tilavuudesta suurin osa on 20–40 cm läpimittaisia kappaleita (Siitonen ym. 2000). Lisäksi vanhoissa metsissä on useita eri lajeja kuollutta puuta (Siitonen ym. 2000).

Pohjoismaiden talousmetsissä olevan lahopuun määrä on huomattavasti alhaisempi kuin vanhoissa metsissä, vain muutamia kuutiometrejä (1,2–6,1 m³) hehtaaria kohden (Siitonen 2001, Vaahtera ym. 2021). Vanhoissa ja yli-ikäisissä talousmetsissä lahopuun määrä voi olla kaksinkertainen, kuten Siitosen ym. (2000) tekemä tutkimus Etelä-Suomen kuusimetsistä osoittaa. Valtakunnan metsien inventointien (VMI) mukaan lahopuun määrä Etelä-Suomen metsissä on kasvanut vuoden 1999 jälkeen ollen viimeisimmässä mittauksessa (VMI13) 4,8

m³/ha (Korhonen ym. 2020 A, Luonnonvarakeskus 2022). Monimuotoisuuden kannalta määrä on kuitenkin riittämätön (Müller ja Büttler 2010). Talousmetsissä suurin osa lahoppuusta koostuu hakkuutähteistä, hakkuukannoista ja pieneltä osin myös maalahoppuurungoista (Siitonen ym. 2000). Erityisesti suuriläpimittaisen lahoppuun määrä talousmetsissä on vähentynyt (Siitonen 2001). Toisin kuin luonnonmetsissä, talousmetsissä lahoppuuta on enemmän pohjoisissa osissa Suomea ja Ruotsia kuin eteläisissä osissa (Siitonen 2001). Lisäksi lahoppuun määrä on suurempi vanhoissa metsissä kuin nuorissa metsissä (Siitonen 2001).

Talousmetsissä erityisesti kuusi- ja mäntylahoppuun määrä on usein vähäinen erityisesti siksi, että metsiä hoidetaan aktiivisesti ja siten heikoimmat puuyksilöt kaadetaan harvennusten ja hakkuiden yhteydessä. Näin kuollutta puuta ei pääse syntymään luontaisesti. Tuuli- ja lumituhojen aiheuttamat kuolleet puut sen sijaan pyritään kuljettamaan metsistä mahdollisimman nopeasti pois, sillä runsas määrä tuoretta kuollutta havupuuta saattaa altistaa metsät hyönteistuhoilille. Laki metsätuhojen torjunnasta (1087/2013) velvoittaa metsänomistajaa poistamaan hiljattain kuolleet tai kaatuneet havupuut metsästä, mikäli niiden määrä ylittää 10 m³ kuusipuuta tai 20 m³ mäntypuuta hehtaaria kohden. Talousmetsissä lahoppuuta myös tuhoutuu metsänhoidon, kuten maanmuokkauksen yhteydessä, kun painavat metsäkoneet rikkovat lahoppuuta pieniksi palasiksi (Hautala ym. 2004, Rabinowitsch-Jokinen ja Vanha-Majamaa 2010). Lisäksi lahoppuuta, sekä toisaalta myös hakkuutähteitä ja -kantoja voidaan kerätä energiapuuksi hakkuiden yhteydessä, mikä edelleen vähentää kuolleen puun määrää metsissä (Rabinowitsch-Jokinen ja Vanha-Majamaa 2010). Talousmetsissä lahoppuun määrää pyritään lisäämään jättämällä hakkuiden yhteydessä säästöpuuta, sekä eläviä että kuolleita sekä jättämällä olemassa oleva lahoppu korjaamatta (Äijälä ym. 2014). Lahoppuuta voidaan myös lisätä jättämällä hakkuiden yhteydessä korkeita kantoja tai tekopökkelöitä (Äijälä ym. 2014). Jotta jo olemassa oleva lahoppu ei tuhoutuisi metsätöiden yhteydessä, työkonoiden kuljettajien tulisi kiertää maassa makaavat rungot (Saaristo ja Pasanen 2018).

Lahoppuun määrän lisäksi lahoppuudiversiteetillä (Stokland ym. 2012) sekä lahoppuun kappalemäärällä (Hottola ym. 2009) on merkittävä vaikutus lahoppuulla elävän lajiston monimuotoisuuteen. Lahoppuudiversiteetillä tarkoitetaan eri lahoamisasteessa olevien puiden määrää, lahoppuun jakautumista erilaisiin ilmasuihin, kuten pysty- ja maalahoppuuhun, eri läpimittaisten lahoppuiden määrää sekä eri puolajien muodostamaa lahoppuiden monimuotoisuutta (Kunttu ym. 2015). Lahoppuudiversiteettiä kuvaavan diversiteetti-indeksin (Siitonen ym. 2000, Kunttu ym. 2015) avulla voidaan arvioida metsikön luonnontilaisuutta (Kunttu ym. 2015). Suuriläpimittaisella (yli 30 cm) lahoppuulla on tärkeämpi merkitys

monimuotoisuudelle kuin pieniläpimittaisella (alle 10 cm) lahoppuulla (Siitonen 2001). Lisäksi pysty- ja maalahoppuilla on erilaiset lajistonsa. Esimerkiksi pystyyn kuolleet puut voivat olla kolopesijöille tärkeitä, kun taas maalahoppuilla elävät kosteaa mikroilmastoa vaativat sammal- ja jäkälälajit. Myös eri lahosukcession vaiheissa olevilla lahoppuilla elää oma lajistonsa (Stokland ym. 2012).

1.3 Kaupunkimetsien erityispiirteitä

Korhosen ym. (2020 B) ja Crocin ym. (2008) mukaan kaupunkimetsät saattavat olla paikallisesti tärkeitä monimuotoisuuskeskittymiä. Korhonen ym. (2020 B) perustavat väitteensä sille, että kaupunkimetsien hoito on usein intensiteetiltään kevyempää kuin talousmetsien hoito. Heidän mukaansa myös kaupunkimetsien pitkä historia ja jatkuvuus ovat luoneet hyvät olosuhteet vanhojen puuyksilöiden säilymiselle. Korhosen ym. (2020 B) tutkimustulokset elävän puuston kokojakaumasta sekä lahoppuun määrästä satunnaisissa kaupunkimetsissä ja talousmetsissä tukevat tätä väitettä. Kaupunkimetsissä elävän puuston kokojakauma ja lajikoostumus oli monimuotoisempi, suurikokoisia yksittäisiä puita oli enemmän sekä lahoppuun määrä oli suurempi kaupunkimetsissä kuin tavanomaisissa talousmetsissä (Korhonen ym. 2020 B). Myös Alvey (2006) nostaa artikkelissaan esille useita tutkimuksia, joissa todetaan kaupunkimetsien olevan usein jopa monimuotoisempia kuin ympäröivän maaseudun metsäalueet. Kaupunkimetsien merkitys monimuotoisuudelle myös kasvaa kaupungistumisen ja sitä kautta kaupunkimetsien määrän lisääntyessä (Alvey 2006).

Kaupunkimetsien hoidon päätavoitteena on tukea niiden virkistysarvoja kaupunkilaisille, jolloin hoidolla tavoitellaan usein metsien elinvoimaisuutta ja turvallisuutta käyttämällä jatkuvapuiteisyyttä. Kaupunkimetsien hoidolla pyritään myös ylläpitämään metsän monimuotoisuutta, kuten esimerkiksi Helsingin (Saukkonen 2011), Vantaan (Ervasti ja Holstein 2017), Lahden (Miettinen 2014) ja Joensuun (Joensuun kaupungin 2018) kaupunkien metsien hoitolinjauksiin on selvästi kirjattu. Useimmiten kaupunkien taajamametsien hoidolla ei ole taloudellisia tuottotavoitteita ja metsiä hoidetaan jatkuvapuiteisenä. Uudistamiskeinoina ovat mm. pienaukkohakkuut ja erilaiset harvennukset, joissa luodaan tilaa ja lisätään valoa luontaisesti syntyneille taimille. Monien kaupunkien metsäalueilla on myös esimerkiksi arvokkaita elinympäristöjä, uhanalaisten lajien esiintymiä sekä muita luonnon monimuotoisuuskohteita, jotka jätetään hoitotoimien ulkopuolelle.

Esimerkiksi Helsingin ja Vantaan kaupunkien metsien hoitolinjauksissa on myös tavoitteita säilyttää ja lisätä aktiivisesti lahoppuun määrää kaupungin metsäalueilla (Saukkonen ym. 2013, Ervasti ja Holstein 2017). Kaupunkien ohjeissa lahoppuuta jätetään metsään paikkoihin, joissa siitä ei ole vaaraa tai kulkua estävää haittaa (Saukkonen ym. 2013, Ervasti ja Holstein 2017). Pystyyn kuolleet puut voidaan kaataa maapuiksi vaarojen vähentämiseksi ja maahan kaatuneita puita voidaan karsia esteettisen näkymän parantamiseksi ja kulkemisen helpottamiseksi. Maalahoppuuta voidaan käyttää myös kulkemisen ohjaamiseen pois herkiltä kohteilta. Lisäksi esimerkiksi vanhan metsän alueita voidaan jättää metsänhoidon ulkopuolelle, jolloin lahoppuuta muodostuu puuston luontaisen kuoleamisen seurauksena. Hoidollisesti lahoppuuta voidaan lisätä esimerkiksi puiden kaadon yhteydessä tekemällä niistä tekopötkkelöitä ja jättämällä säästöpuita hakkuiden yhteydessä.

Asukkaiden mielipiteet lahoppuusta kaupunkien metsämaisemassa vaihtelevat (Tyrväinen ym. 2003, Hauru ym. 2014). Tutkimusten perusteella tiedetään, että Helsingissä ihmiset pitävät eniten hoidetun näköisistä metsistä (Tyrväinen ym. 2003). Pitkälle lahonneen vanhan lahoppuun katsotaan olevan epäsiistin näköistä ja vähentävän maiseman koherenssia (Hauru ym. 2014). Äskettäin kuolleet puut koettiin miellyttävämmäksi kuin vanhat ja lahonneet puunkappaleet (Hauru ym. 2014). Vastaajien taustatiedot, kuten koulutustuneisuus, ikä ja sukupuoli vaikuttivat siihen, kuinka hyväksyttävänä lahoppu nähtiin metsämaisemassa (Tyrväinen ym. 2003). Tarjoamalla tietoa lahoppuun tärkeydestä luonnon monimuotoisuudelle voidaan lisätä lahoppuun hyväksyttävyyttä metsämaisemassa (Tyrväinen ym. 2003, Hauru ym. 2014).

1.4 Tutkimusongelma

Kaupunkimetsien lahoppumääriä ei ole Suomessa juurikaan selvitetty. Korhonen ym. (2020 B) vertailivat tutkimuksessaan lahoppuun määrää Uudenmaan ja Hämeen alueen kaupunkimetsien, talousmetsien sekä vanhojen ja arvometsien välillä. Myös Kolu (2019) on tutkinut opinnäytetyössään lahoppumäärien eroja Lahden kaupungin hoidettujen ja hoitamattomien metsien välillä. Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksessa lahoppuun määrä oli kuusivaltaisissa yli 60-vuotiaissa tuoreen kankaan ja lehtomaisen kankaan kaupunkimetsissä noin 10 m³/ha (vaihteluväli 0–55 m³/ha). Arvokkailla kaupunkimetsäkohteilla oli saman tutkimuksen mukaan lahoppuuta 88 m³/ha. Korhosen ym. (2020 B) tutkimusartikkelissa ilmoitetut määrät ovat mediaanilukuja. Kolun (2019) tutkimuksessa hoidetuilla

kaupunkimetsäalueilla lahoppuuta oli keskimäärin 12 m³/ha, kun taas hoitamattomissa kaupunkimetsissä lahoppuun määrä oli keskimäärin 60 m³/ha ja luonnontilaisen kaltaisissa metsissä 72 m³/ha. Kolun (2019) tutkimuksessa luonnontilaiset metsät eivät edustaneet kaupunkimetsiä. Sekä Korhosen ym. (2020 B) että Kolun (2019) tutkimuksiin valittiin ainoastaan varttuneita kuusimetsiä, ja näin ollen tutkimukset eri ikäluokkien ja muiden pääpuulajien kaupunkimetsien lahoppumääristä Suomessa puuttuvat kokonaan.

Ulkomaisissa tutkimuksissa lahoppuun määrää on selvitetty ainakin Varsovan kaupunkimetsissä (Skwarek ja Bijak 2015), missä lahoppuuta oli tutkimuksen mukaan keskimäärin 13,7 m³/ha (vaihteluväli noin 4–33,5 m³/ha). Myös Ruotsissa on tehty paikkatietoaineistoon perustuva analyysi usean kaupungin kaupunkimetsien rakenteesta (Hedblom ja Söderström 2008). Hedblomin ja Söderströmin tutkimuksessa lahoppuun pohjapinta-ala oli kaupunkien keskustoissa sijaitsevilla metsissä keskimäärin 0,38 m²/ha, kaupunkien reuna-alueilla 1,06 m²/ha ja kaupunkien lähistöllä sijaitsevilla metsissä 1,11 m²/ha. Lahoppuun osuus kaikesta puustosta (elävä ja kuollut puu) oli keskimäärin 4 %. Kaupunkien keskustoissa lahoppuuta oli vähemmän kuin Ruotsin metsissä keskimäärin, mutta kaupunkien reunametsissä ja kaupunkien lähistöllä olevissa metsissä lahoppuuta oli keskimääräistä enemmän.

Tutkimuksissa ei ole selvitetty, eroavatko kaupunkimetsien eri hoitoluokkien (Taulukko 1) tai kasvupaikaltaan erilasten metsäkuvioiden lahoppuun määrä ja laatu toisistaan. Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksessa selvitettiin lahoppuun tilavuuksien eroja satunnaisissa kaupunkimetsissä ja arvokkaissa kaupunkimetsissä. Arvokkaat kaupunkimetsäkohteet Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksessa olivat alueita, jotka on todettu inventoinneissa monilajisiksi kääpakohteiksi ja joissa on myös havaintoja kääpälajeista, jotka indikoivat vanhan metsän rakennetta (Korhonen ym. 2020 B). Kolun (2019) tutkimus vertaili lahoppuun määrää ja diversiteettiä hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä, mutta tarkempaa vertailua esimerkiksi lähimetsien ja ulkoilumetsien (Taulukko 1) lahoppumäärien välillä ei ole tehty.

1.5 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää luonnon monimuotoisuudelle tärkeän lahoppuun määrä ja laatu Helsingin kaupunkimetsissä. Maastossa kerätyn aineiston perusteella laskettiin, kuinka paljon ja minkälaista lahoppuuta (puulajit, lahoaste, lahoppuun laatu) on erilaisilla metsäkuvioilla

keskimäärin. Lahopuun laatua kuvaillaan lahoasteen, puulajijakauman, maa- ja pystylahopuujakauman sekä läpimitaltaan eri kokoisten lahokuukappaleiden jakauman avulla. Tavoitteena on lisäksi selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat lahokuun määrään ja laatuun. Selittävinä tekijöinä ovat metsäkuvion hoitoluokka (Taulukko 1), kasvupaikan ravinteisuus (kuvion metsätyyppi), metsikön ikä sekä metsikön pääpuulaji.

Tämän tutkimuksen tutkimushypoteesit ovat seuraavat:

Hypoteesi 1: Kaupunkimetsissä on lahokuuta enemmän kuin talousmetsissä keskimäärin, mutta vähemmän kuin vanhoissa luonnonmetsissä.

Hypoteesi 2: Mitä ravinteikkaampi kasvupaikka ja iäkkäämpi puusto, sitä enemmän lahokuuta on.

Hypoteesi 3: Arvometsissä (Taulukko 1) lahokuuta on enemmän kuin muiden hoitoluokkien metsäkuvioilla.

Tämä tutkimus tuottaa myös tärkeää tietoa Helsingin kaupunkimetsien luonnon monimuotoisuudesta sekä tietoa luonnonhoidon vaikutuksesta lahokuun määrään. Tutkimuksessa tuotetun hoitoluokkakohtaisen lahokuumäärän avulla Helsingin kaupungin metsien hoidosta vastaavat voivat asettaa lahokuumäärän tavoitetasoja esimerkiksi eri hoitoluokkien metsäkuvioille. Tutkimus voidaan myös toistaa ajoittain, jotta lahokuun määrän kehittymistä ja lahokuun lisäämiseen tähtäävien toimien tehokkuutta voidaan seurata.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimusalue

Tutkimuksen kohteena oli Helsingin kaupungin alueella (kaupungin rajojen sisällä) sijaitsevat kaupunkimetsäalueet, jotka kaupungin suunnittelu- ja paikkatietojärjestelmissä on luokiteltu metsäksi. Helsingin kaupunkimetsien pinta-ala on 4 756 hehtaaria. Helsingin kaupungin metsät ovat metsätyypeiltään vaihtelevia, rehevistä lehdoista karuihin kallioalueisiin. Yleisimmät kasvupaikat ovat tuore- ja lehtomainen kangasmetsä. Myös lehtoja on runsaasti. Yleisimmät pääpuulajit ovat kuusi ja mänty, mutta usein metsät ovat sekametsiä. Tiedot ovat peräisin Helsingin kaupungin metsätietojärjestelmästä (Holstein 2022).

Kaupunkimetsät on Helsingissä jaettu kuvioittain hoitoluokkiin. Vuonna 2021 käytössä oli vielä niin sanottu vanha luokitus (Viheralueiden hoitoluokitus 2007), jossa taajamametsät kuuluvat hoitoluokkaan C, ja joka jaetaan edelleen alaluokkiin C1-C5 (Taulukko 1). Kullakin hoitoluokalla kuvataan kohteen käyttötarkoitusta, alueen yleispiirteitä, käyttöä ja hoidon tavoitteita (Saukkonen ym. 2013). Helsingin kaupungin alueella tai muissakaan kunnissa sijaitsevilla Helsingin kaupungin omistamilla metsäalueilla ei ole hoitoluokkaan C4 (talousmetsä) kuuluvia metsäkuvioita.

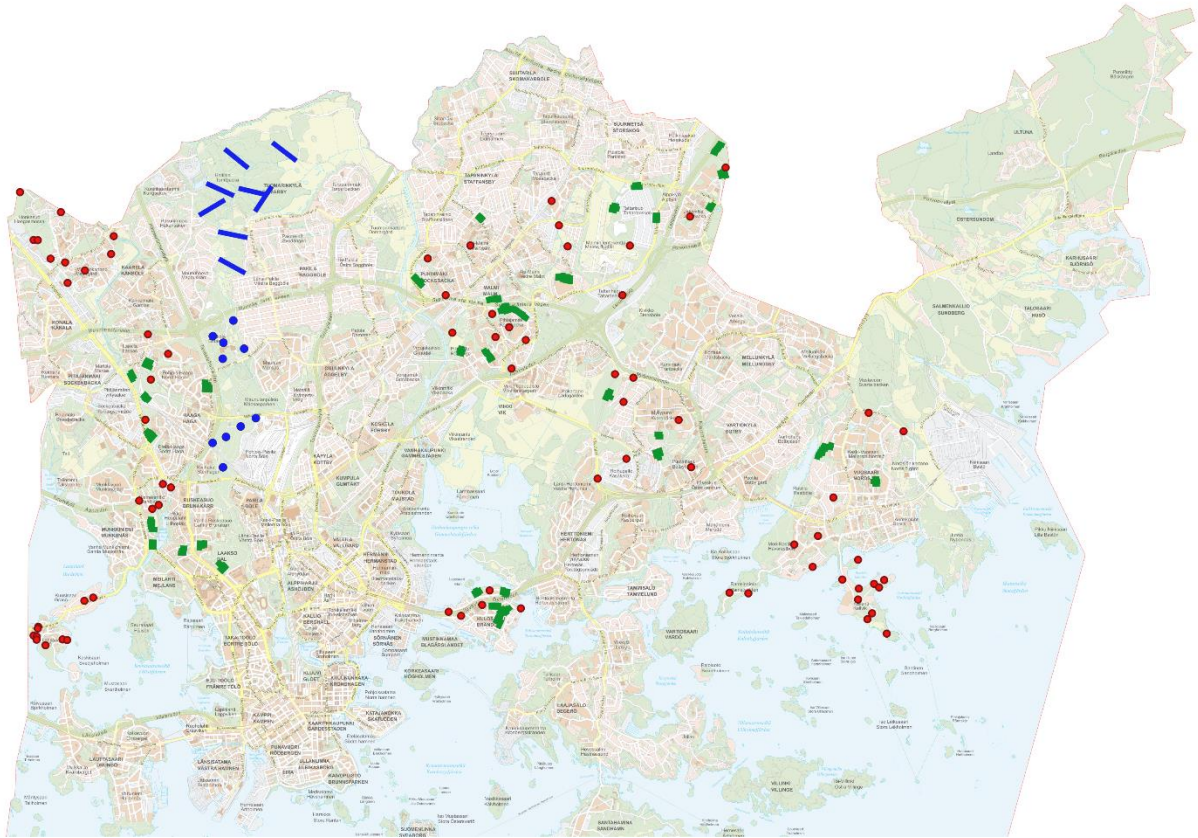
Helsingin kaupunkimetsien hoidon suunnittelua valmistellaan vuorovaikutuksessa asukkaiden ja asukasjärjestöjen kanssa (Saukkonen 2011). Metsien hoitoa ja metsien luonnonhoitoa ohjaavat Luonnonhoidon linjaus (Saukkonen 2011), Metsien luonnonhoidon työohje (Saukkonen ym. 2013) ja LUMO-ohjelma (Helsingin luonnon... 2021). Metsäluonnon monimuotoisuuden vaalimista sekä lahopuun jättämistä metsiin on suositeltu jo vuonna 1995 tehdyissä tavoitteissa metsäsuunnitelmaa 1995–2004 varten (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 1995). Toimia lahopuun määrän lisäämiseksi on siis tehty noin kahdenkymmenen vuoden ajan.

Taulukko 1. Taajamametsien hoitoluokat ja hoitoluokkien kuvaus. Kuvausten tiedot: Viheralueiden hoitoluokitus 2007 sekä Saukkonen ym. 2013

Hoitoluokka	Kuvaus
C1	Lähimetsä: Lähellä asutusta sijaitsevia metsiä, joihin kohdistuu runsaasti käyttöä ja kulutusta
C1.1	Puistometsä: Puistomaisesti hoidettu pienialainen metsäalue
C1.2	Lähivirkistymetsä: Asutuksen läheisyydessä, rakennettujen puistojen reunoilla tai ulkoilun ja liikunnan alueilla sijaitseva hoidettu pienialainen metsäalue
C2	Ulkoilu- ja virkistymetsä: Taajamassa tai sen ulkopuolella olevia laajempia metsäalueita, jotka on tarkoitettu ulkoiluun ja retkeilyyn
C2.1	Ulkoilumetsä: Pääosin hoidettu laajempi metsäalue, joka kytkeytyy taajamarakenteeseen. Kaavoitettu ulkoilu- ja virkistysalueiksi
C2.2	Retkeilymetsä: Sijaitsevat kaupunkialueen ulkopuolella
C3	Suojametsä: Asutuksen ja muun rakennetun ympäristön sekä erilaista häiriötä aiheuttavien toimintojen välissä sijaitsevia metsiä
C4	Talousmetsä: Talousmetsän hoito ja käyttö toteutetaan kestävän metsätalouden periaatteiden mukaisesti
C5	Arvometsä: Erityisen arvokas metsä maiseman, kulttuurin, luonnon monimuotoisuusarvojen tai muiden ominaispiirteiden vuoksi

2.2 Aineiston keräys

Tutkimuksen koealat (Kuva 1) sijaitsivat melko tasaisesti eri puolilla Helsinkiä. Koealavalintaan ei otettu kuitenkaan mukaan metsäalueita, jotka sijaitsivat Helsingin saaristossa, erittäin vähäpuustoisia kallioita (kitu- ja joutomaat), eikä hiljattain Helsinkiin liitetyn Östersundomin metsäalueita. Koealoja oli yhteensä 128. Ne oli arvottu niin, että sekä Itä-, Länsi- ja Pohjois-Helsingin suunnittelualueilta tulisi mukaan neljä (4) kaupunginosakohtaista suunnittelualueita. Kultakin kaupunginosakohtaiselta suunnittelualueelta arvottiin mitattavaksi 10 koealaa. Poikkeuksena tästä oli Keskuspuisto, jossa koealoja oli yhteensä 18. Koealoiksi valittiin vain yli 0,2 hehtaarin kokoisia metsäkuvioita. Tämä rajaus tehtiin, koska hyvin pienten koealojen lahopuun määrän yleistäminen suuremmille alueille (esimerkiksi hehtaarikohtaiseksi lahopuun määräksi) on epäluotettavaa.

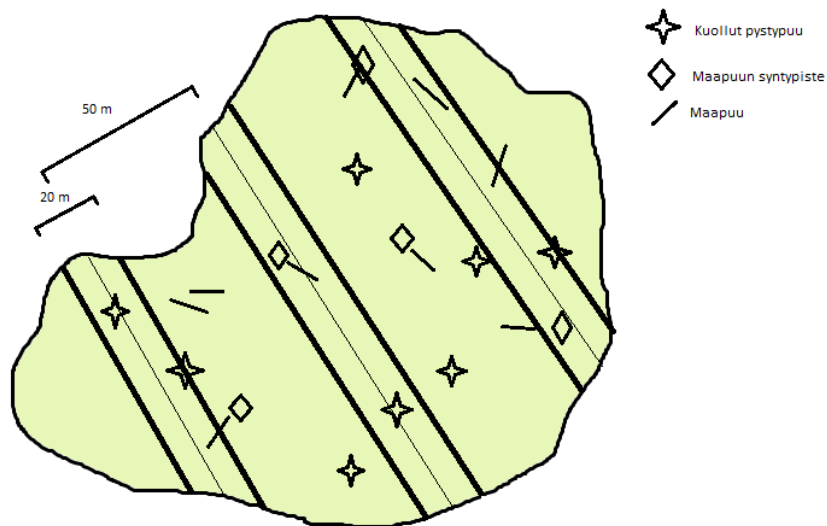


Kuva 1. Kartta koalojen sijainnista Helsingin kaupungin alueella. Sinisellä värillä merkityt koalat ovat Keskuspuiston linjakoealoja (viivat) ja kokonaan inventoituja (pisteet) metsäkuvioita. Vihreällä värillä merkityt koalat ovat kaistakoealoja ja punaisella pisteellä merkityt koalat kokonaan inventoituja metsäkuvioita.

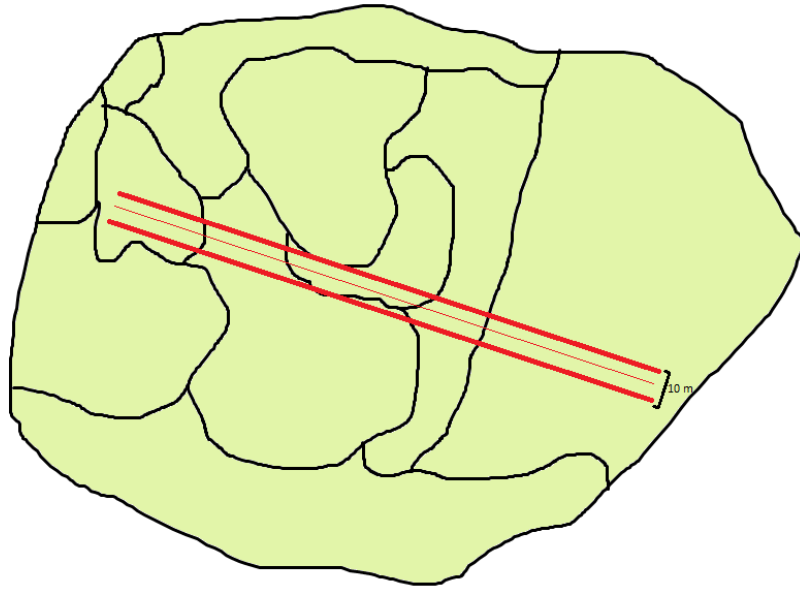
Käytössä oli kolmenlaisia koaloja. Koealat olivat joko kokonaisia metsäkuvioita (alle 0,5 ha, mutta yli 0,2 ha kuviot), kuviolle tasavälein sijoitettuja koealakaistoja (yli 0,5 ha kuviot), tai useamman metsäkuvion läpi kulkevia linjakoealoja (Keskuspuiston pohjoisosa). Kokonaan inventoituja metsäkuvioita oli aineistossa 87, kaistakoealoja 33 ja linjakoealoja 8 kappaletta.

Kokonaan inventoitavilta kuviolta mitattiin kaikki lahopuut, joiden syntypiste oli kuvion sisällä. Mikäli puun syntypiste sijaitsi tarkasti kuvion tai koealan reunaviivalla, mitattiin näistä puista joka toinen. Lisäksi mitattavaksi valittiin vain puut, joiden minimipituus oli 1,3 m ja läpimitta vähintään 10 cm. Jos syntypistettä ei voitu määrittää, katsottiin lahopuu kuuluvaksi kuviolle, jos se sijaitsi kokonaan kuvion sisällä. Selkeästi ihmisten kasaamat puupinot ja rakennelmat jätettiin mittaamatta, sillä niiden alkuperän ei voitu selkeästi olettaa olevan mitattavalla koealalla. Kannot mitattiin vain, mikäli niiden korkeus oli vähintään 1,3 metriä.

Kaistakoealat (Kuva 2) määritettiin metsäkuviolle paikkatieto-ohjelmalla etukäteen siten, että koealakaistat kulkivat kuvion reunasta reunaan 50 metrin välein. Kaistan leveys oli 20 metriä, eli 10 metriä kaistan keskilinjan molemmin puolin. Linjakoealat (Kuva 3) piirrettiin satunnaisesti Keskuspuiston pohjoisosaan paikkatieto-ohjelman avulla. Linjojen pituus oli 500 metriä ja leveys 10 metriä, jolloin koealan pinta-ala oli aina 0,5 hehtaaria. Linjojen toinen pää sijoitettiin kartalle aina niin, että se oli kohtalaisen helppo löytää maastossa, kuten esimerkiksi ulkoilureittien risteykseen tai lyhtypylvään kohdalle. Tämän jälkeen linja merkittiin maastoon kuitunauhoilla ilmakuvan sekä alku- ja päätepisteiden koordinaattien perusteella. Kaista- ja linjakoealoilla mitattiin kaikki koealalla olevat lahopuut edellä kuvattujen periaatteiden mukaisesti. Puiden kuulumisen sekä linja- että kaistakoealaan määritettiin saman periaatteen mukaisesti kuin kokonaan inventoitavilla kuvioilla.



Kuva 2. Esimerkki kaistakoealan sijoittelusta metsäkuviolle. Kaistojen keskilinjojen väli on 50 metriä ja kaistan leveys 10 metriä keskilinjan molemmin puolin (yhteensä 20 m). Kuvassa on myös havainnollistettu lahopuiden sijaintia koealakaistaan nähden ja niiden kuulumista koealaan. Ohut viiva kuvaa koealakaistan keskilinjaa ja paksut viivat ovat koealakaistan ulkorajat.



Kuva 3. Esimerkki linjakoealan sijoittelusta maastoon. Linjan pituus on 500 metriä, leveys keskilinjan molemmin puolin 5 metriä (yhteensä 10 metriä). Linja kulkee useiden metsäkuvioiden läpi.

Jokaisesta koealalla sijainneesta lahopuusta mitattiin pituus, läpimitta rinnankorkeudelta (1,3 m) tai keskikohdasta (sen mukaan, oliko puu kokonainen vai katkennut), puulaji, lahoaste (Taulukko 2) sekä lahopuun laatu (Taulukko 3). Kuolleiden pystypuiden pituus mitattiin Nikon Forestry Pro II -laseretäisyysmittarilla. Maassa makaavien lahopuiden pituus mitattiin mittanauhalla. Läpimitan mittaamiseen käytettiin mittasaksia ja lahoasteen mittaamiseen puukkoa. Lahoasteen määrittäminen tapahtui siten, että puukkoa painetaan puun runkoon useasta eri kohdasta. Mitä syvemmälle puuainekseen puukon terä työntyy, sitä lahoampaa puuainekseä on.

Taulukko 2. Puuaineen lahoastetta kuvaava luokitus. Luokitus perustuu Renvallin (1995) lahoasteluokitukseen. Lahoasteeseen 1 kuuluvat rungot jaettiin Renvallin luokituksesta poiketen edelleen kahteen alaluokkaan (1a ja 1b). (Vastaavaa luokittelua ovat käyttäneet mm. Hottola ja Siitonen 2008)

Numerokoodi	Kuvaus
1	Puuainekseltaan kova. Puukko tunkeutuu puuhun vain muutaman millimetrin. a) Sellaiset puut, jotka ovat kuolleet edellisen vuoden aikana. b) Vanhemmat, puuainekseltaan kovat puut.
2	Pintalaho. Puukko tunkeutuu puuhun 1-2 cm.
3	Melko pehmeä. Puukko tunkeutuu puuhun 3-5 cm.
4	Runko pehmennyt. Puukko tunkeutuu puuhun helposti kahvaa myöten. Runko on kuitenkin säilyttänyt alkuperäisen muotonsa eikä hajoa potkimalla.
5	Runko on kokonaan pehmennyt ja usein menettänyt muotonsa. Runko hajoaa potkimalla.

Taulukko 3. Lahopuun laatua kuvaava luokitus. Jokainen mitattu lahoppuukappale määritettiin kuuluvaksi johonkin luokkaan. Luokkaan 4 tai 5 kuuluvat lahoppuukappaleet määritettiin aina myös lisämääreen a-d mukaan. Luokitus perustuu Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) lahoppuun laatua kuvaavaan luokitukseen. Luokitusta on kuitenkin täydennetty muutamalla lisäluokalla (vastaavaa luokitusta ovat käyttäneet esim. Hottola ja Siitonen 2008)

Numerokoodi	Kuvaus
0	Ei tietoa (Yleensä vain pitkälle lahonneet maapuut)
1	Kokonainen pystypuu; pystyyn kuollut, latvasta alle 1/3 puun pituudesta katkennut
2	Pötkelö tai korkea luonnonkanto, yli 1/3 puun pituudesta murtunut
3	Juurineen kaatunut maapuu
4	Katkennut puu a) Pötkelön maapuuosa b) Alle 1,3 metristä katkennut maapuu luonnonkannon yhteydessä c) Maapuukappale, sekä tyvi- että latvaosa puuttuu d) Katkennut pudonnut latvus, tyviosa puuttuu
5	Hakkuukanto tai tekopötkelö a) Tekopötkelö b) Hakkuukanto
6	Sahattu Pölli tai tyveys
7	Hakkuutähdelatvus tai -oksa
8	Pudonnut oksa
9	Luonnonkanto
10	Kokonainen kaadettu puu

2.3 Aineiston analyysi

Mitattujen kokonaisten lahopuiden tilavuudet laskettiin Laasasenahon (1982) kokonaisten puiden tilavuusyhtälöillä (Yhtälöt 1–3) käyttäen puun pituuteen ja rinnankorkeusläpimittaan perustuvia yhtälöitä. Koska tilavuusyhtälöt on laadittu vain kuuselle, männylle ja koivulle, käytettiin muiden lehtipuiden kuin koivun tilavuuden laskentaan koivun laskentayhtälöä. Katkenneiden rungon kappaleiden (esim. pötkelöt, tyveykset, sahatut tai katkenneet pöllit tai oksat) tilavuudet laskettiin käyttäen lieriön laskentayhtälöä (Yhtälö 4). Katkenneiden tai sahattujen latvusten tilavuudet lasketaan kartion tilavuusyhtälöllä (Yhtälö 5). Pötkelön maapuuosan tilavuus laskettiin siten, että ensin laskettiin koko puun tilavuus käyttäen pötkelön rinnankorkeusläpimittaa sekä pötkelön ja maapuuosan yhteenlaskettua pituutta. Tämän jälkeen kokonaisen puun tilavuudesta vähennettiin pötkelön tilavuus.

$$\text{Mänty } V = 0.036089 * d^{2.01395} * (0.99676)^d * h^{2.07025} * (h-1.3)^{-1.07209} \quad (1)$$

$$\text{Kuusi } V = 0.022927 * d^{1.91505} * (0.99146)^d * h^{2.82541} * (h-1.3)^{-1.53547} \quad (2)$$

$$\text{Koivu } V = 0.011197 * d^{2.10253} * (0.98600)^d * h^{3.98519} * (h-1.3)^{-2.65900} \quad (3)$$

$$\text{Lieriö } V = \pi * d/2^2 * h \quad (4)$$

$$\text{Kartio } V = 1/3 * \pi * d/2^2 * h \quad (5),$$

joissa V = tilavuus, d = läpimitta (yhtälöissä 1-3 rinnankorkeusläpimitta) ja h =pituus.

Lasketuista lahopuun tilavuuksista laskettiin koealakohtaiset ja hehtaariohtaiset lahopuumäärät. Näin saatiin tietoa niin kuvioittaisesta lahopuumäärien vaihtelusta kuin keskimääräisestä hehtaariohtaisesta lahopuumäärän vaihtelusta. Hehtaariohtaisten tilavuuksien avulla selvitettiin, onko lahopuumäärissä eroa hoitoluokkien, kasvupaikkojen, kehitysluokkien, pääpuulajin tai kuvioiden pinta-alojen välillä. Kuviokohtaiset tiedot kuvion puuston iästä, kehitysluokasta, hoitoluokasta, pääpuulajista, kasvupaikasta ja elävän puuston tilavuudesta saatiin Helsingin kaupungin metsätietojärjestelmästä.

Aineiston tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS-ohjelmaa (IBM SPSS Statistics, versio 28.0) käyttäen. Analyysissä käytettäviä testejä olivat varianssianalyysi, lineaarinen regressioanalyysi

sekä Kruskal-Wallis testin. Lahopuun määrää (m^3/ha) (yksisuuntainen varianssianalyysi) selittävinä muuttujina olivat mitatun kuvion tai koealan kasvupaikka, kehitysluokka tai pääpuulaji. Lahopuun määrää samojen selittävien muuttujien mukaan analysoitiin myös ei-parametrisiin menetelmiin ja ei-normaalijakaumaoletukseen perustuvalla Kruskal-Wallis testillä, sillä aineiston normaalijakautuneisuudesta ei ollut varmuutta tarkastelusta huolimatta. Kruskal-Wallis testissä selittävä muuttuja ja selitettävät muuttujat olivat samat kuin varianssianalyysissä. Varianssianalyysiä käytettiin myös testaamaan samojen selittävien muuttujien vaikutusta kuvion tai koealan lahopuiden keskiläpimittaan. Tällöin selitettävänä muuttujana oli yksittäisten lahopuiden mitattu läpimitta. Regressioanalyysillä testattiin metsäkuvion iän ja elävän puuston tilavuuden (selittäviä muuttujia) vaikutusta lahopuun määrään (selitettävä muuttuja). Lahopuun laatua, eli jakautumista eri puulajeihin, pysty- ja maalahopuuhun sekä lahoasteisiin, vertailtiin varianssianalyysillä, joissa selittävinä muuttujina olivat lahopuulajien, pysty- ja maalahopuiden sekä lahoasteiden suhteelliset osuudet (%-osuus kokonaismäärästä). Selittävinä muuttujina olivat hoitoluokat, kasvupaikat, kehitysluokat ja pääpuulajit.

3. TULOKSET

3.1 Inventointiaineisto

Inventoitujen koealojen yhteispinta-ala oli noin 51 hehtaaria, joka vastaa noin yhtä prosenttia Helsingin kaupunkialueella sijaitsevasta metsäpinta-alasta. Koealojen pinta-aloista suurin osa oli mustikkatyypin kangasmetsiä (MT), toiseksi eniten pinta-alaltaan oli erilaisia lehtoja ja kolmanneksi eniten lehtomaisia kankaita (OMT) (Taulukko 4). Yli puolet (lähes 30 ha) koealoista oli kehitysluokaltaan uudistuskypsää metsikköä (kehitysluokka 04). Toiseksi eniten (lähes viidesosa) oli varttunutta kasvatusmetsää (kehitysluokka 03). Hoitoluokista eniten oli C1.2 hoitoluokan (lähivirkistysmetsä) koealoja ja vähiten C1 hoitoluokan (lähimetsä) koealoja. Koealojen yleisin pääpuulaji oli mänty ja toiseksi yleisimmät pääpuulajit olivat kuusi ja rauduskoivu. Koealoilta mitatut lahopuun laatua ja määrää kuvaavat tulokset on taulukoitu liitetiedostoihin (Liitteet 1–4).

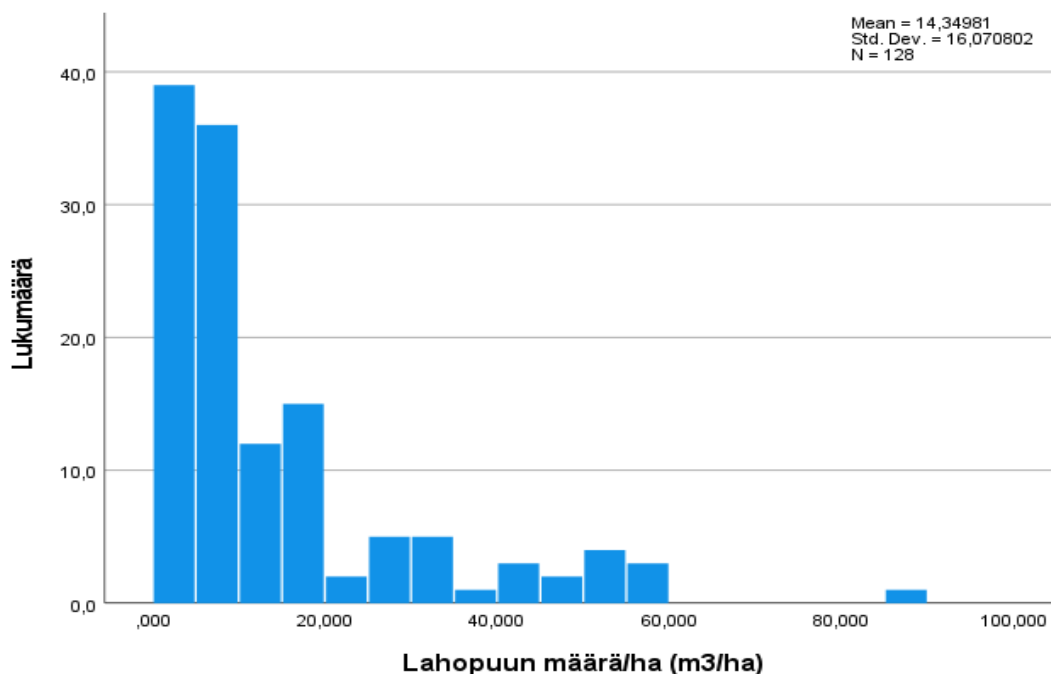
Taulukko 4. Koealojen lukumäärä ja yhteenlaskettu pinta-ala hoitoluokittain, kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja pääpuulajeittain. Taulukossa ei ole mukana Keskuspuiston pohjoisosan linjakoealoja, joiden yhteispinta-ala oli noin 4 hehtaaria. Tiedot Helsingin kaupungin metsätietojärjestelmästä.

Hoitoluokka	luku- määrä	pinta- ala (ha)	Kasvupaikka	luku- määrä	pinta- ala (ha)	Kehitysluokka	luku- määrä	pinta- ala (ha)	Pääpuulaji	luku- määrä	pinta- ala (ha)
C1	13	4,8	kallio	4	1,8	ei luokkaa	6	2,2	Mänty	37	15,0
C1.1	22	7,9	CT	2	0,7	02	7	2,4	Kuusi	25	9,6
C1.2	34	13,5	VT	12	4,8	03	25	9,4	Rauduskoivu	23	9,7
C2	14	5,9	MT	43	17,8	04	70	28,5	Hieskoivu	11	4,6
C3	17	6,8	OMT	25	9,2	05	6	2,5	Haapa	7	2,3
C5	20	8,1	Lehto	34	12,6	ER	5	1,7	Harmaaleppä	1	0,7
						Y1	1	0,3	Tervaleppä	6	2,0
									Muu lehtipuu	1	0,5
									Vaahtera	7	1,9
									Vuorijalava	1	0,3

Keskuspuiston linjakoealoilla mitattuja lahopuita ei sijoitettu kuvioittain siten, että koealoista saataisiin kuviokohtaista aineistoa. Inventointilinjat myös sijoittuvat eri kuvioille eri pituisia matkoja ja eri osiin kuvioita, jolloin niiden edustavuus kunkin kuvion osalta on epävarmaa. Näin ollen linjakoealoilta saatua aineistoa ei voida verrata kaikilta osin muun kuviokohtaisen aineiston kanssa. Näiltä koealoilta saadaan kuitenkin tietoa Keskuspuiston pohjoisosan lahopuun määrästä ja laadusta laajalla yhtenäisellä alueella. Linjakoealojen tulokset tullaan käsittelemään pääosin erillään muusta aineistosta.

3.2 Lahopuun määrä

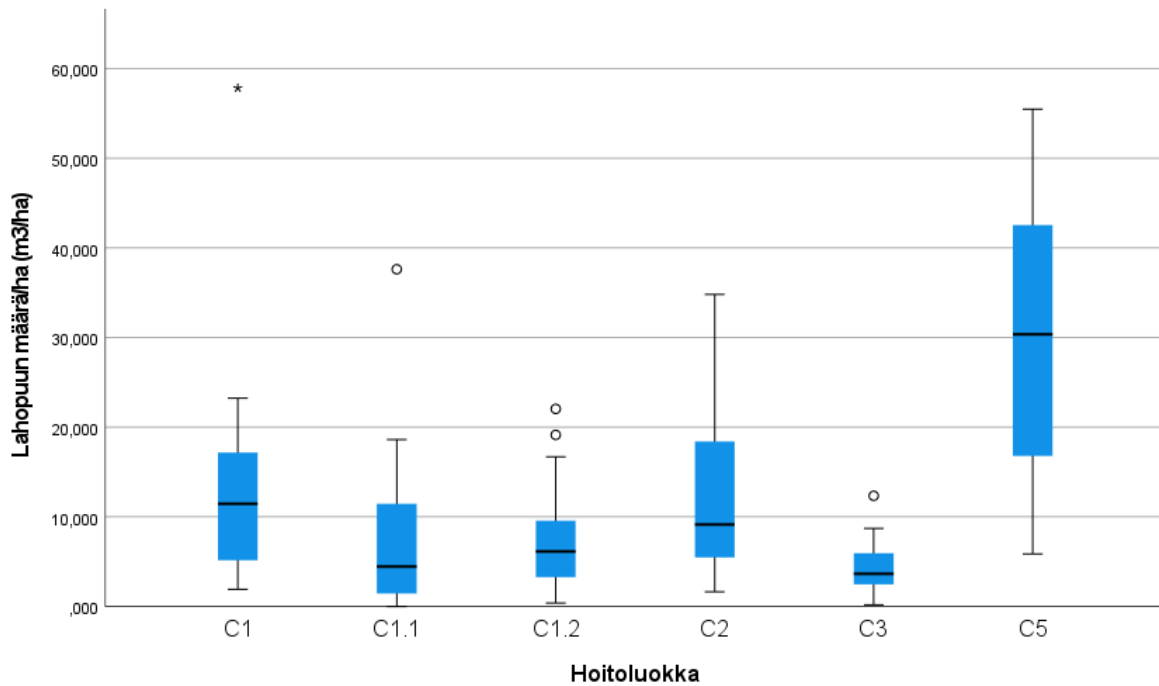
Mitattujen lahopuiden tai lahopuun kappaleiden yhteenlaskettu lukumäärä oli yhteensä 3074. Keskimäärin yhdeltä koealalta mitattiin siis noin 24 lahopuuta tai lahopuun osaa. Tilavuudeltaan kaikkien koealojen yhteenlaskettu lahopuun määrä oli 762 m³. Keskimäärin yhdellä koealalla oli siis tilavuudeltaan noin 6 m³ lahopuuta. Hehtaarikohtainen lahopuun määrä koko aineiston koealoilla oli keskimäärin 14 m³. Keskimääräinen lahopuun määrä oli hieman pienempi, 12,3 m³/ha, kun Keskuspuiston linjakoealat jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Vaihteluväli hehtaarikohtaiselle lahopuun määrälle oli varsin suuri, 0–85 m³/ha. Koealoja, joilta ei mitattu yhtään lahopuuta oli aineistossa kaksi kappaletta. Yli puolella (noin 60 %) koealoista lahopuuta oli korkeintaan 10 m³/ha (kuva 4). Yli 20 m³/ha lahopuuta oli viidesosalla koealoista.



Kuva 4. Koealojen lahopuun keskimäärien (m³/ha) frekvenssijakauma

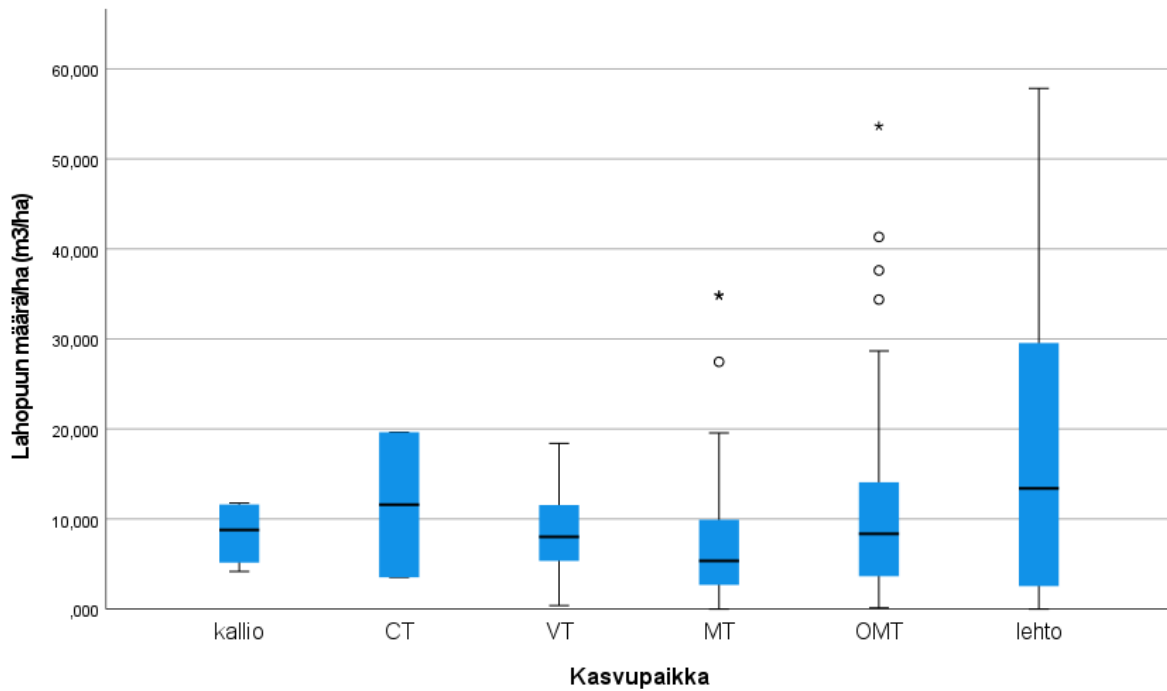
Lahopuun tilavuus oli keskimäärin suurin (yli 30 m³/ha) C5-hoitoluokan metsäkuvioilla (kuva 5), eli arvometsissä. Toiseksi eniten (keskimäärin 14 m³/ha) lahopuuta oli C1-hoitoluokan kuvioilla, eli lähimetsissä. Myös C2-hoitoluokan metsäkuvioilla eli ulkoilu- ja virkistysmetsissä lahopuuta oli keskimäärin 13 m³/ha. Vähiten lahopuuta oli suojametsissä (hoitoluokka C3), vain keskimäärin 4,5 m³/ha. Tilastollisen analyysin perusteella ainoastaan arvometsien (C5-hoitoluokka) lahopuun määrä erosi merkitsevästi muiden hoitoluokkien lahopuun määristä.

Arvometsissä myös mitattujen lahopuiden lukumäärä (keskimäärin 112 lahopuuta tai lahopuun kappaletta hehtaaria kohden) erosi tilastollisesti merkitsevästi muiden hoitoluokkien lahopuiden keskimääräisestä lukumäärästä (33-40 kappaletta hehtaarilla) koealaa kohden ($p < 0,001$). Muiden hoitoluokkien lahopuiden keskimääräisissä lukumäärissä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.



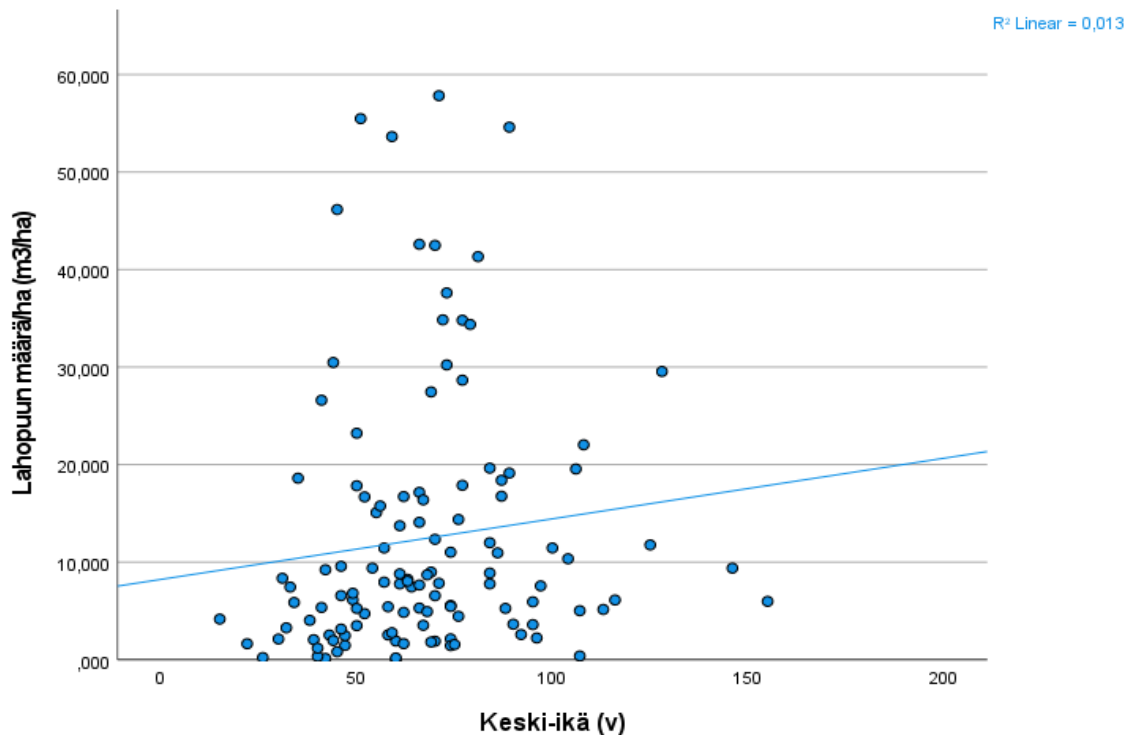
Kuva 5. Laatikko-jana-kuvaaja lahopuun tilavuudesta (keskiarvo) hoitoluokittain. Sinisen laatikon ala- ja yläraja kuvaavat ylä- ja alakvartiileja, jolloin 50 % havainnoista sijoittuu laatikon sisälle. Janat kuvaavat suurinta ja pienintä arvoa, musta poikkiviiva mediaaniarvoa. Poikkeavat arvot on merkitty tähdellä (merkittävästi poikkeava arvo) tai avoimella ympyräkuviolla.

Lehdoissa ja lehtomaisen kankaan koealoilla oli lahopuuta keskimäärin eniten, noin 18 ja 13 m³/ha (kuva 6). Tuoreissa kangasmetsissä (MT), kuivahkoissa kangasmetsissä (VT) ja kallioilla lahopuumäärät olivat keskimäärin 8,4–8,9 m³/ha. Kuivien kankaiden (CT) lahopuumäärä oli keskimäärin yli 11 m³/ha, mutta näitä koealoja oli aineistossa vain kaksi kappaletta. Erot kasvupaikkojen lahopuumäärien välillä eivät varianssianalyysin mukaan kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä muiden luokkien kuin lehdon ja tuoreen kankaan (MT) koealoilla ($p=0,015$).



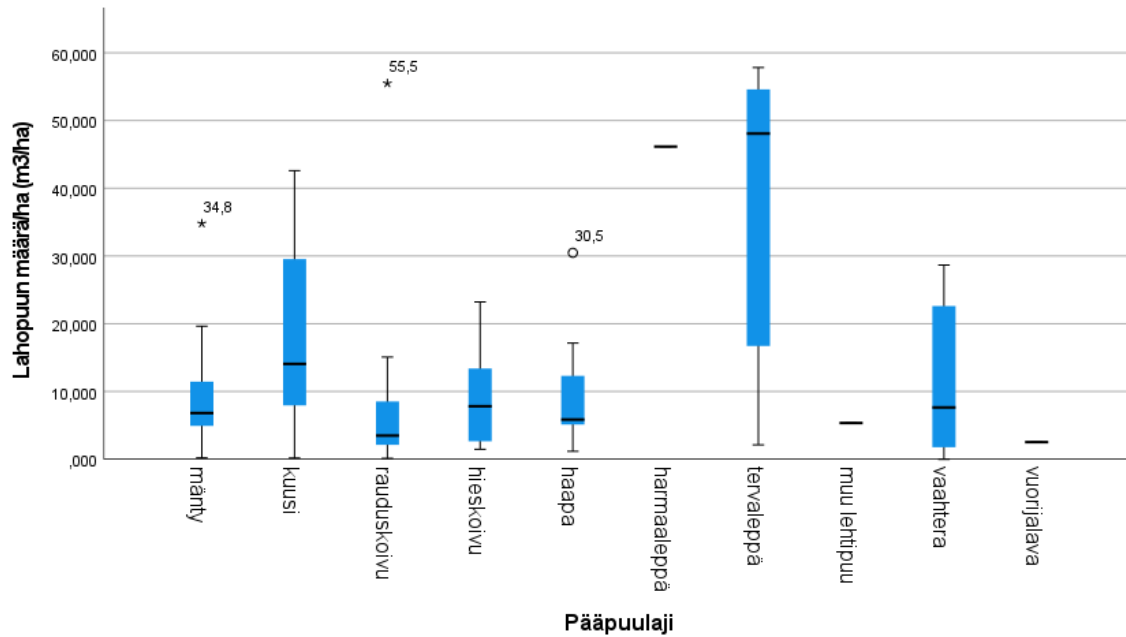
Kuva 6. Lahopuun keskimäärä (m^3/ha) eri kasvupaikoilla. Laatikko-jana-kuvaajassa 50 % havainnoista sijoittuu sinisen laatikon sisäpuolelle. Musta poikkiviiva kuvaa mediaaniarvoa, janojen päät suurimpia ja pienimpiä arvoja. Poikkeavat arvot on merkitty avoimilla ympyröillä ja merkittävästi poikkeavat arvot tähdellä.

Metsikön iällä (puuston keski-ikä metsäkuviolla) ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta lahopuun määrään (kuva 7). Kehitysluokkien välisessä vertailussa varttuneiden kasvatusmetsiköiden ja uudistuskypsien metsiköiden (03 ja 04 kehitysluokat) kuvioilla oli keskimäärin enemmän lahopuuta (n. 12 ja 15 m^3/ha) kuin muiden kehitysluokkien kuvioilla (3,5–9,3 m^3/ha), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää minkään kehitysluokkien välillä. Muita kuin 03- ja 04-kehitysluokkien kuvioita oli aineistossa myös huomattavan pieni määrä (Taulukko 4).



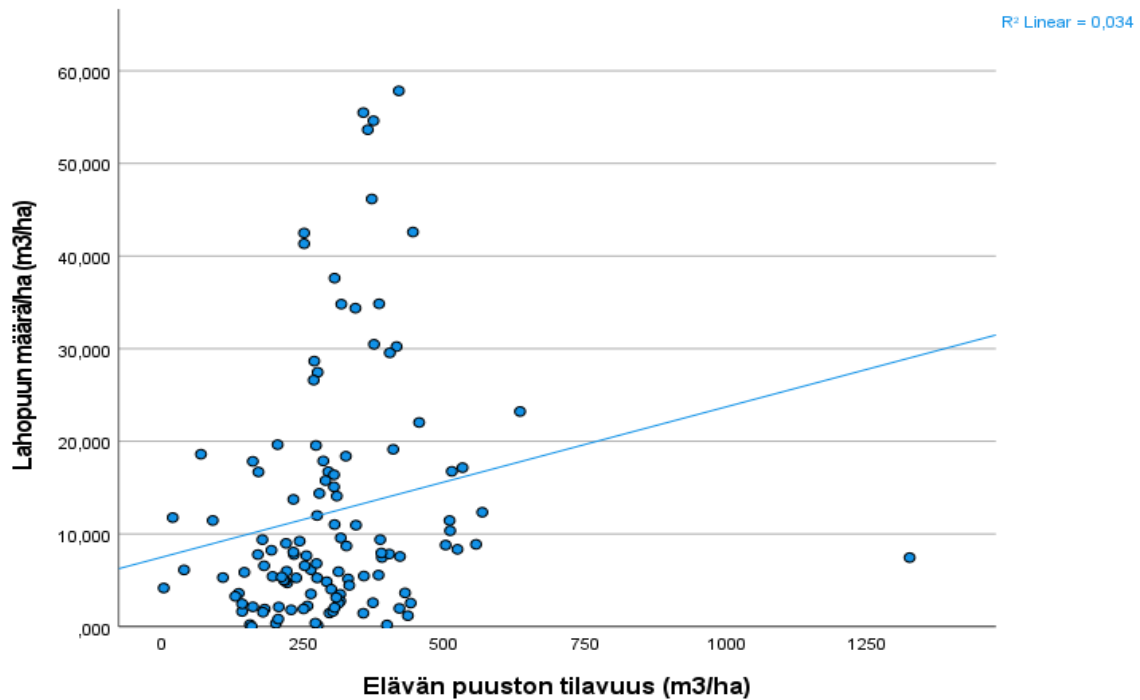
Kuva 7. Koealametsikön keski-ian ja lahopuun määrän (m^3/ha) välinen suhde. Korrelaatiokerroin muuttujien välillä on 0,12 ja selitysaste 0,013.

Lahopuun määrä oli keskimäärin suurin harmaa- ja tervaleppävaltaisilla koealoilla (46 ja 38 m^3/ha) (kuva 8). Harmaaleppävaltaisia koealoja oli aineistossa kuitenkin vain yksi kappale ja tervaleppävaltaisia kuvioitakin vain kuusi. Muiden pääpuulajien koealoilla lahopuuta oli keskimäärin vähintään puolet vähemmän. Kuusivaltaisilla koealoilla lahopuuta oli noin 18 m^3/ha , ja vaahtera- ja haapavaltaisillakin kuvioilla yli 10 m^3/ha . Vähiten lahopuuta oli koealalla, jossa pääpuulajina on vuorijalava, vain 2,5 m^3/ha . Myös näitä koealoja oli aineistossa kuitenkin vain yksi kappale. Tilastollisessa tarkastelussa pääpuulajin vaikutus koealan lahopuun määrään oli tilastollisesti merkitsevä. Post hoc -testin mukaan tervaleppävaltaisilla kuvioilla lahopuuta oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin muiden pääpuulajien kuvioilla ($p < 0,001$ – $0,002$). Myös kuusivaltaisilla kuvioilla oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän lahopuuta kuin mänty- tai rauduskoivuvaltaisilla kuvioilla ($p = 0,028$ ja $p = 0,017$). Muiden pääpuulajien koealojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Pääpuulajien tilastollisia eroja vertailevasta varianssianalyysistä jätettiin pois harmaaleppä-, vuorijalava- ja muu lehtipuu -koealat, sillä niitä oli kutakin vain yksi kappale. Tällöin oli mahdollista tehdä myös kaikkien luokkaparien välisiä eroavaisuuksia vertaileva Post hoc -analyysi (Tukey HSD).



Kuva 8. Lahopuun keskimäärä (m³/ha) eri pääpuulajien koelaloilla. Laatikko-jana-kuvaajassa musta poikkiviiva on mediaaniarvo, 50 % havainnoista sijoittuu sinisen laatikon sisälle, janojen päät kuvaavat pienimpiä ja suurimpia arvoja ja poikkeavat arvot on merkitty avoimella ympyrällä ja merkittävästi poikkeavat arvot tähdellä.

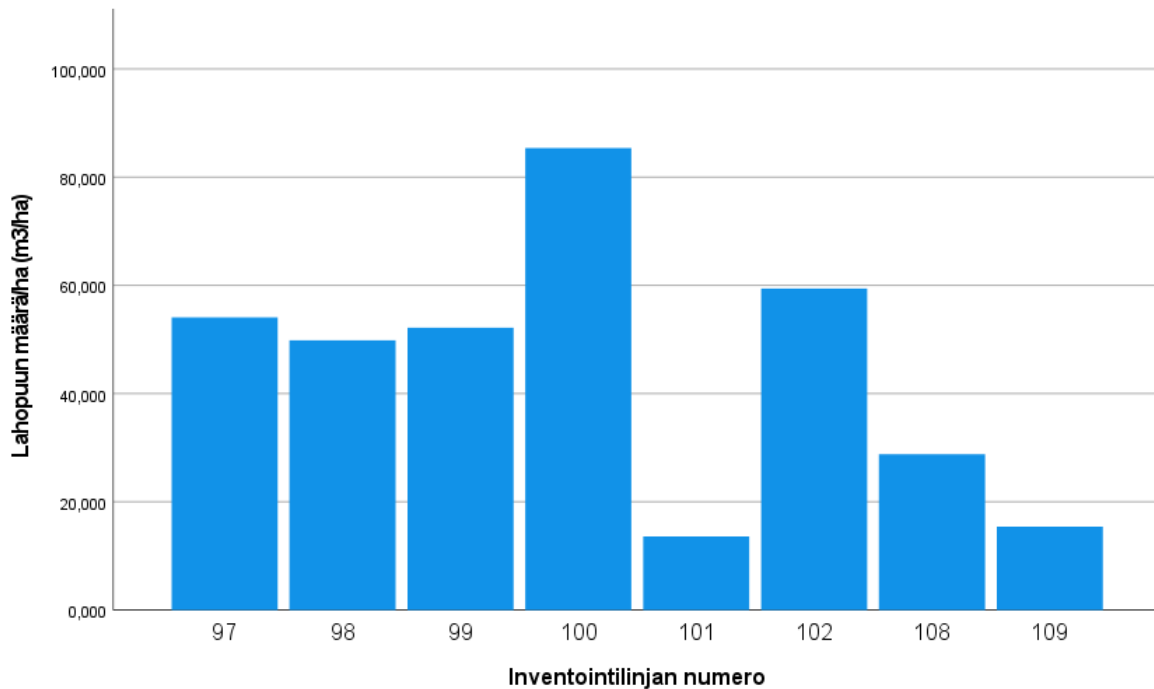
Elävän puuston määrällä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus ($p=0,044$) lahopuun hehtaarikohtaiseen määrään koelalla (kuva 9). Runsaspuustoisissa metsissä oli siis myös enemmän lahopuuta. Korrelaatio muuttujien välillä oli heikosti positiivinen (korrelaatiokerroin 0,19, selitysaste 0,034).



Kuva 9. Koealametsikön elävän puuston tilavuuden (m^3/ha) ja lahopuun määrän (m^3/ha) välinen suhde.

Keskuspuiston linjakoealojen lahopuumäärät (kuva 10) olivat huomattavasti suurempia (keskimäärin noin $45 \text{ m}^3/\text{ha}$) kuin koko muun aineiston keskiarvo (n. $12 \text{ m}^3/\text{ha}$). Viidellä kahdeksasta linjasta lahopuuta oli yli 40 m^3 hehtaarilla ja suurimmillaan lahopuun määrä oli yhdellä linjoista $85 \text{ m}^3/\text{ha}$. Yhdeltä inventointilinjalta mitattiin keskimäärin 44 lahopuuta tai lahopuun osaa.

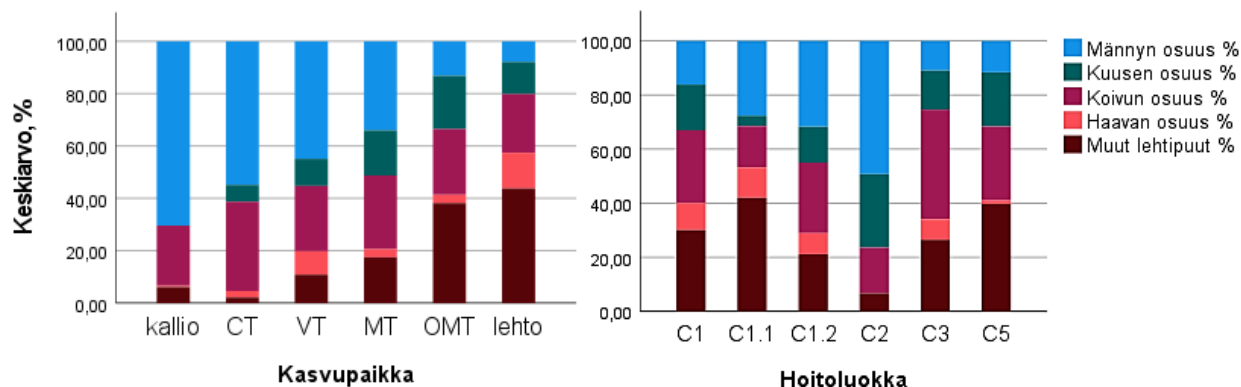
Varianssianalyysin perusteella otantamenetelmällä (koko kuvion inventointi vs. kaistakoeala) ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ($p=0,859$) lahopuun määrän arviointiin, vaikka kaistakoealoilla oli keskimäärin $0,48 \text{ m}^3/\text{ha}$ enemmän lahopuuta kuin kokonaan inventoiduilla kuvioilla. Kaistakoealat kattoivat keskimäärin 40% inventoitavan metsäkuvion pinta-alasta.



Kuva 10. Keskuspuiston pohjoisosan inventointilinjojen hehtaarikohtaiset lahopuunmäärät (m³/ha). Yhden linjakoealan koko oli noin 0,5 ha (500 m * 10 m). Linjojen keskimääräinen lahopuun tilavuus oli noin 45 m³/ha. Koealat 97–100 sekä koeala 108 sijaitsivat suojelualueella.

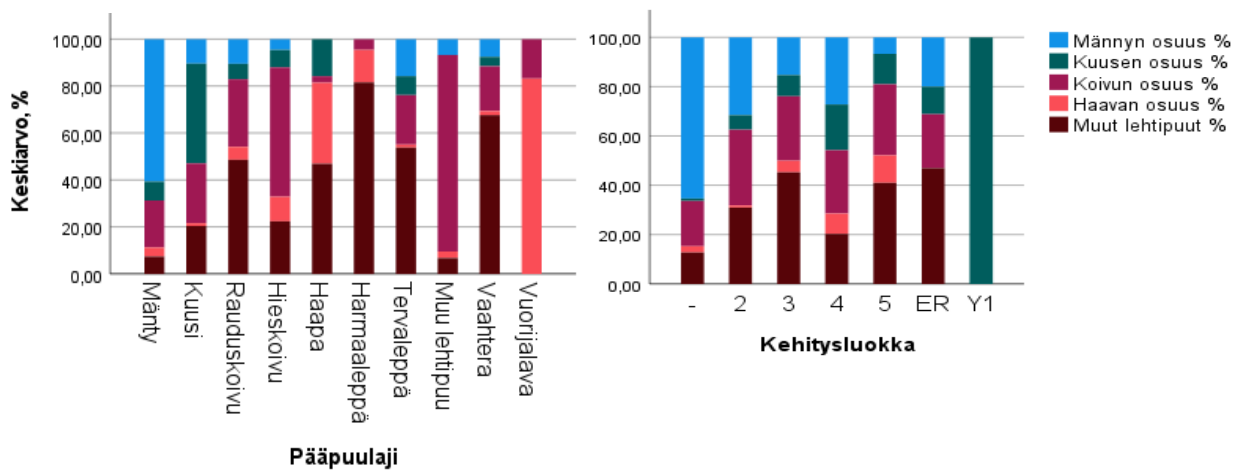
3.3 Lahopuun laatu

Lahopuun laatu, eli kuolleiden puiden puulajijakauma, lahoasteiden ja läpimittojen jakauma sekä pysty- ja maalahopuun osuudet, oli koko aineistossa varsin monipuolinen. Keskuspuiston linjakoealoja lukuun ottamatta kaikesta mitatusta lahopuusta tilavuuden perusteella yli puolet (53 %) oli lehtipuita. Muita lehtipuita (muita kuin koivuja tai haapoja) oli kaikista suurin osuus, 28 %. Hies- ja rauduskoivuja oli neljäsosa. Mäntyjä oli lähes neljäsosa (23 %) ja kuusia noin viidesosa (19 %). Tarkasteltaessa mitattujen lahopuiden lukumääriä, muiden lehtipuiden osuus oli vieläkin suurempi, noin 50 %. Toiseksi eniten oli koivuja (raudus- ja hieskoivu yhteenlaskettuna n. 18 %). Mäntyjen osuus oli 17 % ja kuusten osuus noin 15 %.



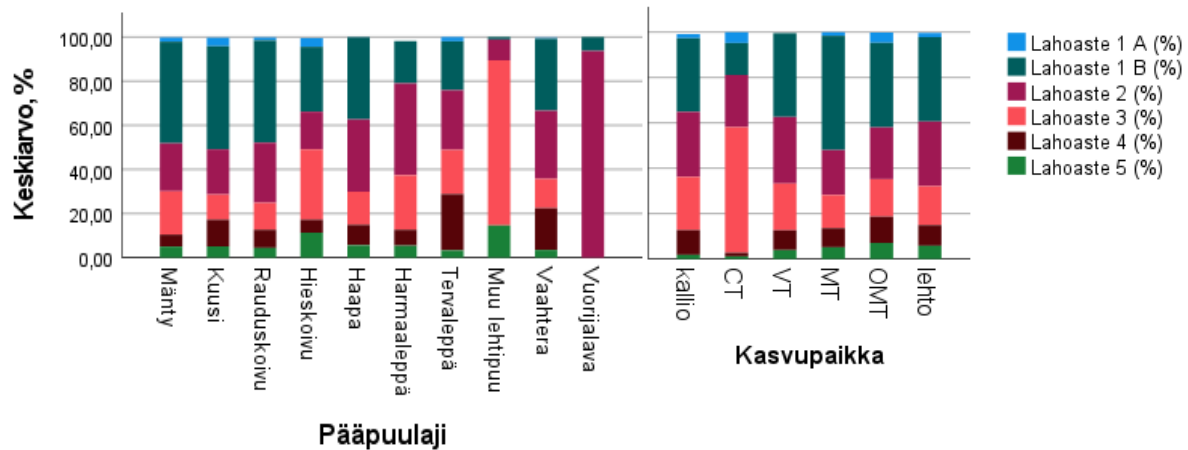
Kuva 11. Keskimääräiset puulajien suhteelliset osuudet lahoppuun kokonaismäärästä eri kasvupaikkojen (vasen kuva) ja hoitoluokkien (oikea kuva) koealoilla.

Vertailtaessa lahoppuiden puulajijakaumaa hoitoluokkien välillä, lehtipuuden osuus oli suurempi kuin havupuuden osuus kaikissa muissa hoitoluokissa paitsi C2-hoitoluokan koealoilla (ulkoilu- ja virkistysmetsät), joilla lahoppu oli hyvin havupuuvältaista (kuva 11). Männyn osuus oli myös tilastollisesti suurempi ($p=0,004$) C2-hoitoluokan metsissä kuin C3- ja C5-hoitoluokkien metsissä (suoja- ja arvometsät). Muiden puulajien osuuksissa ei ollut tilastollista eroa hoitoluokkien välillä. Kasvupaikkojen välisessä vertailussa on huomattavissa, että mäntylahoppuun osuus on sitä suurempi mitä karumpi kasvupaikka on kyseessä (kuva 11). Kallioilla ja kuivahkoilla kankailla oli tilastollisesti enemmän mäntylahoppuuta kuin lehdoissa ja lehtomaisilla kankailla. Myös tuoreilla kankailla männyn osuus kaikesta lahoppuusta oli keskimäärin tilastollisesti suurempi kuin lehdoissa. Vastaavasti lehtilahoppuun osuus kasvaa runsasravinteisemmillä kasvupaikoilla. Tilastollisesti merkitsevä ero löytyi kuitenkin ainoastaan muiden lehtipuuden osuudesta, joka oli suurempi lehdoissa kuin tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla (MT ja VT). Puulajijakauma vaikuttaisi olevan tasaisempi runsasravinteisillä kasvupaikoilla kuin karuilla kasvupaikoilla (kuva 11).



Kuva 12. Puulajien suhteelliset osuudet lahopuun kokonaismäärästä eri pääpuulajien (vasen kuva) ja kehitysluokkien (oikea kuva) metsiköissä. Vuorijalava-, harmaaleppä- ja muu lehtipuu -valtaisia koealoja sekä Y1-kehitysluokan koealoja oli aineistossa kutakin vain yksi kappale.

Pääpuulajin vaikutus lahopuun puulajikoostumukseen näkyy erityisesti mäntyvaltaisilla koealoilla, joilla lähes kaikki lahopuu on mäntyä (kuva 12). Myös muiden pääpuulajien metsissä lahopuun puulajijakauma vastaa elävän puuston lajijakaumaa, sillä kuusivaltaisissa metsiköissä kuusilahopuuta oli tilastollisesti enemmän kuin muiden pääpuulajien metsissä, haapametsiköissä haapalahopuun osuus oli tilastollisesti suurempi kuin muiden puulajien metsissä ja lahojen koivujen osuus oli suurin hieskoivuvaltaisissa metsissä. Muita lehtipuita oli enemmän lehtipuuvaltaisissa metsissä (pois lukien rauduskoivuvaltaiset metsiköt) kuin havupuunvaltaisissa metsissä. Kehitysluokkien välillä ei ollut suuria eroja lahopuun puulajikoostumuksessa (Kuva 12). Kehitysluokkaan kuulumattomissa metsiköissä mäntylahopuun osuus (noin 65 % kaikesta lahopuusta) oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin muissa kehitysluokissa ($p=0,040$). Lisäksi muiden lehtipuiden osuus lahopuusta (45 %) oli tilastollisesti merkitsevästi ($p=0,015$) suurempi kehitysluokassa 03 kuin kehitysluokassa 04 (20 % osuus). Erityisesti koivulahopuun osuus oli kaikissa kehitysluokissa hyvin samanlainen (kuva 12).

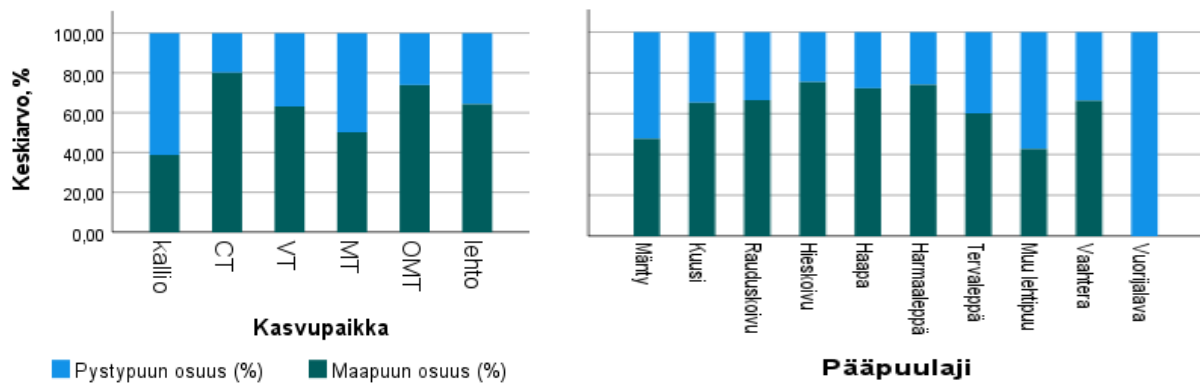


Kuva 13. Lahopuun lahoasteiden jakauma keskimäärin eri pääpuulajien (vasen kuva) ja kasvupaikkojen (oikea kuva) koealoilla.

Koko aineistossa lahopuusta lähes 40 % koostui 1-lahoasteen puusta, toisin sanoen vain vähän tai ei ollenkaan lahonneesta puusta. Pintalahoa puuta (lahoaste 2) oli n. 25 %. Pitemmälle lahonnutta, eli 3-, 4- ja 5-lahoasteiden puuta oli yhteensä kuitenkin myös melko paljon, yli 35 %. Lahopuusta 60 % oli maalahopuita ja 40 % pystyyn lahonneita puita.

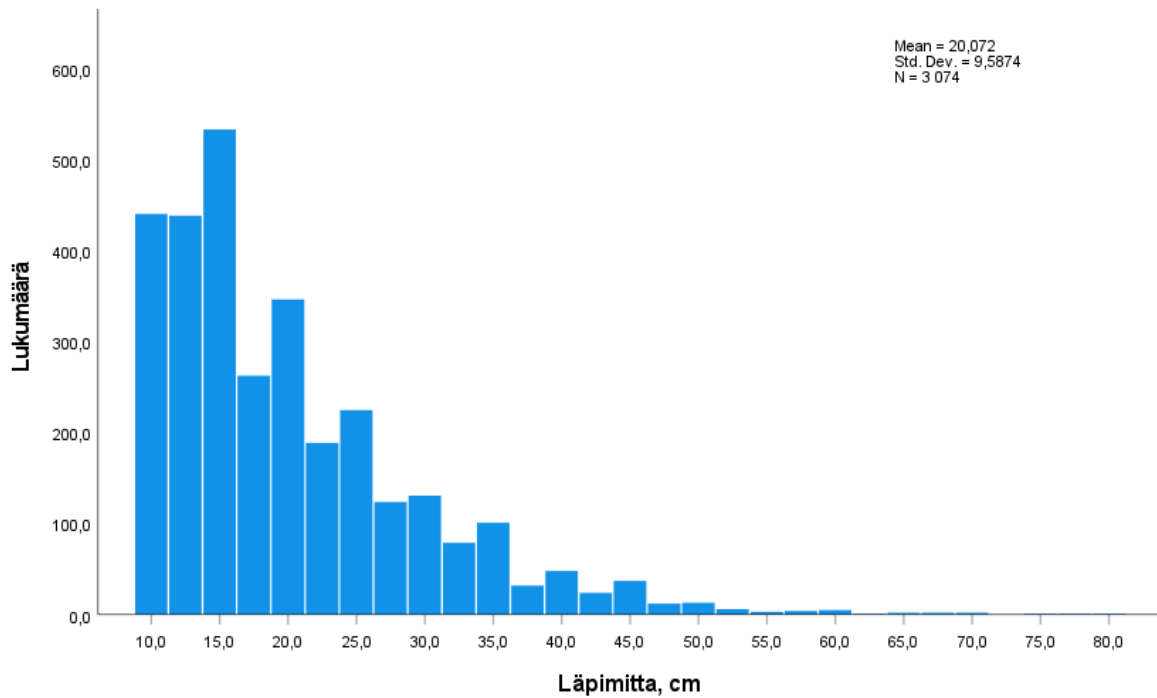
Vertailtaessa lahoasteiden osuuksia eri luokkamuuttujien (hoitoluokka, kasvupaikka, kehitysluokka) välillä, lahoasteiden suhteelliset osuudet pysyivät samansuuruisina kuin koko aineistossa lähes kaikissa luokissa. Ainoastaan kuivilla kankailla (CT) lahoasteen 3 lahopuuta oli huomattavan suuri osuus, yli puolet lahopuun kokonaismäärästä (kuva 13). Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä ($p=0,075$). Lisäksi hieskoivuvaltaisissa metsissä lahoasteen 3 puuta oli tilastollisesti ($p=0,005$) enemmän (lähes kolminkertaisesti) kuin kuusi- tai rauduskoivuvaltaisissa metsissä (kuva 13).

Pysty- ja maalahopuun jakaumat noudattivat myös pääosin koko aineiston jakaumaa eri luokkamuuttujien välillä. Eri-ikäisrakenteisissa, 02-kehitysluokan metsissä ja kehitysluokkiin luokittelemattomissa metsissä pysty- ja maalahopuun osuudet olivat päinvastaiset (n. 60 % pystypuita, 40 % maapuita) kuin muussa aineistossa. Vain eri-ikäisrakenteisissa metsissä pystylahopuun osuus oli tilastollisesti merkitsevästi ($p=0,013$) suurempi kuin 03- ja 04-kehitysluokkien metsissä. Myös kallioisten kasvupaikkojen ja mäntyvaltaisten (kuva 14) metsien pystylahopuun määrä oli suurempi kuin maalahopuun määrä, mutta vain mäntyvaltaisten metsien ero kuusi-, koivu- ja haapavaltaisiin metsiin oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0,023$).



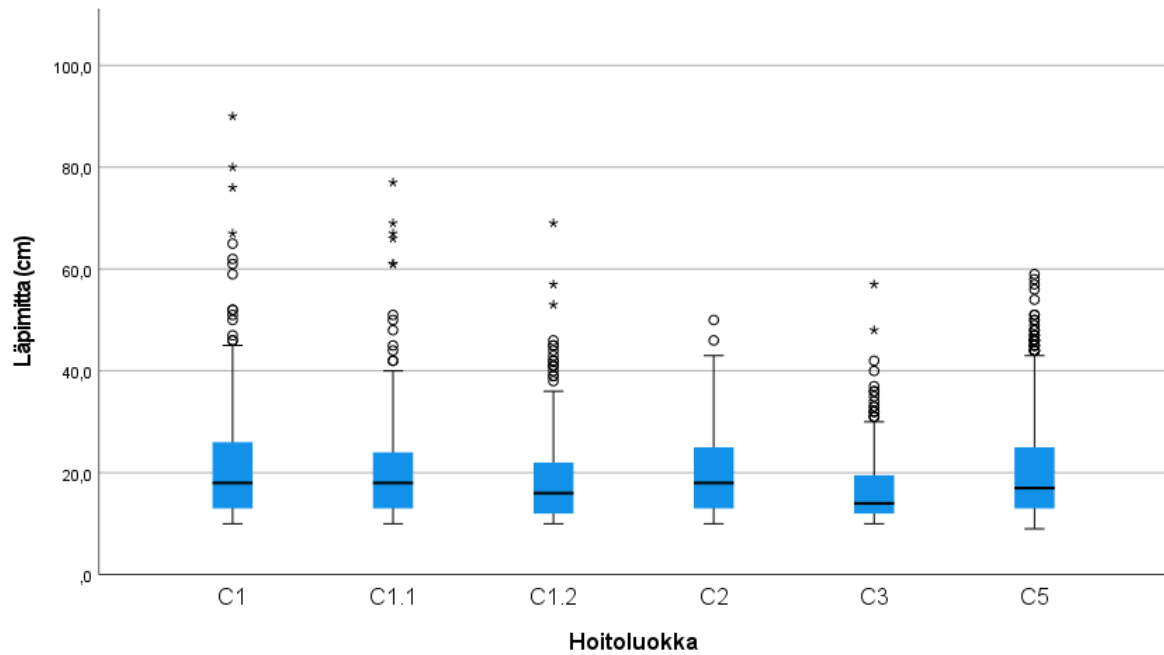
Kuva 14. Pysty- ja maalahopuun keskimääräiset osuudet eri kasvupaikkojen (vasen kuva) ja pääpuulajien (oikea kuva) koealojen keskimääräisestä lahopuun tilavuudesta.

Mitattujen lahopuiden keskiläpimitta oli 20 cm ja mediaaniläpimitta 17 cm. Läpimitaltaan yli 30 cm paksuja lahopuita oli kappalemäärinä aineistosta ainoastaan 12 % (Kuva 15). Kuitenkin tilavuudeltaan näitä suuriläpimittaisia lahopuita oli jopa 44 % kaikesta mitatusta lahopuusta. Pystypuut olivat keskimäärin hieman (n. 3 cm) paksumpia kuin maalahopuut. Keskiläpimitta oli keskimääräistä suurempi pötkelöillä (23,9 cm) ja kokonaisilla lahopuilla (21,5 cm). Sen sijaan rungon kappaleilla ja latvuksilla läpimitat olivat keskimääräistä pienemmät (17,8 cm ja 15,2 cm). Lehmukset olivat keskimäärin paksumpia (keskiläpimitta yli 40 cm) kuin muut lahopuut (keskiläpimitta 15–24 cm). Mitattuja lehmuksia oli aineistossa kuitenkin vain kaksi kappaletta.



Kuva 15. Lahopuiden läpimittajakauma (cm) koko aineistossa, Keskuspuiston koealat mukaan lukien.

Hoitoluokan, kasvupaikan, kehitysluokan sekä pääpuulajin vaikutus keskiläpimittaan oli tilastollisesti merkitsevä. Hoitoluokkien kesken vain suojametsien (C3) lahopuut olivat keskimäärin pieniläpimittaisempia (noin 17 cm) kuin muissa hoitoluokissa (kuva 16). Ero muihin hoitoluokkiin oli 1,4–5,1 cm. Kasvupaikkojen välillä ainoa tilastollisesti merkitsevä ero löytyi kuivien kankaiden ja lehtojen keskiläpimittojen väliltä, missä ero oli kuitenkin vain noin 2 cm, puiden ollessa keskimäärin paksumpia lehdoissa (20,2 cm) kuin kuivilla kangasmailla (18,2 cm). Nuorimman kehitysluokan (02) lahopuut olivat tilastollisesti merkitsevästi pieniläpimittaisempia (14,3 cm) kuin muiden kehitysluokkien koealojen lahopuut. Ero muihin kehitysluokkiin oli noin 4–6 cm. Eri pääpuulajien metsiköiden keskiläpimittojen erot olivat useiden luokkien välillä tilastollisesti merkitseviä, mutta suurimmillaankin ero oli korkeintaan noin 5 cm. Lahopuut olivat paksuimpia tervaleppämetsiköissä (keskimäärin 22,4 cm) ja ohuimpia (15,7 cm) vuorijalavametsikössä.



Kuva 16. Laatikko-jana-kuvaaja keskiläpimitoista (cm) eri hoitoluokissa. Laatikko-jana-kuvaajassa musta poikkiviiva on mediaaniarvo, 50 % havainnoista sijoittuu sinisen laatikon sisälle, janojen päät kuvaavat pienimpiä ja suurimpia arvoja ja poikkeavat arvot on merkitty avoimella ympyrällä ja merkittävästi poikkeavat arvot tähdellä.

Keskuspuiston linjakoealoilla lahopuun laatu vastasi muuta aineistoa muilta osin paitsi puulajijakaumassa ja keskiläpimitassa. Keskuspuistossa kuusen osuus lahopuun puulajijakaumassa oli huomattavan suuri. Kuusia oli mitatusta lahopuusta lähes 80 %. Koivun osuus mitatusta lahopuusta oli noin 16 % ja muita lehtipuita oli alle 4 %. Mäntyjä ja haapoja oli kumpaakin alle 1 %. Keskuspuistossa mitatut lahopuut olivat keskimäärin hieman paksumpia kuin muilla koealoilla, keskiläpimita oli noin 23 cm.

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Tulosten edustavuus

Aineisto edustaa kohtalaisen hyvin Helsingin kaupungin metsäkuvioita, jotka täyttävät inventointikriteerit (kappale 2.2). Verrattuna Helsingin metsätietojärjestelmästä saatuun kuviotietoon, C1 ja C1.1 hoitoluokkien koealojen osuus (10 ja 17 % koealoista) oli noin kaksinkolminkertaisesti suurempi kuin niiden osuus (6 ja 5 %) inventointikriteerit täyttävistä kuvioista. Myös C3-hoitoluokan kuvioiden osuus (14 %) koealoista oli lähes kaksi kertaa suurempi kuin niiden osuus (8 %) inventointikriteerit täyttävistä kuvioista. Suojelualueet (hoitoluokka S) kattavat inventointikriteereistä täyttävistä metsäkuvioista 11 %, mutta niitä oli koealoista vain 5 %. Suojelualueilla sijaitsevat koealat olivat Keskuspuiston linjainventointikoealoja. Inventointilinjoista viisi (linjat 97, 98, 99, 100 ja 108) sijaitsi kokonaan suojelualueella, kun taas kolme muuta inventointilinjaa sijaitsivat pääasiassa C5- ja C2-hoitoluokkien metsäkuvioilla. Kasvupaikkojen ja kehitysluokkien osuudet koealoista vastasivat hyvin inventointikriteerit täyttävien metsäkuvioiden kasvupaikkojen ja kehitysluokkien vastaavia osuuksia kaupungin metsätietojärjestelmässä. Myös eri pääpuulajit olivat pääosin hyvin edustettuina aineistossa. Kuusivaltaisia koealoja oli noin seitsemän prosenttiyksikköä vähemmän kuin metsätietojärjestelmän osuus, kun taas tervaleppä- ja vaahteravaltaisia koealoja oli kaksinkertainen määrä (4 % kutakin) metsätietojärjestelmän osuuksiin (2 % kumpaakin) verrattuna. Metsiköitä, joiden pääpuulajeina oli harmaaleppä, vuorijalava tai muu lehtipuu, oli tutkimuksessa vain yksi kappale kutakin, joten näiden pääpuulajien osalta tulokset eivät ole luotettavia pienen otoskoon takia. Sama koskee kuivien kankaiden (CT) kasvupaikan ja Y1-kehitysluokan (ylispuustoinen taimikko) koealoja.

Tässä tutkimuksessa käytetty lahopuun inventointimenetelmä antoi melko kattavan kuvan Helsingin kaupunkimetsien lahopuun määrästä ja laadusta. Koealoja oli sijoiteltu tasaisesti koko kaupungin alueelle ja erilaisille metsäkuvioille. Erilaiset inventointimenetelmät (koko kuvion inventointi, kaista- ja linjakoealat) täydensivät toisiaan erilaisilla metsäalueilla, mutta menetelmien hyvyttä tai tarkkuutta ei voida tämän tutkimuksen puitteissa vertailla keskenään. Lahopuun inventointi kokonaisilta metsäkuvioilta antaa tarkan tuloksen lahopuun määrästä, mutta on työlästä, jos kuvion koko on suuri ja/tai lahopuun määrä on runsas. Kaistainventoinnilla voidaan nopeuttaa inventointia, sillä koko kuviota ei tarvitse silloin inventoida, mutta inventointikaistojen perustamiseen kuluu työaika. Kaistaotannan tarkkuutta ja virhettä voisi myös selvittää inventoimalla joitain kaistoittain inventoituja koealoja kokonaan. Linjainventointi sopii todennäköisesti hyvin laajojen metsäalueiden karkean

lahopuumäärän selvittämiseen, jos kuviokohtaista tietoa ei tarvita tai inventoidut metsät edustavat samaa metsätyyppiä. Tutkimuksessa mitatut lahopuun määrät ovat myös vertailukelpoisia muun muassa valtakunnan metsien inventointiaineistojen kanssa, sillä lahopuun mittaamiseen käytettävät kriteerit (muun muassa minimiläpimitta) ja luokitukset olivat samanlaiset (Korhonen 2009).

4.2 Lahopuun määrä

Helsingin kaupunkimetsien keskimääräinen lahopuun määrä, Keskuspuiston linjakoealat mukaan lukien, oli noin 14 m³/ha, mikä on yli kaksinkertaisesti, jopa kymmenkertaisesti enemmän kuin talousmetsien keskimääräinen lahopuun määrä (Pohjoismaat 1–6 m³/ha (Siitonen 2001), Etelä-Suomi 4,8 m³/ha (Luonnonvarakeskus 2022)). Lahopuuta on kuitenkin huomattavan paljon vähemmän kuin luonnonmetsissä ja vanhoissa metsissä (60–120 m³/ha (Siitonen 2001)). Näiden tulosten perusteella tutkimushypoteesi 1 voidaan siis hyväksyä. Keskiarvon perusteella Helsingin kaupunkimetsissä lahopuun määrä on hyvin saman kaltainen kuin suojelluissa hakkuukypsissä metsissä (12,7 m³/ha (Ihalainen ja Mäkelä 2009)). Lahopuun mediaanimäärä oli tässä tutkimuksessa kuitenkin vain 8 m³/ha, mikä ilmentää sitä, että suurella osalla metsäkuvioista lahopuun määrä jää keskiarvoa merkittävästi alhaisemmaksi. Noin kolmellakymmenellä prosentilla koealoista lahopuuta oli vähemmän tai korkeintaan saman verran kuin viimeisimpien valtakunnan metsien inventointien (2016–2020) keskimääräinen lahopuun tilavuus (4,8 m³/ha) Etelä-Suomen metsissä (Luonnonvarakeskus 2022).

Arvometsissä lahopuuta oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin muiden hoitoluokkien metsäkuvioilla. Tutkimuksen tulokset siis tukevat hypoteesia 3. Ensisijainen selittävä tekijä on se, että alueet on alun perin luokiteltu arvometsäksi jo olemassa olevan (runsaan) lahopuumäärän ja puuston vanhan iän sekä kuviolla esiintyvien vanhan metsän luontoarvojen tai lajiston takia. Lisäksi arvometsäkuvioilla olemassa oleva lahopuu säästetään ja lahopuuta myös annetaan muodostua alueelle lisää muun muassa jättämällä alueet pääosin metsän- ja luonnonhoitotoimenpiteiden ulkopuolelle. Arvometsäkuvioilla lahopuun määrä oli keskimäärin noin 31,1 m³/ha (mediaani 30,4 m³/ha), mikä on kuitenkin alle puolet Korhosen ym. (2020 B) ja Kolun (2019) tutkimuksissa olleesta lahopuun määrästä arvometsäkohteilla ja hoitamattomilla tai luonnonmetsäkohteilla.

Muiden hoitoluokkien kuin arvometsien keskimääräinen lahopuun määrä oli noin 8,6 m³/ha (mediaani 6,05 m³/ha), eli vähemmän kuin Korhosen ym. (2020 B) ja Kolun (2019) tutkimusten

lahopuumäärät satunnaisissa kaupunkimetsissä (10 m³/ha, mediaani, Korhonen ym. 2020 B) tai hoidetuissa (12 m³/ha, keskiarvo, Kolu 2019) kaupunkimetsissä. Lahopuun määrä muissa hoitoluokissa kuin arvometsissä oli kuitenkin huomattavasti suurempi kuin keskimääräinen lahopuun määrä (4,8 m³/ha) Etelä-Suomen metsissä viimeisimmässä (2016–2020) valtakunnan metsien inventoinnissa (Luonnonvarakeskus 2022). Lahopuun kappalemäärät olivat lähes samanlaiset tässä tutkimuksessa ja Kolun (2019) tutkimuksessa. Hoidetuissa kaupunkimetsissä oli noin kolmasosa hoitamattomien kaupunkimetsien (arvometsät) lahopuun lukumäärästä molemmissa tutkimuksissa.

Tutkimusasetelmat tämän tutkimuksen ja Korhosen (2020 B) sekä Kolun (2019) tutkimusten kesken eroavat hieman toisistaan, mikä osittain selittää tulosten erilaisuutta. Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksessa lahopuukappaleista otettiin mukaan kaikki, joissa tyviläpimitta oli vähintään 10 cm, toisin kuin tässä tutkimuksessa, joissa minimiläpimitta 10 cm katsottiin kyseisen kappaleen mittauskohdasta (useimmiten rinnankorkeudelta tai kappaleen puolivälistä), ei tyveltä. Lisäksi Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksen aineistona oli ainoastaan kuusivaltaisia, tuoreen tai lehtomaisen kankaan, valtapuustoltaan vähintään 60-vuotiaita metsäkuvioita, toisin kuin tässä tutkimuksessa, jossa aineistona oli useiden pääpuulajien, ikäluokkien ja ravinteisuusluokkien metsiköitä. Aluskasvillisuuden osalta Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksessa rajattiin aineistoa tarkemmin vain täysin metsäkasvillisuudesta koostuviin metsiköihin. Myös Kolun (2019) tutkimus kohdistui ainoastaan kuusivaltaisiin iäkkäisiin metsiin. Kolun (2019) tutkimuksessa lahopuun tilavuuteen laskettiin myös alle 1,3 metriä korkeat kannot. Kolun (2019) ja Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksissa mukaan valikoitui siis lahopuun kappaleita, joita tässä tutkimuksessa ei huomioitu. Tässä tutkimuksessa oli sen sijaan laajasti edustettuna hyvin monenlaiset kaupunkimetsäkuviot, kallioisista ja vähätuottoisista kuvioista puistometsäkuvioihin sekä eri pääpuulajien metsiköt.

Jos otetaan huomioon ainoastaan tämän tutkimuksen kuviot, joilla pääpuulajina on kuusi, lahopuun määrä muilla kuin arvometsäkohteilla (19 koealaa) oli keskimäärin 12,4 m³/ha ja lahopuun määrän mediaani n. 11 m³/ha. Tässä tapauksessa lahopuun määrät ovat samanlaiset kuin Korhosen (2020 B) satunnaisilla kaupunkimetsäalueilla ja Kolun (2019) hoidetuilla kaupunkimetsäalueilla. Arvometsäkohteiden, joiden pääpuulaji on kuusi (6 koealaa), lahopuun määrä oli keskimäärin 35,5 m³/ha, eli yli puolet vähemmän kuin Korhosen (2020 B) ja Kolun (2019) tutkimuksissa. Selittävää syytä arvometsäkuvioiden tulosten suurelle erolle ei löytynyt. Koealojen puusto oli tässäkin tutkimuksessa vähintään 65-vuotiasta, ja kasvupaikat olivat ravinteisuudeltaan vähintään tuoreita kankaita. Metsikön hoitohistoria ja se, kuinka kauan se on

ollut hoitotoimien ulkopuolella, vaikuttaa lahopuun määrään, mutta sitä ei tässä tutkimuksessa selvitetty. Tämän tutkimuksen kuuden koealan otos kuusivaltaisista arvometsistä on kuitenkin pieni verrattuna muiden tutkimusten otoskokoihin (9 (Kolu 2019) ja 18 (Korhonen ym. 2020 B) koealaa).

Lahopuuta oli kaikista vähiten, keskimäärin alle 5 m³/ha, suojametsissä (C3-hoitoluokka). Suojametsien vähäinen lahopuun määrä voisi selittyä sillä, että suojametsien hoidon tarkoitus on ennen kaikkea ylläpitää elinvoimaista puustoa. Tällöin muun muassa usein toistuvat puuston harvennukset ovat tärkeä hoitokeino ylläpitää puiden hyvää kasvua ja elinvoimaa (Saukkonen ym. 2013), ja lahopuustoa ei siksi pääse juurikaan syntymään. Elinvoimainen ja kerroksellinen puusto toimii suojametsissä parhaiten torjumaan muun muassa katupölyn ja pienhiukkasten kulkeutumista (Saukkonen ym. 2013). Puuston ikä, elävän puuston tilavuus, pääpuulaji, metsätyyppi tai muut koealan piirteet eivät olleet suojametsissä tilastollisesti erilaisia muiden hoitoluokkien metsien kesken.

Lahopuun määrissä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja muiden kasvupaikkojen kuin lehtojen ja tuoreiden kangasmaiden välillä. Lehdoissa oli keskimäärin noin 10 m³/ha enemmän lahopuuta kuin tuoreilla kankailla. Myös lehtomaisilla kankailla oli keskimäärin noin 5 m³/ha enemmän lahopuuta kuin useimmilla muilla vähäravinteisemmilla kasvupaikoilla, vaikka ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Metsikön ikä tai kehitysluokka ei myöskään selittänyt lahopuun määrän vaihtelua. Näin ollen tutkimuksen tulokset eivät tue tutkimushypoteesia 2. Helsingin kaupunkimetsissä kehitysluokkiin jaottelu ei kuvaa metsän ikää kovin hyvin, sillä kaupungin metsiä ei hoideta jaksottaisen kasvatuksen menetelmin. Metsät siis koostuvat hyvin eri-ikäisistä kuvioista ja puista ja nuoria metsiä on varsin vähän.

Lahopuun määrä vaihteli huomattavan paljon kaikkien vertailtujen luokkien (kehitysluokka, kasvupaikka, hoitoluokka, pääpuulaji) sisällä, eli koealojen ja metsiköiden väliset erot olivat suuria. Esimerkiksi hoitoluokkien tai kasvupaikkojen sisällä erot lahopuun määrissä saman luokan sisällä saattoivat olla suurimmillaan yli viisikymmenkertaisia. Hoitamattomuuden (arvometsät, eli C5-hoitoluokan metsäkuviot) lisäksi selkeää selittävää tekijää lahopuun määrälle ei näyttäisi näiden tulosten perusteella olevan. Muiden kuin arvometsien kuvioilla, joilta mitattiin suuria, vähintään 20m³/ha lahopuumääriä, mitattujen puiden lukumäärä ei ollut kovinkaan suuri (useimmiten alle 30 mitattua puuta koealalla). Sen sijaan mitatut puut olivat kookkaita. Pienikokoisella kuviolla hehtaarikohtainen lahopuun määrä kasvaa siten helposti suureksi, vaikka lahopuita olisi määrällisesti vähän.

Keskuspuiston pohjoisosa erottui muusta aineistosta huomattavan lahoppuustoisena alueena. Lahoppuuta oli yli kolminkertainen määrä muuhun aineistoon verrattuna. Runsaaseen lahoppuun määrään vaikuttaa todennäköisesti se, että suurin osa linjakoealoista sijaitsi Haltialan metsän luonnonsuojelualueella, joka on perustettu hoidon ulkopuolelle jätetyille ennallistettavalle lehtokorpialueelle. Alueella oli myös useita kirjanpainajatuhokohteita, joilla kuollutta kuusipuuta oli muodostunut huomattavia määriä.

4.3 Lahoppuun laatu

Helsingin kaupunkimetsien lahoppu on laadullisesti monimuotoista. Lahoppu koostuu useista eri puulajeista, lahoasteista ja eri kokoisista lahoppuista. Laho puuta on metsissä niin pystyvuina kuin maapuinaakin. Lahoppuun monipuolinen puulajikoostumus vastasi elävän puuston lajistoa ja on seurausta siitä, että Helsingin kaupunkimetsät on pyritty ylläpitämään puustoltaan monilajisina (Saukkonen 2011, Saukkonen ym. 2013). Kuivilla ja karuilla kasvupaikoilla elävä puusto on mäntyvaltaista, joten myös lahoppu koostui pääosin kuolleista männyistä. Myös ulkoilu- ja virkistymetsien runsas mäntylahoppuun määrä selittynee sillä, että tämän hoitoluokan koealoista lähes 60 % oli mäntymetsiä. Runsaravinteisemmilla kasvupaikoilla sen sijaan menestyvät myös muut puulajit, mikä näkyi myös lahoppuustossa runsaampana lajien kirjona. Lahoppuun lajijakauma vastaa elävän puuston lajikoostumusta myös VMI:n tuloksissa (Ihalainen ja Mäkelä 2009), joissa mäntyjä ja kuusia oli kaikesta lahoppuusta 74 % ja lehtipuita 22 %. Helsingin kaupunkimetsissä lehtilahoppuuta on siis tuplasti enemmän kuin Suomen metsissä keskimäärin.

Lahoppuun laatuun vaikuttaa myös luonnonhoidon työohje (Saukkonen ym. 2013), jossa lahoppuiksi ohjataan jättämään ensisijaisesti lehtipuita ja maalahoppuita. Tämä näkyi tuloksissa suurena lehtilahoppuun ja maalahoppuun osuutena. Äskettäin kuolleita kuusia myös poistetaan metsistä kirjanpainajatuhojen ehkäisemiseksi, mikä vähentää kuusen osuutta kaikesta lahoppuusta. Pysty- ja maalahoppuun osuuksiin vaikuttaa luonnonhoidon ohjeen lisäksi puiden luontainen tapa kuolla: männyt kuolevat usein pystyyn, kun taas lehtipuut katkeavat rungosta ja kaatuvat maahan.

Verrattuna aiempiin kaupunkimetsistä tehtyihin (Kolu 2019 ja Korhonen ym. 2020 B) tutkimuksiin, tässä tutkimuksessa kaikesta mitatusta lahoppuusta pienempi osa oli kuusilahoppuuta, kun taas lehtipuita ja mäntyjä oli enemmän. Syynä eroihin on todennäköisimmin erot koealojen pääpuulajeissa ja kasvupaikoissa. Lisäksi maalahoppuun osuus

oli tässä tutkimuksessa suurempi kuin pystylahopuun määrä, toisin kuin Kolun (2019) ja Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksessa. Vuosien 2019–2020 valtakunnan metsien inventoinnin (Vaahtera ym. 2021) mukaan suurin osa (noin 73 %) Etelä-Suomen lahopuusta oli maapuuta. Maapuun osuus oli tässä tutkimuksessa jonkin verran pienempi, noin 60 %. Kuten Kolun (2019) ja Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksissa, myös tässä tutkimuksessa vain vähän tai ei ollenkaan lahonnutta (1- ja 2-lahoasteen) puuta oli suurin osa kaikesta lahopuusta. Arvokkaiden kaupunkimetsien ja muiden hoitoluokkien kaupunkimetsien välillä ei ollut merkitseviä eroja lahopuun laadussa, toisin kuin Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksessa, jossa kuusi- ja lehtilahopuuta sekä pitkälle lahonnutta (laholuokat 3–5) puuta oli enemmän arvokkaissa kuin satunnaisissa kaupunkimetsissä.

Lahopuut olivat keskimäärin läpimitaltaan melko pieniä. Suuriläpimittaisten (yli 30 cm) lahopuiden yhteenlaskettu tilavuus oli kuitenkin niin suuri, että jopa lähes puolet (44 %) kaikesta lahopuusta oli tätä monimuotoisuudelle erityisen tärkeää lahopuuta. Vuosien 2004–2007 valtakunnan metsien inventoinnissa vastaavaa järeää lahopuuta oli 14 % Etelä-Suomen metsissä (Ihalainen ja Mäkelä 2009). Helsingin kaupunkimetsissä järeän lahopuun osuus oli siis kolminkertainen.

4.4 Lahopuu ja luonnon monimuotoisuus

Tässä tutkimuksessa ei selvitetty tai vertailtu koealojen monimuotoisuutta tai monimuotoisuuden eroja erityyppisissä metsiköissä. Ei voida siis suoraan päätellä, että metsät, joissa on runsaasti lahopuuta ovat monimuotoisempia kuin metsät, joissa lahopuuta on vähän. Metsän monimuotoisuuteen vaikuttavat lahopuun määrän ja laadun lisäksi myös elävän puuston rakenne, maaperän ominaisuudet ja monet muut tekijät. Runsa lahopuun määrä voi kuitenkin tarjota elinympäristöjä monille lahopuusta riippuvaisille ja harvinaistuneille lajeille. Korhosen ym. (2020 B) sekä Kolun (2019) tutkimuksissa metsiköiden monimuotoisuutta vertailtiin muun muassa elävän puuston ja lahopuuston diversiteetti-indeksin avulla. Diversiteetti-indeksi kuvaa puulajien, läpimitaluokkien, lahoasteiden ja lahopuiden ilmiäsuojen kombinaatioiden lukumäärää yhdellä koealalla (Siitonen ym. 2000). Kolun (2019) ja Korhosen ym. (2020 B) tutkimuksissa hoitamattomien/arvokkaiden kaupunkimetsien diversiteetti-indeksi oli yli kaksi kertaa suurempi kuin hoidetuissa/satunnaisissa kaupunkimetsissä. Tässä tutkimuksessa diversiteetti-indeksiä ei voitu laskea samaan tapaan, sillä koealat eivät olleet samankokoisia.

Lahopuun määrän kynnyksarvo saproksyytilajiston monimuotoisuuden turvaamiseksi vaihtelee ja on boreaalisissa metsissä 10–70 kuutiometriä lahopuuta hehtaaria kohden (Müller ja Bütler 2010). Vähäpuustoisemmissa metsissä lahopuun määräksi riittäisi todennäköisesti kynnyksarvon vaihteluvälin alarajalla olevat lahopuun määrät, kun taas elävän puuston tilavuuden ollessa suurempi myös lahopuuta tulisi olla enemmän (Müller ja Bütler 2010). Müllerin ja Bütlerin (2010) katsauksessa noin 20–30 kuutiometrin hehtaarikohtainen lahopuumäärä näyttäisi olevan riittävä useimpien lajiryhmien ja -yhteisöjen säilymisen turvaamiseksi boreaalisissa metsissä ja alavien maiden metsissä. Myös Ylisirniön ym. (2016) suomalaisissa kuusimetsissä tehdyssä tutkimuksessa kääpälajien lukumäärä kasvoi, kun lahopuuta oli metsässä noin 20 m³/ha tai enemmän. Lahopuun määrän lisäksi myös laadullisesti soveliaan lahopuun jatkumo ajassa ja tilassa on tärkeää lahopuusta riippuvaisen lajiston säilymiseksi (Ylisirniö ym. 2016). Erityisesti kuusilahopuu on monien uhanalaisten kääpälajien ensisijainen elinympäristö (Ylisirniö ym. 2016), kun taas esimerkiksi monet tiaiset tarvitsevat lahoa pystyyn kuollutta lehtipuuta pesäkolojen kaivamiseen. Lahopuu-jatkumon ja lahopuun laadun kannalta olennaista on myös metsikön elävän puuston koostumus (Ylisirniö ym. 2016), josta siis tulevaisuuden lahopuu muodostuu.

Edellä mainittuihin kynnyksarvoihin nähden keskimääräinen lahopuun tilavuus jää tässä tutkimuksessa monilla kasvupaikoilla melko alhaiseksi. Kallioiden, kuivahkojen kankaiden ja mustikkatyypin kangasmetsien lahopuumäärät (keskimäärin 8,4–8,9 m³/ha) ovat alle alarajan, ja kuivilla kankailla ja lehtomaisilla kankailla (11,6–13,3 m³/ha) keskimäärin vain hieman yli alarajan (10 m³/ha). Lehdoissa lahopuuta oli keskimäärin noin 18 m³/ha. Kaikista koealoista noin 20 %:lla (26 koealaa) lahopuuta oli kuitenkin vähintään 20 m³/ha.

Kaupunkimetsissä lajiston monimuotoisuuden säilyttämisen ongelma on metsien voimakas ja jatkuva pirstaloituminen, mikä voi johtaa paikallisiin lajien katoamisiin ja rajoittaa lajien ja geenien siirtymistä metsäalueelta toiselle. Esimerkiksi Fattorinin ja Galassin (2016) tutkimuksen mukaan lahopuusta riippuvaisten kuoriaislajien runsaus on voimakkaasti yhteydessä metsäalueen kokoon ja etäisyyteen kaupungin keskustasta. Uusien yksilöiden siirtyminen ominaisuuksiltaan suotuisille (esimerkiksi huomattavan lahopuustoisille) alueille vaikeutuu entisestään, jos lähistöllä ei sijaitse niiden esiintymisalueita. Kaupunkimetsien monimuotoisuuden suojelussa tulisi ottaa huomioon myös metsäalueiden koko, alueiden väliset yhteydet ja lajien siirtymisen mahdollistaminen alueelta toiselle. Lahopuun määrän säilyttäminen ja lisääminen voisi Fattorinin ja Galassin (2016) tutkimuksen perusteella olla

erityisen arvokasta laajoilla ja syrjäisillä metsäalueilla, jotta lajien monimuotoisuus voitaisiin parhaiten turvata.

Lahopuun määrän lisäksi myös mikroilmastolla, erityisesti tuuli-, valo- ja kosteusolosuhteilla, saattaa olla vaikutusta lahopuulla elävään lajistoon (Ylisirniö ym. 2016). Tällöin pelkkä lahopuun määrän lisääminen ei todennäköisesti riitä näiden lajien säilymiseen, mikäli voimakas reunavaikutus johtaa kaupunkimetsässä kuivempaan mikroilmastoon. Näin ollen myös hyvin avoimilla ja puistomaisilla kaupunkimetsäkohteilla lahopuun hyöty voi jäädä vähäiseksi. Toisaalta suurikokoisilla ontoilla kaupunkipuilla, erityisesti jaloilla lehtipuilla, elää hyvin erikoistunut lajistonsa (Peuhu ja Siitonen 2011), jonka säilymiseksi myös puistomaisilla alueilla sijaitsevat lahopuut olisi säästettävä.

Lahopuun määrän lisääminen kaupunkimetsiin ei vaadi juurikaan toimenpiteitä. Yksinkertaisin ja myös kustannuksiltaan edullisin tapa lisätä lahopuun määrää on jättää kaikki syntynyt lahopuu korjaamatta. Helsingissä lahopuuta on alettu lisätä kaupungin metsiin vuoden 1995 jälkeen. Noin 20–25 vuotta on varsin lyhyt aika lahopuun määrän luontaiselle lisääntymiselle puiden kuolleisuuden kautta, eikä lahopuuta siis ole vielä ehtinyt muodostua suuria määriä. Lahopuun kertymistä voidaan nopeuttaa kaatamalla esimerkiksi heikentyneitä ja vaarallisia puita tekopötkelöiksi tai maapuiksi. Kaupunkien lahopuuoppaassa (Nieminen 2020) on esitelty lukuisia tapoja lisätä lahopuuta myös kaupunkien puistoihin ja muille viheralueille. Kuolleet rungot voivat toimia esimerkiksi puistoissa istuinpaikkoina tai taideteoksina, tai niillä voidaan rajata maisemaa tai suojella herkkiä luontokohteita (Nieminen 2020).

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimustulokset tämän ja aiempien tutkimusten (mm. Kolu 2019 ja Korhonen ym. 2020 B) perusteella osoittavat, että kaupunkimetsiin voi muodostua merkittävästi lahopuuta, kun puiden annetaan kuolla luontaisesti ja lahopuu jätetään keräämättä. Vaikka useilla kaupunkimetsäalueilla lahopuuta oli vähän, Helsingin kaupunkimetsissä on jonkin verran hyvin runsaslahopuustoisia keskittymiä. Niissä lahopuulla elävän lajisto voi säilyä, mikäli lahopuun määrä ja laadullinen jatkuvuus, eli eri puulajien ja eri lahoasteiden esiintyminen alueella voidaan säilyttää. Lahopuun määrää olisi kuitenkin lisättävä useimmilla metsäkuvioilla, jotta lahopuuatkumo saadaan luotua ja ylläpidettyä maisematasolla ja siten turvata lahopuun monimuotoisuushyödyt.

Lahopuun määrän vaihtelua selittivät tämän tutkimuksen mukaan parhaiten metsikön määrittely arvometsäkohteeksi sekä metsikön pääpuulajeista kuusivaltaisuus. Näillä kohteilla lahopuuta oli keskimäärin enemmän kuin muiden hoitoluokkien tai pääpuulajien metsiköissä. Myös elävän puuston tilavuus selitti lahopuun määrän vaihtelua siten, että metsikössä, jossa elävää puustoa oli paljon, myös lahopuuta oli runsaasti. Lahopuun laatua selitti eniten elävän puuston puulajikoostumus.

Lahopuun määrää erilaisissa kaupunkimetsissä ja eri puolilla Suomea tulisi tutkia enemmän, jotta saataisiin kattavampaa tietoa kaupunkimetsien monimuotoisuudesta. Lahopuun määrän ja laadun lisäksi olisi tärkeää tutkia myös sitä, onko (saproksyyli)lajien monimuotoisuus suurempaa sellaisissa kaupunkimetsissä, joissa lahopuuta on enemmän ja/tai se on laadultaan erityisen monimuotoista. Erityisen mielenkiintoista olisi saada tutkimustuloksia lahopuun määrän lisäämisen vaikutuksesta lajiston määrään. Tämä on tärkeää, jotta saadaan tietoa lahopuun määrän lisäämiseen tähtäävien hoitokeinojen vaikuttavuudesta, eli siitä saadaanko lahopuun lisäämisellä kaupunkimetsissä aikaan todellista hyötyä monimuotoisuudelle.

LÄHTEET

Alvey, A. 2006. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*, 5: 195–201. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.09.003>

Arviointilautakunnan tarkastusraportti. 2021 [Verkkodokumentti]. Julkaisija: Helsingin kaupunki. Saatavissa: https://www.arviointikertomus.fi/sites/default/files/pdf/Arviointikertomus_2021_saavutettava.pdf [Viitattu 13.6.2022]

Brondízio, E. S., Settele, J., Díaz, S., Ngo, H. T. (toim.). 2019. Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat. Bonn, Germany. 1144 s.

Brūmelis, G., Jonsson, B. G., Kouki, J., Kuuluvainen, T., & Shorohova, E. 2011. Forest naturalness in northern Europe: perspectives on processes, structures and species diversity. *Silva Fennica*, 45: 807–821. <https://doi.org/10.14214/sf.446>

Croci, S., Butet, A., Georges, A., Aguejdad, R., & Clergeau, P. 2008. Small urban woodlands as biodiversity conservation hot-spot: a multi-taxon approach. *Landscape Ecology*, 23: 1171–1186. <https://doi.org/10.1007/s10980-008-9257-0>

EU:n biodiversiteettistrategia 2021: European Commission, Directorate-General for Environment. 2021. EU biodiversity strategy for 2030: bringing nature back into our lives, Publications Office of the European Union. 36 s. Saatavissa: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548>

Ervasti, S. & Holstein, M. 2017. Vantaan metsänhoidon periaatteet 2017–2030. Vantaan kaupunki, Kuntatekniikan keskus, Viheralueyksikkö. 34 s.

Fattorini, S. & Galassi, D. M. P. 2016. Role of urban green spaces for saproxylic beetle conservation: a case study of tenebrionids in Rome, Italy. *Journal of Insect Conservation*, 20: 737–745. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9900-z>

Hamberg, L. & Löfström, I. 2009. Monimuotoisuuden ja metsän eri käyttömuotojen yhteensovittaminen kuntien virkistymetsissä ja valtion retkeilyalueilla. Metlan työraportteja 113. 69 s.

Hauru, K., Koskinen, S., Kotze, J. & Lehvävirta, S. 2014. The effects of decaying logs on the aesthetic experience and acceptability of urban forests – Implications for forest management. *Landscape and Urban Planning*. 123: 114-123.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.014>

Hautala, H., Jalonen, J., Laaka-Lindberg, S. & Vanha-Majamaa, I. 2004. Impacts of retention felling on coarse woody debris (CWD) in mature boreal spruce forests in Finland. *Biodiversity and Conservation*. 13: 1541–1554.

<https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000021327.43783.a9>

Hedblom, M. & Söderström, B. 2008. Woodlands across Swedish urban gradients: Status, structure and management implications. *Landscape and Urban Planning*, 84: 62–73.

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.06.007>

Helsingin kaupungin kiinteistövirasto metsä- ja maatalousosasto. 1995. Helsinki - metsäinen kaupunki meren rannalla. Helsingin kaupungin kiinteistöviraston metsä- ja maatalousosaston julkaisu 3/95.20 s.

Helsingin kaupunki. 2019. Metsien hoito. Internet-sivu. Saatavissa:

<https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/luonto-ja-viheralueet/hoito/metsien/>

[Viitattu 1.12.2021]

Helsingin luonnon monimuotoisuuden turvaaminen. Toimintaohjelma 2008–2017. 2010. Helsingin kaupunki, Ympäristökeskus. 44 s.

Helsingin luonnon monimuotoisuuden turvaamisen toimintaohjelma 2021–2028.

Kaupunkiympäristön julkaisuja 2021:16. Helsingin kaupunki. Kaupunkiympäristön toimiala. 68 s.

Holstein, M. 2022. Helsingin kaupungin Foresta metsätietojärjestelmästä toimittamat metsikkötiedot. [Toimitettu 1.7.2022]

Hottola, J., Ovaskainen, O. & Hanski, I. 2009. A unified measure of the number, volume and diversity of dead trees and the response of fungal communities. *Journal of Ecology*. 97: 1320–1328. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01583.x>

Hottola, J. & Siitonen, J. 2008. Significance of woodland key habitats for polypore diversity and red-listed species in boreal forests. *Biodiversity and Conservation*. 17: 2559–2577.

<https://doi.org/10.1007/s10531-008-9317-4>

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.

Ihalainen, A. & Mäkelä, H. 2009. Kuolleen puuston määrä Etelä- ja Pohjois-Suomessa 2004–2007. Metsätieteen aikakauskirja 1/2009: 35–56. <https://doi.org/10.14214/ma.5834>

Joensuun kaupungin metsänhoidon linjaus 2018–2028. 2018. (Anon.) 63 s. Julkaisija: Joensuun kaupunki. Saatavissa: https://www.joensuu.fi/documents/144181/3198646/Joensuun+kaupungin+mets%C3%A4nhoidon+linjaus_2018_1_lopullinen.pdf/17f6ae16-6e45-54d6-45f4-379823da66b2 [Viitattu 1.12.2021]

Kenis, M., Wermelinger, B. & Grégoire, J.-C. Research on parasitoids and predators of scolytidae - a review. Chapter 11 TEOKSESSA: Lieutier, F. & Lieutier, F. 2004. Bark and wood boring insects in living trees in Europe: a synthesis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 569 s.

Kolu, S. 2019. Lahopuun määrä ja laatu Lahden kaupunkimetsissä – Indikaatiot monimuotoisuudelle. Pro gradu -työ. 64 s.

Korhonen, K. (toim.) 2009. VMI11 maastotyöohje 2009. Metsäntutkimuslaitoksen erillisjulkaisu. 182 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201603038534>

Korhonen K. T., Ihalainen A., Kuusela S., Punttila P., Salminen O., Syrjänen K. 2020 A. Metsien monimuotoisuudelle merkittävien rakennepiirteiden muutokset Suomessa vuosina 1980–2015. Metsätieteen aikakauskirja. 2020/10198. 26 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10198>

Korhonen, A., Siitonen, J., Kotze, D. J., Immonen, A. & Hamberg, L. 2020 B. Stand characteristics and dead wood in urban forests: Potential biodiversity hotspots in managed boreal landscapes. Landscape and Urban Planning. 201. 12 s. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103855>

Kouki, J., Junninen, K., Mäkelä, K., Hokkanen, M., Aakala, T., Hallikainen, V., Korhonen, K. T., Kuuluvainen, T., Loiskekoski, M., Mattila, O., Matveinen, K., Punttila, P., Ruokanen, I., Valkonen, S. & Virkkala, R. 2018. Metsät. Julk.: Kontula, T. & Raunio, A. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 1: Tulokset ja

arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus & ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018. s. 171–201.

Kunttu, P., Junninen, K. & Kouki, J. 2015. Dead wood as an indicator of forest naturalness: A comparison of methods. *Forest Ecology and Management*. 353: 30-40.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.05.017>

Kuuluvainen, T. 1994. Gap disturbance, ground microtopography, and the regeneration dynamics of boreal coniferous forests in Finland: a review. *Annales Zoologici Fennici* 31: 35–51.

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch.

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108, 74 s.

Laki metsätuhojen torjunnasta 1087/2013. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131087>

[Viitattu 19.1.2022]

Luonnonvarakeskus, tilastotietokanta. Internet-sivu.

<https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/> [Viitattu 23.5.2022]

Miettinen, S. 2014. Lahden kaupungin omistamien metsien hoito- ja käyttöperiaatteet. Lahden viheralueohjelma. 28 s.

Müller, J. & Büttler, R. 2010. A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research*, 129: 981–992.

<https://doi.org/10.1007/s10342-010-0400-5>

Nieminen, J. 2020. Kaupunkien lahopuuopas: Lahopuun vaaliminen rakennetuilla viheralueilla. Viherympäristöliitto ry. Helsinki. 112 s.

Peuhu, E. & Siitonen, J. 2011. Ontot puistopuut ovat merkittävä elinympäristö monimuotoiselle lahopuueliöstölle. *Metsätieteen aikakauskirja*. 2011/1: 63–67.

<https://doi.org/10.14214/ma.5935>

Rabinowitsch-Jokinen, R. & Vanha-Majamaa, I. 2010. Immediate effects of logging, mounding and removal of logging residues and stumps on coarse woody debris in managed boreal Norway spruce stands. *Silva Fennica* 44: 51–62. <https://doi.org/10.14214/sf.162>

Renvall, P. 1995. Community structure and dynamics of wood-rotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. *Karstenia*. 35: 1–51.

- Saaristo, L. & Pasanen, H. 2018. Lahopuut ja luonnon monimuotoisuus. Työpaketti I. Julkaisija: Tapio Palvelut Oy. 28 s.
- Saukkonen, T. 2011. Helsingin kaupungin luonnonhoidon linjaus. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisuja 2011: 14. 60 s.
- Saukkonen, T., Holstein, M., Siuruainen, A., Ylikotila, T. & Virtanen, T. 2013. Luonnonhoidon työohje - Metsät. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2013:9. 44 s.
- Siitonen, J., Martikainen, P., Punttila, P. & Rauh, J. 2000. Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forest in southern Finland. *Forest Ecology and Management*. 128: 211-225. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00148-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00148-6)
- Siitonen, J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins*. 49: 11-41.
- Skwarek, K. & Bijak, S. 2015. Resources of dead wood in the municipal forests in Warsaw. *Lesne Prace Badawcze*, 76: 322-330. <https://doi.org/10.1515/frp-2015-0031>
- Stokland, J. N., Jonsson, B. G., Siitonen, J. 2012. Biodiversity in dead wood. Cambridge University Press. 509 s.
- Tyrväinen, L., Silvennoinen, H. & Kolehmainen, O. 2003. Ecological and aesthetic values in urban forest management. *Urban Forestry & Urban Greening*. 1: 135–149. <https://doi.org/10.1078/1618-8667-00014>
- Vaahtera, E., Niinistö, T., Peltola, A., Rätty, M., Sauvula-Seppälä, T., Torvelainen, J., Uotila, E. & Kulju, I. 2021. Metsätilastollinen vuosikirja 2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 204 s.
- Viheralueiden hoitoluokitus. 2007. Viherympäristöliitto. Julkaisu 36. 58 s.
- YK (UN) Convention on biological diversity. 1992. Internet-sivu. <https://www.cbd.int/> [Viitattu 19.1.2022]
- Ylisirniö, A.-L., Mönkkönen, M., Hallikainen, V., Ranta-Maunus, T., & Kouki, J. 2016. Woodland key habitats in preserving polypore diversity in boreal forests: Effects of patch size, stand structure and microclimate. *Forest Ecology and Management*. 373: 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.042>

Ympäristöministeriö. 2012. Luonnon puolesta – ihmisen hyväksi. Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävä käytön toimintaohjelma 2013–2020. [Verkkodokumentti] Saatavissa: [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Luonnon-puolesta---ihmisen-hyvaksi.-Suomen-luonnon-monimuotoisuuden-suojelun-ja-kestavan-kayton-toimintaohjelma-2013%C3%A2%E2%82%AC%E2%80%9C2020-A1006DC3_DDD2_4710_AFD4_C0F29D96C110-31786.pdf/4b50b3a3-9301-9912-7dab-6b5481d4d573/Luonnon-puolesta---ihmisen-hyvaksi.-Suomen-luonnon-monimuotoisuuden-suojelun-ja-kestavan-kayton-toimintaohjelma-2013%C3%A2%E2%82%AC%E2%80%9C2020-A1006DC3_DDD2_4710_AFD4_C0F29D96C110-31786.pdf?&t=1603260012095](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Luonnon-puolesta---ihmisen-hyvaksi.-Suomen-luonnon-monimuotoisuuden-suojelun-ja-kestavan-kayton-toimintaohjelma-2013%C3%A2%E2%82%AC%E2%80%9C2020-A1006DC3_DDD2_4710_AFD4_C0F29D96C110-31786.pdf/4b50b3a3-9301-9912-7dab-6b5481d4d573/Luonnon-puolesta---ihmisen-hyvaksi.-Suomen-luonnon-monimuotoisuuden-suojelun-ja-kestavan-kayton-toimintaohjelma-2013%C3%A2%E2%82%AC%E2%80%9C2020-A1006DC3_DDD2_4710_AFD4_C0F29D96C110-31786.pdf?t=1603260012095) [Viitattu 1.12.2021]

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 181 s.

Liite 1 Lahopuun määrä ja laatu hoitoluokittain

	Hoitoluokka						p-arvo
	C1	C1.1	C1.2	C2	C3	C5	
Lahopuun tilavuus keskimäärin (m ³ /ha)	14,25 (1,91-57,84)	7,38 (0-37,62)	7,35 (0,38-22,04)	13,02 (1,64-34,82)	4,54 (0,18-12,35)	31,07 (5,87-55,49)	<0,001
Mänty (osuus, %)	16,11 (0-73,94)	27,61 (0-100)	31,64 (0-97,83)	49,18 (0-100)	10,93 (0-100)	11,62 (0-76,85)	0,004
Kuusi (osuus, %)	16,83 (0-68,49)	3,84 (0-49,97)	13,32 (0-69,06)	27,22 (0-98,84)	14,44 (0-100)	19,98 (0-90,44)	0,140
Koivut (osuus, %)	26,98 (0-100)	15,29 (0-76,01)	26,12 (0-100)	16,74 (0-97,15)	40,51 (0-94,33)	27,33 (0-96,53)	0,181
Haapa (osuus, %)	9,97 (0-59,08)	11,23 (0-77,32)	7,76 (0-83,22)	0,07 (0-0,93)	7,59 (0-55,70)	1,33 (0-13,77)	0,282
Muut lehtipuut (osuus, %)	30,11 (0-77,17)	42,03 (0-100)	21,16 (0-100)	6,79 (0-58,91)	26,53 (0-84,22)	39,74 (0,64-100)	0,014
Lahoaste 1 A (osuus, %)	2,13 (0-25,55)	2,36 (0-27,71)	2,34 (0-31,86)	2,29 (0-14,63)	2,12 (0-24,15)	1,82 (0-22,69)	1,00
Lahoaste 1 B (osuus, %)	37,95 (0-97,77)	37,33 (0-100)	40,29 (0-100)	57,49 (17,70-97,75)	43,10 (0-100)	36,40 (3,78-93,75)	0,339
Lahoaste 2 (osuus, %)	17,70 (0-37,78)	28,69 (0-100)	26,61 (0-93,74)	14,74 (1,16-31,07)	19,35 (0-55,90)	30,41 (0-54,88)	0,084
Lahoaste 3 (osuus, %)	14,55 (0-55,63)	19,54 (0-68,90)	16,10 (0-65,38)	20,31 (0-51,23)	18,76 (0-78,14)	14,84 (0-34,20)	0,940
Lahoaste 4 (osuus, %)	16,52 (0-86,94)	11,26 (0-85,19)	9,19 (0-59,56)	1,79 (0-9,62)	8,36 (0-60,51)	8,73 (0,38-23,66)	0,292
Lahoaste 5 (osuus, %)	10,58 (0-58,43)	0,38 (0-3,64)	5,48 (0-37,20)	3,33 (0-12,77)	8,27 (0-39,49)	6,50 (0-25,91)	0,021
Pystypuu (osuus, %)	27,74 (0-72,72)	37,33 (0-100)	43,85 (0-100)	48,03 (0-80,66)	35,79 (0-100)	38,48 (10,17-86,05)	0,472
Maapuu (osuus, %)	72,26 (27,28-100)	62,67 (0-100)	56,15 (0-100)	51,97 (19,34-100)	64,21 (0-100)	61,52 (13,95-89,83)	0,472
Keskiläpimitta (cm)	22,08	20,45	18,34	20,21	16,00	20,02	1,6926E-9

Liite 2 Lahopuun määrä ja laatu kasvupaikoittain

	Kasvupaikka						p-arvo
	Kallio	CT	VT	MT	OMT	Lehto	
Lahopuun tilavuus keskimäärin (m ³ /ha)	8,38 (4,17-11,77)	11,59 (3,53-19,64)	8,92 (0,38-18,40)	8,42 (0-34,86)	13,34 (0,13-53,65)	18,20 (0-57,84)	0,034
Mänty (osuus, %)	70,38 (0-97,83)	54,88 (37,07-72,68)	44,86 (0-100)	34,00 (0-100)	13,12 (0-84,30)	7,83 (0-100)	0,000005
Kuusi (osuus, %)	0	6,39 (0-12,77)	10,38 (0-67,78)	17,20 (0-100)	20,33 (0-98,84)	12,32 (0-69,06)	0,574
Koivut (osuus, %)	34,09 (10,32-57,86)	23,01 (2,17-76,01)	22,44 (0-96,54)	28,20 (0-100)	25,20 (0-100)	24,94 (0-97,15)	0,976
Haapa (osuus, %)	0,52 (0-2,08)	2,53 (0-5,07)	8,92 (0-48,93)	3,12 (0-55,70)	3,14 (0-66,74)	13,67 (0-82,22)	0,088
Muut lehtipuut (osuus, %)	6,09 (0-23,99)	2,11 (0-4,23)	10,89 (0-44,54)	17,49 (0-100)	38,21 (0-100)	43,74 (0-100)	0,000479
Lahoaste 1 A (osuus, %)	1,81 (0-4,13)	4,80 (0-9,62)	0	1,63 (0-24,15)	4,55 (0-31,86)	1,81 (0-22,69)	0,275
Lahoaste 1 B (osuus, %)	32,40 (14,60-60,83)	14,01 (10,32-17,70)	36,95 (0-97,75)	50,34 (0-100)	37,25 (0-100)	37,24 (0-100)	0,166
Lahoaste 2 (osuus, %)	28,66 (3,83-41,10)	23,02 (19,78-26,26)	29,29 (2,25-67,78)	19,79 (0-100)	22,80 (0-64,06)	28,45 (0-93,74)	0,423
Lahoaste 3 (osuus, %)	23,44 (0-37,79)	55,38 (47,34-63,41)	20,59 (0-68,90)	14,65 (0-78,14)	16,51 (0-53,06)	17,21 (0-65,38)	0,075
Lahoaste 4 (osuus, %)	10,97 (0-38,22)	1,56 (0-3,13)	8,74 (0-41,60)	8,36 (0-86,94)	11,60 (0-60,51)	9,11 (0-85,19)	0,948
Lahoaste 5 (osuus, %)	1,84 (0-5,10)	1,22 (0-2,45)	3,99 (0-21,48)	5,22 (0-37,20)	7,14 (0-39,49)	5,85 (0-58,43)	0,812
Pystypuu (osuus, %)	61,24 (57,04-66,96)	19,89 (12,57-27,22)	36,84 (0-77,61)	49,78 (0-100)	26,10 (0-63,56)	35,72 (0-100)	0,009
Maapuu (osuus, %)	38,76 (33,04-42,96)	80,11 (72,78-87,43)	63,16 (22,39-100)	50,22 (0-100)	73,90 (36,44-100)	64,28 (0-100)	0,009
Keskiläpimitta (cm)	18,15	20,25	20,13	19,53	19,14	18,19	0,040

Liite 3 Lahopuun määrä ja laatu pääpuulajeittain

	Pääpuulaji											p-arvo
	Mänty	Kuusi	Rauduskoivu	Hieskoivu	Haapa	Harmaaleppä	Tervaleppä	Muu lehtipu	Vaahtera	Vuorijalava		
Lahopuun tilavuus keskimäärin (m ³ /ha)	8,76	17,96	7,17	9,21	10,35	46,17	37,91	5,36	12,16	2,53	2,0215E-7	
	(0,22-34,81)	(0,18-42,60)	(0,13-55,49)	(0,47-23,23)	(1,18-30,48)	(46,17-46,17)	(2,14-57,85)	(5,36-5,36)	(0-28,67)	(2,53-2,53)		
Mänty (osuus, %)	60,69	10,44	10,47	4,56	0,04	0	15,73	6,73	7,55	0	1,4826E-15	
	(0-100)	(0-37,04)	(0-77,00)	(0-27,78)	(0-0,30)	(0-0,30)	(0-56,08)	(6,73-6,73)	(0-45,31)	(0-45,31)		
Kuusi (osuus, %)	8,02	42,50	6,58	7,43	15,70	0	8,09	0	3,95	0	8,4741E-7	
	(0-67,78)	(0-100)	(0-92,85)	(0-33,21)	(0-55,72)	(0-37,54)	(0-37,54)	(0-19,00)	(0-19,00)	(0-19,00)		
Koivut (osuus, %)	20,04	25,45	28,83	55,15	2,83	4,60	21,13	83,71	19,12	16,78	0,012	
	(0-100)	(0-76,67)	(0-94,33)	(9,74-100)	(0-9,55)	(4,60-4,60)	(0-52,49)	(83,71-83,71)	(0-100)	(16,78-16,78)		
Haapa (osuus, %)	3,89	1,20	5,51	10,47	34,46	13,77	1,25	2,84	1,74	83,22	1,7429E-8	
	(0-48,93)	(0-22,86)	(0-58,00)	(0-61,88)	(0-77,32)	(13,77-13,77)	(0-7,48)	(2,84-2,84)	(0-10,47)	(83,22-83,22)		
Muut lehtipuit (osuus, %)	7,36	20,41	48,60	22,38	46,96	81,63	53,80	6,72	67,63	0	2,8125E-8	
	(0-49,80)	(0-100)	(1,84-100)	(0-61,16)	(2,85-90,45)	(81,63-81,63)	(7,48-100)	(6,72-6,72)	(0-100)	(0-100)		
Lahoaste 1 A (osuus, %)	1,94	3,87	1,38	3,98	0,04	0	1,92	0	0,49	0	0,828	
	(0-31,86)	(0-27,71)	(0-24,15)	(0-22,69)	(0-0,28)	(0-0,28)	(0-9,45)	(0-2,94)	(0-2,94)	(0-2,94)		
Lahoaste 1 B (osuus, %)	46,01	46,79	46,26	29,40	37,24	19,21	22,16	1,14	32,55	6,26	0,217	
	(0-100)	(0-100)	(0-100)	(0-62,22)	(0-89,51)	(19,21-19,21)	(4,46-40,85)	(1,14-1,14)	(0-93,75)	(6,26-6,26)		
Lahoaste 2 (osuus, %)	21,72	20,45	27,29	17,06	32,75	41,63	27,04	9,38	31,01	93,74	0,012	
	(0-67,78)	(0-54,88)	(0-100)	(0,94-40,85)	(10,49-55,90)	(41,63-41,63)	(10,35-38,54)	(9,38-9,38)	(0-65,23)	(93,74-93,74)		
Lahoaste 3 (osuus, %)	19,65	11,45	12,16	31,84	15,04	24,67	20,05	74,81	13,19	0	0,005	
	(0-78,14)	(0-51,23)	(0-49,50)	(0-65,38)	(0-30,80)	(24,67-24,67)	(0-50,63)	(74,81-74,81)	(0-31,06)	(0-31,06)		
Lahoaste 4 (osuus, %)	5,38	12,09	8,21	5,87	9,24	7,23	25,54	0	18,99	0	0,167	
	(0-41,60)	(0-60,51)	(0-39,98)	(0-24,70)	(0-37,76)	(7,23-7,23)	(3,52-85,19)	(0-86,94)	(0-86,94)	(0-86,94)		
Lahoaste 5 (osuus, %)	5,12	5,14	4,54	11,39	5,69	5,49	3,30	14,67	3,50	0	0,654	
	(0-37,20)	(0-39,49)	(0-21,59)	(0-58,43)	(0-13,90)	(5,49-5,49)	(0-7,83)	(14,67-14,67)	(0-13,06)	(0-13,06)		
Pystypuu (osuus, %)	52,26	34,55	33,31	24,45	27,46	25,82	39,82	57,23	33,62	100	0,023	
	(0-100)	(0-77,71)	(0-94,33)	(0-72,72)	(0-86,05)	(25,82-25,82)	(0-70,46)	(57,23-57,23)	(0-80,33)	(0-80,33)		
Maapuu (osuus, %)	47,74	65,45	66,69	75,55	72,54	74,18	60,18	42,77	66,38	0	0,023	
	(0-100)	(22,29-100)	(5,67-100)	(27,28-100)	(13,95-100)	(74,18-74,18)	(29,54-100)	(42,77-42,77)	(19,67-100)	(19,67-100)		
Keskiläpimitta (cm)	19,34	20,48	18,49	18,71	21,04	17,44	22,33	20,50	17,39	15,71	1,2223E-9	

Liite 4 Lahopuun määrä ja laatu kehitysluokittain

	Kehitysluokka						Y1	p-arvo
	ei luokkaa	02	03	04	05	ER		
Lahopuun tilavuus keskimäärin (m ³ /ha)	8,69 (0-18,61)	3,51 (0,22-8,35)	11,87 (0,34-55,49)	14,64 (0-57,84)	5,52 (2,05-9,39)	9,34 (1,81-30,48)	0,18 (0,18-0,18)	0,206
Mänty (osuus, %)	65,37 (0-97,83)	31,50 (0-100)	15,25 (0-77,00)	27,18 (0-100)	6,67 (0-22,36)	20,00 (0-100)	0	0,040
Kuusi (osuus, %)	0,94 (0-4,72)	5,93 (0-32,03)	8,62 (0-68,49)	18,60 (0-98,84)	12,36 (0-41,98)	11,14 (0-55,72)	100	0,007
Koivut (osuus, %)	18,41 (0-76,01)	30,77 (0-100)	26,15 (0-100)	25,66 (0-97,15)	28,85 (0-94,33)	21,91 (0-100)	0	0,973
Haapa (osuus, %)	2,51 (0-10,47)	0,79 (0-5,55)	4,73 (0-38,11)	8,29 (0-83,22)	11,12 (0-66,74)	0	0	0,759
Muut lehtipuut (osuus, %)	12,77 (0-39,51)	31,01 (0-100)	45,25 (0-100)	20,28 (0-100)	41,00 (5,67-100)	46,95 (0-100)	0	0,015
Lahoaste 1 A (osuus, %)	1,45 (0-4,13)	0	1,14 (0-25,55)	3,16 (0-31,86)	0,81 (0-3,01)	0,06 (0-0,28)	0	0,597
Lahoaste 1 B (osuus, %)	31,46 (14,60-60,83)	43,43 (0-100)	34,37 (0-94,26)	40,93 (0-100)	47,13 (4,46-94,33)	69,51 (25,96-100)	100	0,073
Lahoaste 2 (osuus, %)	31,44 (3,83-42,58)	20,40 (0-65,23)	27,78 (0-100)	24,10 (0-93,74)	16,98 (0-28,40)	18,53 (0-41,36)	0	0,594
Lahoaste 3 (osuus, %)	24,70 (0-37,79)	24,76 (0-78,14)	15,25 (0-74,81)	17,84 (0-68,90)	16,33 (0-40,34)	8,11 (0-29,16)	0	0,647
Lahoaste 4 (osuus, %)	8,77 (0-38,22)	3,11 (0-15,82)	12,47 (0-86,94)	8,75 (0-60,51)	16,61 (0-85,19)	2,60 (0-9,55)	0	0,602
Lahoaste 5 (osuus, %)	1,47 (0-5,10)	8,20 (0-17,81)	8,76 (0-58,43)	5,02 (0-39,49)	2,05 (0-6,57)	1,21 (0-6,03)	0	0,297
Pystypuu (osuus, %)	59,96 (54,82-66,96)	61,37 (17,25-100)	30,05 (0-94,26)	37,84 (0-100)	37,79 (0-94,33)	65,99 (14,58-100)	0	0,013
Maapuu (osuus, %)	40,04 (33,04-45,18)	38,63 (0-82,75)	69,95 (5,74-100)	62,16 (0-100)	62,21 (5,67-100)	34,01 (0-85,42)	100	0,013
Keskiläpimitta (cm)	19,48	14,29	18,02	20,63	18,18	20,82	14,00	1,0198E-14