

YHDISTELMÄKONEEN KORJUJÄLJEN SELVITYS  
ENERGIAPUUKOHITEILLA

Hepola Elisa  
Mäkinen Atte

Opinnäytetyö

Metsätalous  
Metsätalousinsinööri (AMK)

2024

Metsätalous  
Metsätalousinsinööri (AMK)

---

<b>Tekijät</b>	Elisa Hepola, Atte Mäkinen	<b>Vuosi 2024</b>
<b>Ohjaaja</b>	Kari Pasanen	
<b>Toimeksiantaja</b>	Stora Enso Oyj	
<b>Työn nimi</b>	Yhdistelmäkoneen korjuujäljen selvitys energiapuukohteilla	
<b>Sivumäärä</b>	43	

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Stora Enson sopimusyrittäjän yhdistelmäkoneen korjuujäljen selvitys Oulun hankinta-alueella. Yhdistelmään kuuluivat Ponsse Buffalo Dual -yhdistelmäkone ja Moipu 300F1 -giljotiinikoura. Korjuujäljen mittaustuloksia verrattiin tavallisiin ensiharvennuskohteisiin, jotka oli hakattu perinteisellä kahden koneen ketjulla. Tutkimukselle oli tarvetta, jotta saadaan konkreettista tietoa uuden energiapuun korjuumenetelmän korjuujäljestä ja luontolaadusta. Tuloksista saatuja tietoja tarvitaan korjuumenetelmien keskinäisissä vertailuissa ja korjuujäljen ja luontolaadun kehittämistoimien tueksi.

Tietoa korjuujäljestä ja luontolaadusta keräsimme pääasiassa maastossa tehdyillä mittauksilla ja havainnoilla. Mittasimme korjuujäljen sekä luontolaadun yhteensä yhdeksältä yhdistelmäkoneella hakatulta energiapuuleimikolta. Omien mittausten lisäksi vertailuaineistoa saatiin Stora Enson tietojärjestelmistä.

Kantojen korkeuksia lukuun ottamatta korjuujäljessä ei ollut suuria eroja yhdistelmäkoneen ja tavallisen korjuuketjun välillä. Suurimmat erot olivat kantojen korkeuksissa, mitä selittävät suurelta osin joukkokäsittelymenetelmän haasteet ja hakkuutapojen eriävät lähtötilanteet. Kohteilla jäävän puuston runkoluku oli yli suositusten. Perinteiset harvennushakkuiden korjuujäljen kriteerit eivät välttämättä huomioi hoitamattomien nuorten metsien erityistarpeita energiapuukorjuussa. Tästä syystä uuden soveltuvan kriteeristön kehittäminen voisi olla aiheellista.

Luontolaadussa ei havaittu merkittäviä eroja korjuumenetelmien välillä. Luontolaatu oli huomioitu asianmukaisesti niin elävien säästöpuiden, siisteyden kuin vesistöjenkin osalta. Aineistojen perusteella olisi hyvä kuitenkin lisätä molemmissa vertailtavissa kohteissa riistatihekköjen sekä tekopökkelöiden määrää. Nämä jäivät suurimmaksi osaksi suositusrajojen alapuolelle.

Avainsanat

giljotiinikoura, korjuujälki, yhdistelmäkone

Forestry  
Forestry Engineer

---

<b>Authors</b>	Elisa Hepola, Atte Mäkinen	<b>Year 2024</b>
<b>Supervisor</b>	Kari Pasanen	
<b>Commissioned by</b>	Stora Enso Oyj	
<b>Title</b>	Harvesting Results of a Combination Machine at Clearing Energy Wood Sites	
<b>Number of pages</b>	43	

---

The topic of this thesis was the investigation of the harvesting quality of Stora Enso's contract entrepreneur's combination machine in the Oulu procurement area. The combination included a Ponsse Buffalo Dual -combination machine and a Moipu 300F1 -guillotine unit. The results of the harvesting quality measurements were compared to regular first thinning sites that had been harvested with a traditional two-machine chain. There was a need for the research to obtain information about the harvesting quality and nature quality of the new energy wood harvesting method. The information obtained from the results is needed for comparisons between harvesting methods and to support the development of harvesting and nature quality.

Information about the harvesting quality and nature quality was mainly collected through measurements and observations made in the field. Measurements were taken from a total of nine energy wood stands harvested by the combination machine. In addition to the measurements taken, comparison data for harvesting quality was obtained from the information systems of Stora Enso. All sites used in the dataset are in the same contract entrepreneur's operational area.

Harvesting quality between the combination machine and the traditional harvesting chain, as the compared methods, showed no significant differences, except in stump heights due to mass handling challenges and different starting conditions of the forest stand. The study suggests reevaluating harvesting criteria, particularly for young forests in energy wood harvesting, advocating for the development of new criteria. Both the combination harvesting and traditional harvesting chain effectively managed environmental aspects like water protection and habitat conservation, but improvements in wildlife shelters and artificial snags are recommended.

**Keywords** combination machine, guillotine grapple, harvesting quality

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 TAIMIKONHOIDOSTA ENSIHARVENNUKSEEN.....	7
2.1 Nuoren metsän hoito.....	7
2.2 Yleisimmät korjuumenetelmät .....	9
2.3 Korjuulaadun sisältö .....	12
3 AINEISTOT JA MENETELMÄT .....	14
3.1 Aineistojen hankinta .....	14
3.2 Luontolaadun ja korjuujäljen menetelmät .....	17
3.3 Mittauksien luotettavuus .....	19
3.4 Aineistojen analysointi.....	20
4 TULOKSET .....	22
4.1 Korjuujälki .....	22
4.1.1 Puustotiheydet .....	23
4.1.2 Ajouraleveys .....	24
4.1.3 Ajouraväli .....	26
4.1.4 Korjuuvauriot.....	26
4.1.5 Kantojen vertailu .....	29
4.2 Luontolaatu .....	30
4.2.1 Elävät säästöpuut ja kuolleet puut.....	31
4.2.2 Tekopökkelöt.....	32
4.2.3 Maalahopuut ja sekapuustoisuuden ylläpitäminen .....	34
4.2.4 Riistatiheiköt.....	35
4.2.5 Muita arvioitavia kohtia.....	35
5 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	37
6 POHDINTA.....	39
LÄHTEET .....	41

## 1 JOHDANTO

Energiapuun kysyntä Suomessa on kasvanut merkittävästi sen jälkeen, kun Venäjän puun tuonti lopetettiin Venäjän hyökättyä Ukrainaan alkuvuodesta 2022. Lisäksi taustalla katsotaan olevan turpeen energiakäytön väheneminen. (Mäen-tausta 2023.) Oulun alueella energiapuun kysyntää kasvattaa entisestään Stora Enson päätös muuttaa Oulun Nuottasaaren paperikone kuluttajapakkauskartonkilinjaksi. Miljardiluokan investointi kasvattaa yhtiön puunhankintaa arviolta miljoonalla kuutiometrillä. (Politi & Sipola 2022.) Kasvava energiapuun kysyntä luo uusia vaatimuksia myös puunkorjuuyritysten korjuukalustolle ja menetelmille. Oikeiden korjuumenetelmien löytämisen tulee pohjautua tutkittuun tietoon, minkä takia on tarpeellista verrata eri menetelmien välisiä hyötyjä ja haittoja.

Energiapuukohteille on mahdollista hakea uutta Metka-tukea, joka korvaa edeltäjänsä, Kemera-tuen. Tuki tuli voimaan 1.1.2024. Sitä pystyy hakemaan maaliskuun alusta alkaen. Energiapuukohteilla vaatimukset muuttuvat keskiläpimittavaatimuksesta jäävän puuston pituusrajaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että harvennuksen jälkeen jäävän puuston havupuiden pituusraja on 12 metriä ja lehtipuilla 15 metriä. Metsätalouden kannustejärjestelmän tavoite on parantaa metsien kasvua, suojella biodiversiteettiä sekä kannustaa metsänomistajia hoitamaan metsiään jo nuorena. (Metsäkeskus 2024.) Kriteereiden tiukentuminen saattaa aikaistuttaa ensiharvennuksien ajankohtia. Sen seurauksena huolta syntyy mahdollisesti pienemmistä kertymistä sekä jäävän puuston määrästä.

Metsäkeskus suorittaa vuosittain harvennushakkuiden korjuujäljestä tehtäviä seurantoja. Usein virheellisen korjuujäljen taustalla on havaittu olevan liian voimakas harvennus. Tarkastustuloksissa ensiharvennuksien tavoite on tuottaa optimaalisin puutavaran määrä metsästä. Huolimatta siitä, mikä on ollut puuston lähtötiheys ennen hakkuiden aloitusta. Metsäkeskuksella on arvioitu, että noin 70–80 prosenttia tehdään oikeaan aikaan. Keskusteluissa on noussut esille näkemys, että pienemmällä koneella korjuujälki olisi parempaa. (Metsäkeskus 2023a.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla Stora Enson sopimusyrittäjän korjuukalustoon kuuluvan Ponsse Buffalo Dual -yhdistelmäkoneen ja sen Moipu M300F1 -giljotiinikouran korjuujälkeä ja luontolaatua energiapuuleimikoissa perinteisen monitoimikoneen ja harvesteripään korjuujälkeen ja luontolaatuun ensiharvennuksissa. Kaikki vertailukohteet ovat tavallisia ensiharvennuskohteita. Kohteille yhteistä on kesäkorjuukelpoisuus. Tietoa korjuujäljestä ja luontolaa- dusta kerättiin pääasiassa maastossa tehdyillä mittauksilla ja havainnoilla. Omien mittausten lisäksi korjuujäljen vertailuaineistoa saadaan Stora Enson tietojärjes- telmistä. Mitatut kohteet ovat kaikki olleet tukikelpoisia. Kohteille on haettu hak- kuun aikana voimassa ollutta Kemera-tukea. Tukikelpoisuus ei kuitenkaan ole ollut vaatimuksena energiapuuleimikoiden ostamiselle Stora Enson puunhankin- taohjeen mukaan, joten sitä ei ole huomioitu myöskään tässä opinnäytetyössä.

Tämän opinnäytetyön kirjoittamisessa on hyödynnetty ChatGPT:n versiota 4 tekstin kieliasun tarkistamiseen. Tekoälytyökalun avulla on parannettu tekstin sel- keyttä ja kielioppia.

## 2 TAIMIKONHOIDOSTA ENSIHARVENNUKSEEN

### 2.1 Nuoren metsän hoito

Nuoren metsän kunnostuksen tavoitteena on kasvattaa puut ainespuukokoiseksi ensiharvennuspuustoksi. Nuoren metsän kunnostus tulee usein tarpeelliseksi, jos asianmukaisia taimikonhoitotöitä ei ole tehty ajallaan. (Metsäkeskus 2023b.)

Hoitamattoman nuoren metsän kunnostuksen toteutuksen lähtökohtana on, että metsässä on riittävästi myöhemmin tukkipuiksi kelpaavia havupuita ja koivuja. Hyvänä määränä voidaan pitää 400–500 runkoa hehtaaria kohden. Jos elinvoimaisia runkoja ei ole riittävästi, metsää voi olla kannattava kasvattaa uudistushakkuuikään ilman harvennuksia. Kuusia ja rauduskoivuja suositetaan kasvupaikkatyypistä riippuen. (Maa- ja metsätalousministeriö 2024.)

Ylitiheiden ja riukuuntuneiden metsien hoidossa suositetaan parhaita puuyksilöitä, joilla on terveet latvukset. Riukuuntuneissa metsissä on suositeltavaa suorittaa hakkuut kahdessa vaiheessa mahdollisimman lievänä, jotta pahimmilta tuuli- ja lumituhoilta vältyttäisiin. Vaihtoehtoisesti tiheää hieskoivikkoa voidaan kasvattaa lyhyellä kiertoajalla ilman harvennushakkuita. Hieskoivikko on myös mahdollista muuntaa kuusien alikasvosta tukevaksi verhopuustoksi. Tarvittaessa alikasvokseen voidaan tehdä täydennysistutuksia kuusentaimilla. (Maa- ja metsätalousministeriö 2024.)

Nuorten kasvatusemetsien harvennusmallien mukainen tavoitetiheys määräytyy valtapituuden, pääpuulajin ja kasvupaikkatyypin perusteella. Esimerkiksi, kun valtapituus on 10–11 metriä ja kasvupaikkatyyppi on mäntyvaltaista tuoretta kangasta tai vastaavaa turvemaata, hakkuun jälkeinen tavoiteltava runkoluku on 1200–1400 runkoa hehtaarilla. Samoin, jos valtapituus on 11–13 metriä, hakkuun jälkeinen tavoiteltava runkoluku on 1100–1300 runkoa hehtaarilla. (Tapio 2024a.) Jäävän puuston lakiraja tuoreilla tai sitä ravinteikkaammilla kankailla on alle 12 metrin valtapituudessa 700 runkoa hehtaarilla, kun taas kuivahkoilla kankailla vastaava luku on 800 runkoa hehtaarilla (Tapio 2024b).

Ensiharvennuksilla voi olla perusteltua suorittaa ennakko- tai näkemäraivaus, jos taimikonharvennusta ei ole tehty. Ennakkoraivauksessa poistetaan raivaussahalla tiellä olevaa alikasvosta. Tavoitteena on vähentää korjuuvaurioita ja parantaa puunkorjuun tehokkuutta. Näkemäraivauksella parannetaan sen verran näkyvyyttä haittaavaa alikasvosta, että kuljettaja pystyy tekemään työnsä esteettä. Turhaa alikasvoksen poistamista pyritään aina välttämään monimuotoisuuden turvaamiseksi. Ennakkoraivaus suositellaan tehtävän 1–3 vuotta ennen varsinaista puunkorjuuta. (Tapio 2024b.)

Ensiharvennuksen harvennusmallin mukaisesti mäntyvaltaisilla tuoreilla tai kuivahkoilla kankailla tai vastaavilla turvekankailla tavoiteltu jäävän puuston tiheys on 900–1100 runkoa hehtaarilla valtapituuden ollessa 13–15 metriä. Harvennus toteutetaan alaharvennuksena. Jos harvennus tehdään laatuharvennuksena valtapituuden ollessa 10–12 metriä, hakkuun jälkeisen runkoluvun tavoitealue on 1100–1400 runkoa hehtaarilla. Kuivilla kankailla ja varputurvekankailla tavoiteltava runkoluku hakkuun jälkeen on 800–1000 kappaletta hehtaarilla, kun valtapituus on 11–13 metriä. (Tapio 2024a.) Jäävän puuston lakiraja 12–14 metrin valtapituudessa on tuoreilla tai sitä ravinteikkaammilla kankailla 9 neliometriä hehtaarilla ja kuivahkoilla kankailla 8 neliometriä hehtaarilla (Tapio 2024b).

Metsänhoidon suositukset sisältävät suuntaviivat erityyppisten metsien hoitoon, kuten kuusi-, koivu-, ja mäntyvaltaisiin metsiin sekä hoitamattomiin metsiin. Kuusivaltaisissa metsissä pyritään säilyttämään vähintään 60 prosenttia kasvatettavien puiden elävän latvuksen osuutta. Metsän kiertoajan aikana suositellaan yleensä 1–2 harvennusta. Kahden harvennuksen taktiikan katsotaan parantavan tuottavuutta ainakin metsänhoidon suositusten tutkimuksen perusteella. (Tapio 2024b.)

Mäntyvaltaisissa metsissä hakkuu tulisi suorittaa ennen elävän latvuksen osuuden pientymistä alle 40 prosenttiin puiden pituudesta. Hyvän kasvun takaamiseksi mänty vaatii enemmän kasvutilaa kuin kuusi. (Tapio 2024b.) Vastaavasti rauduskoivikoissa elävän latvuksen tulisi olla vähintään 50 prosenttia puun pituudesta. Ensiharvennus on tärkeää suorittaa oikeaan aikaan, jotta koivikko ei ehdi



riukuuntua. Kyseinen koivikko on altis lumituhoille eivätkä koivut mahdollisesti pääse järeytymään kunnolla. (Tapio 2024b.)

Harvennushakkuilla pyritään pitämään puiden kasvupotentiaali hyvällä tasolla. Metsikön kiertoaikana tehdään yleensä 2–3 harvennusta. Kasvutilaa lisäämällä vähennetään puiden välistä kilpailua. Ensimmäistä kertaa tehtävää harvennushakkuuta kutsutaan ensiharvennukseksi, jossa korjataan ensimmäistä kertaa ainespuuta. Energiapuuhakkuu on kuitenkin mahdollista tehdä ennen ensiharvennuksia, jos taimikonhoitotöitä ei ole tehty tai ainespuun määrä hakkuissa ei ole riittävä. (Metsäteho Oy 2024c.) Metsikön kiertoaikaan ja tuleviin harvennushakkuisiin vaikuttaa ensiharvennuksen voimakkuus. Voimakas harvennusmalli puuston alarajalle vedettynä edesauttaa puuston järeytymisessä. Näissä tapauksissa kaksi harvennushakkuuta saattaa olla riittävä koko kiertoaikana. Jos tehdään kevyt harvennusmallin ylärajalle tehty harvennus, saattaa harvennushakkuita tarvita 2–3. Kun hakkuita on enemmän, kiertoaikakin pitenee. (Maa- ja metsätalousministeriö 2024.)

## 2.2 Yleisimmät korjuumenetelmät

Kokopuun korjuussa puut kaadetaan ja kuljetetaan varastolle oksineen ja neulasineen (kuvio 1). Karuilla kasvupaikoilla tai alueilla, joilla on ravinteiden epätasapainoa, ei suositella käyttämään kokopuun korjuuta. Karsittua rankaa korjatessa puut katkotaan ja karsitaan, kuten perinteisessä ainespuun korjuussa. Tällöin ravinnetalouden ja kestävyysnäkökulmien puolesta menetelmä soveltuu kaikille harvennuskohteille. Karsittu ranka on parempaa myös hakkeen laadun näkökulmasta. Molemmissa menetelmissä voidaan hyödyntää joukkokäsittelyä, jolloin hakkuukokeen kouralla käsitellään useampia runkoja samanaikaisesti. Joukkokäsittelyn tarkoituksena on parantaa korjuun tuottavuutta. (Tapio 2024b.)



Kuvio 1. Varastopaikalle korjattu kokopuu

Normaali ensiharvennuksen puunkorjuu voidaan toteuttaa mäntyvaltaisissa metsiköissä yleensä joko alaharvennuksena tai laatuharvennuksena. Hyvälaatuiset tai paksuksaiset männiköt korjataan alaharvennuksena. Menetelmän tavoitteena on edistää kasvatettavan puuston järeytymistä ja kasvattaa hakkuukertymää. Laatuharvennus sopii taimivaiheessa ylitiheäksi jääneisiin, erittäin oksaisiin tai paksuksaisia päävaltapuita sisältäviin männiköihin. Laatuharvennuksessa suositetaan hyvälaatuisia lisävaltapuita. (Tapio 2024b.)

Harvennushakkuiden toteutuksessa on keskeistä edistää kasvamaan jätettävän puuston järeytymistä metsänomistajan asettamien tavoitteiden mukaisesti. Energiapuun korjuuta suunniteltaessa on otettava huomioon muun muassa leimikon korjattavuus ja luontoarvot sekä varastoinnin ja jatkokuljetuksen vaatimukset. Energiapuun kerääminen tuo uusia ulottuvuuksia myös pienempien puiden hyödyntämiselle. Tämä mahdollistaa pienempien puiden hyödyntämisen puunkorjuussa. (Tapio 2024b.)

Puunkorjuukaluston valinta tehdään käytettävissä olevan korjuukaluston mukaan. Valintaan vaikuttavat hakkuutapa, hakattavan puuston järeys, korjuuajan-

kohta, työmaakohtaiset olosuhteet sekä mahdolliset energiapuunkorjuun tarpeet. Lisävarusteet, kuten telat ja lisäpyörät, auttavat parantamaan koneiden suorituskykyä erityisesti pehmeäpohjaisilla maaperillä. Kantavuuden parantamiseksi ajourilla voidaan hyödyntää myös havutusta. Korjuun yhteydessä syntyneet hakkuutähteet jätetään maahan. Erittäin haastavissa olosuhteissa voidaan turvautua kevytsiltoihin ja kuitupuuteloihin. Koneen kuljettajan taidot ja olosuhteisiin mukautetut toimintatavat ovat tärkeässä osassa onnistuneen puunkorjuun toteutuksessa. Koneen kuljettajan on muun muassa osattava ajouraverkoston huolellinen suunnittelu. (Metsäteho Oy 2024a.)

Metsäkoneita on paljon erikokoisia. Pieni harvesteri soveltuu parhaiten ensimmäiseen ja toiseen harvennukseen. Vastaavasti suuremmat hakkuukoneet ovat usein parhaimpia uudistushakkuissa, joilla kaadettavien puiden koko on suurempi. Lähes kaikkia ajokoneita voidaan käyttää kaikilla harvennuksilla. Pieni ajokone ei välttämättä ole kustannustehokkain ratkaisu uudistushakkuissa. Suuremmat koneet ovat taas kömpelömpiä ja aiheuttavat helpommin maastovaurioita. (Metsäteho Oy 2024a.)

Yhdistelmäkoneet (kuvio 2) ovat kokoonpanoja, joilla onnistuvat sekä harvennus että metsäkuljetus. Kone voidaan muuntaa hakkuukäytöstä metsäkuljetukseen sopivaksi vaihtamalla pikakiinnikkeillä oleva hakkuupää puutavarakouraan ja lisäämällä kuormatilan rakenteet. Yhdistelmäkone voidaan varustaa myös yhdistelmäkouralla, jolla pystyy korjaamaan puita ja suorittamaan puutavaran lastauksen ja purun. Korjuukohteen pinta-ala ja arvioitu kokonaiskertymä ratkaisevat, milloin yhdistelmäkone on kustannustehokkaampi ratkaisu perinteisen korjuukorjuun sijaan. (Metsäteho Oy 2024a.)



Kuvio 2. Ponsse Buffalo Dual -yhdistelmäkone (Ponsse 2024a)

### 2.3 Korjuulaadun sisältö

Korjuulaatuun viitatta tarkastellaan korjuujäljen ja luonnonhoidon laadun arviointi sekä huomioidaan puuston, maaperän ja vesistön tila. Tarkasteltaessa korjuujäljen laatua kiinnitetään huomiota erilaisiin tekijöihin, kuten runko- ja juuristovaurioihin ja harvennusvoimakkuuteen. Lisäksi huomioidaan ajourapainauumat, -välit ja -leveydet. Luonnonhoidon laatua tarkasteltaessa huomioidaan useita eri tekijöitä niin monimuotoisuuden, puuston määrän ja laadun kuin arvokkaiden luontokohteidenkin osalta. Lisäksi vesiensuojelua ja maisemallista yleisilmettä tulee tarkastella huolellisesti. (Metsäteho Oy 2024b.)

Metsän kasvatuksen ja metsäenergian korjuun yhteydessä laadunhallintaan panostetaan paljon. Metsänomistajan näkökulmasta korostuu erityisesti korjuun laadun tarkastelu, joka kattaa metsikön tilan ja metsätien kunnon. Polttolaitoksille tärkeintä on energiapuun laatu, kun puutavara toimitetaan käyttöpaikalle. Tämä merkitys korostuu myös metsänomistajalle silloin, kun energiapuusta maksetaan energiasisällön perusteella. Laadukas korjuun toteutus toimii myös tärkeänä referenssinä yrittäjälle seuraavia urakoita silmällä pitäen. Korkean laadun saavut-

taminen vaatii metsänomistajan, puunostajan ja toimitusketjun osapuolten yhteisymmärrystä siitä, mistä korjuujäljen ja metsähakkeen muodostumisessa on kyse. Kaikkien tulee lisäksi tuntea näille asetetut laatuvaatimukset. Laadunhallinta edellyttää tehokasta laadunseurantaa, jossa tärkeänä osana on toimijoiden oma-  
valvonta. (Tapio 2024c.)

Harvennushakkuiden korjuulaatu pitää sisällään puuston, maaperän ja ympäristön tilan korjuun jälkeen. Tavoitteena on, että metsään jää kasvamaan laadukas ja tuottoisa puusto, joka vastaa metsänomistajan tavoitteita sekä toiveita. Heikko korjuujälki huonontaa metsänomistajan tulevaisuuden hakkuutuloja. Puuston kasvuhävikki ja tuulituhojen riski kasvaa, jos hakkuu tehdään liian voimakkaana. Vastaavasti liian tiheästi kasvamaan jätetty metsä hidastaa puuston järeytymistä. Ajouraverkosto vähentää aina puuston kasvutilaa, mutta on samalla välttämätön osa puunkorjuun toteutusta. Huolellisesti suunniteltu ajouraverkosto auttaa pitämään puuntuotannollisen tappion kohtuullisena. (Tapio 2024c.)

Mittaajakohtaiset poikkeavuudet täytyy ottaa aina huomioon mittauksissa. Mittaustuloksissa voi havaita vaihtelua riippuen siitä, kuka mittauksen suorittaa. Tämä vaihtelu ilmenee esimerkiksi jäävän puuston arvioinnissa, puiden korkeuden mittaamisessa ja luontolaadun arvioinnissa. Arvioinnissa otetaan huomioon muun muassa tekopötkelöiden ja riistatiheikköjen lukumäärä. Mittausten tarkkuuteen voivat myös vaikuttaa mittalaitteiden mahdolliset toimintahäiriöt, joiden seurauksena voi tulla mittavirheitä (Kotivuori, Hytönen & Haataja 2024, 18).

### 3 AINEISTOT JA MENETELMÄT

#### 3.1 Aineistojen hankinta

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on koostaa tietoa Stora Enson sopimusyrittäjän korjuukalustoon kuuluvan yhdistelmäkoneen korjuujäljestä ja luontolaadusta Oulun alueen energiapuuleimikoissa. Alueella on otettu käyttöön sopimusyrittäjän Ponsse Buffalo Dual -yhdistelmäkone, jossa on lisänä Moipu M300F1 –giljotitnikoura (kuvio 3). Yhdistelmä on suunniteltu energiapuunkorjuuseen. (Moisio Forest Oy 2023.) Ponsse Buffalo -metsäkoneen tyypillinen omapaino on 19 800 kilogrammaa ja kuormankantokyky 14 000–15 000 kilogrammaa. Koneen ulottuvuus on 7,8–10 metriä. Sen pituus on 9,6–10,7 metriä ja leveys on 2,85–3,08 metriä. Buffalolla on 3,86 metrin maavara. Kuormatilan pohjan pinta-ala on 4,5–5,5 neliometriä. (Ponsse 2024a.) Moipu M300F1 -harvesteripään massa on 680 kilogrammaa. Sen syöttönopeus on neljä metriä sekunnissa, ja se soveltuu parhaiten 5–20 senttimetrin paksuisille puille. (Moisio Forest Oy 2023.)



Kuvio 3. Ponsse Buffalo Dual ja Moipu M300F1 (Moipu 2024)

Tutkimusta varten on mitattu yhdeksän yhdistelmäkoneella hakattua kohdetta, joilta on arvioitu sekä korjuujälki että luontolaatu. Lisäksi mitattiin yhdeksän luontolaadun vertailukohdetta. Korjuujäljen vertailukohteina käytettiin Stora Enson tietojärjestelmistä löytyviä aikaisempia korjuujäljen mittauksia, jotka valittiin sattumanvaraisesti. Tavoitteena oli mitata korjuujälki kymmeneltä kohteelta, mutta loppuvuoden keliolosuhteiden vuoksi yksi kohde jäi mittaamatta. Lumimäärän vuoksi viimeistä mittausta ei olisi voinut tehdä enää luotettavasti.

Opinnäytetyössä selvitetään yhdistelmäkoneen korjuujälkeä energiapuun erillishakkuilla. Erillishakkuulta korjataan ainoastaan energiapuuta. Tutkimuksessa mitatuista kohteista viisi on korjattu kokopuuna ja neljä karsittuna rankana. Kokopuuna korjatussa leimikossa puut kaadetaan ja kuljetetaan varastopaikalle kokonaisina runkoina oksineen. Karsitun rangan menetelmässä puu karsitaan ja katkotaan ennen kuljetusta (Kärhä 2010).

Korjuumenetelmien valinnassa on noudatettu Stora Enson korjuuohjetta. Menetelmistä ja niiden oikeellisuudesta haastateltiin Stora Enson ostopäällikköä. Oikeiden korjuumenetelmien valinnat tehdään puuston lähtötilanteiden mukaan. Esimerkiksi karsimattoman rangan kohteilla edellytetään, että puuston runkoluku on 2500–15000 runkoa hehtaarilla ja poistettavan puuston keskipituus 7–11 metriä. Minimirunkovaatimusta ei ole. Kohteiden tulee täyttää myös Kemera-tuen vaatimukset. Karsitun rangan kohteilla edellytetään, että puuston järeys on riittävä tasolla. Metsässä tulee olla myös energiapuun lisäksi ainespuuta. Poistettavan puuston täytyy olla vähintään viisi senttimetriä rinnankorkeudelta. Vallitsevan puuston runkoluvun tulee olla männyllä yli 2200 kappaletta hehtaarilla, kuusella ja koivulla vähintään 2000 kappaletta hehtaarilla ja sekametsissä yli 2400 kappaletta hehtaarilla. (Härkönen 2024.)

Korjuujäljen ja luontolaadun vertailukohteet on korjattu tavallisena ensiharvenuksena. Niitä ei ole ainespuun lisäksi kerätty energiapuuta. Vertailukohteilla taimikonhoito on tehty ajallaan ja osa kohteista on ollut ennakkoraivattuja. Jokainen vertailukohde on hakattu tavallisella hakkuu- ja ajokoneella, kuten Ponsse Scorpion -harvesterilla (kuvio 4). Scorpion-harvesterin tyypillinen omapaino on

22 700 kilogrammaa ja pituus 8,02 metriä. Sen leveys on 2,63–3,08 metriä. (Ponsse 2024b.)



Kuvio 4. Ponsse Scorpion harvennusleimikolla (Ponsse 2024b)

Käytössä olleisiin ajokoneisiin kuuluvat Ponsse Buffalo -ajokone ja Ponsse Elk -ajokone sekä Komatsu 845 -ajokone. Buffalon ominaisuuksiin lukeutuu sen tyyppillinen omapaino 19 800 kilogrammaa, 14 000–15 000 kilogramman kuormankantokyky ja 4,5–5,5 neliometriä kuormatilan pohjanpinta-ala. Se on pituudeltaan 9,6–10,7 metriä ja leveydeltään 2,89–3,08 metriä. (Ponsse 2024a.) Ponsse Elk -ajokoneen ominaisuuksiin kuuluvat tyyppillinen omapaino 18 800 kilogrammaa, kuormankantokyky 13 000 kilogrammaa ja 4,5–6 neliometrin kuormatilan pohjanpinta-ala. Pituutta Ponsse Elk -ajokoneella on 9,38–9,94 metriä ja leveyttä 2,69–3,08 metriä. (Ponsse 2024c.) Komatsu 845:n ominaisuudet sisältävät omapainon 16 890 kilogrammaa, kuormankantokyvyn 12 000 kilogrammaa ja kuormatilan pohjanpinta-alan 3,5–4,8 neliometriä. Pituutta on 9,38 metriä ja leveyttä 2,62 metriä. (Komatsu Forest 2024.)



### 3.2 Luontolaadun ja korjuujäljen menetelmät

Korjuujäljen mittaukset sekä luontolaadun arviointi tehtiin Stora Enson ohjeiden mukaisesti. Ympyräkoealoja tehtiin aina kymmenen kappaletta, jotka sijoitettiin systemaattisesti kuvion keskilinjalle. Koealojen välinen etäisyys on pisimmän halkaisijan pituus jaettuna koealojen lukumäärällä. Välineinä oli käytössä maastotalennin, metsurimitta sekä onkivapa (kuvio 5). Koealoilta mitattiin runkojen lukumäärä neljän metrin säteellä sekä puiden keskipituudet ja keskiläpimitat. Lisäksi mitattiin ajouravälit, ajourapainumat, ajouran leveys sekä kantojen pituudet.



Kuvio 5. Yleisesti käytettyjä mittausvälineitä

Luontolaadun ohjeet perustuvat yleiseen valtakunnalliseen luontolaadun arviointiin. Selvitys tehtiin suoraan Stora Enson omaan Biodiversity Monitoring -sovellukseen, jossa on yksityiskohtaisia kysymyksiä luonnonhoidon laadunarviointiin liittyen. Arvioinnissa otetaan kantaa useisiin monimuotoisuusindikaattoreihin, kuten elävien säästöpuiden lukumäärään ja sijoitteluun, pysty- ja maalahopuun

määrään ja säästämiseen korjuussa. Lisäksi huomioidaan vesistöjen suojakais-  
tat ja riistalle suotuisat elinympäristöt.

Metsäasetuksessa on asetettu yleiset ohjeet korjuuvaurioiden arvioimiseen hak-  
kuilla. Asetuksessa kerrotaan, että korjuuvauriot ovat puuhun tai metsämaahan  
kohdistuvia vahinkoja, joita voi syntyä korjuun seurauksena. Puu luetaan vaurioi-  
tuneeksi, jos kasvatuskelpoinen puu on vaurioitunut yhdestä tai useammasta  
kohdasta yhteensä yli 12 neliösenttimetriä. Juurivaurioita tarkastellaan metrin sä-  
teellä rungosta yli kahden senttimetrin paksuisista juurista. Urapainaumia tarkas-  
tellaan kenttäkerroksen alareunasta. Urapainaumasta puhutaan, jos alareuna on  
painunut kangasmaalla yli kymmenen senttimetriä. Hakkuukohteesta määräy-  
tyen vaurioprosentti ei saa olla yli 15–25 prosenttia. (Valtioneuvoston asetus met-  
sien kestävästä hoidosta ja käytöstä 30.12.2013/1308 §5.)

Stora Enson luontolaadun arviointi perustuu valtakunnalliseen luontolaadun arvi-  
ointiin. Yhdistelmäkohteet ovat kaikki PEFC-sertifioituja. Kaikilla kohteilla on  
otettu uuden PEFC-sertifioinnin kriteerit huomioon. Arviointi maastossa perustuu  
huolelliseen silmämääräiseen kuvion läpikäyntiin. Koealueet käveltiin läpi sa-  
malla ottaen ylös luontolaadussa arvioitavia tekijöitä. Näitä olivat metsälain erityi-  
sen tärkeät elinympäristöt, vesiensuojelu, säästöpuut, riistatiheiköt, lahoppuut ja  
tekopökkelöt. Lisäksi tarkasteltiin leimikon siisteyttä korjuun jäljiltä.

Säästöpuilla tarkoitetaan pystypuita, joita ei missään metsän kiertoajan vai-  
heessa hakata pois. Säästöpuilla on tarkoitus lisätä talousmetsien monimuotoi-  
suutta. Ne tarjoavat elinympäristöjä eliölajeille sekä monipuolistavat korjuualueen  
maisemaa. Riistatiheiköt ovat eri-ikäisistä ja -kokoisista puista koostuvia tiheik-  
köjä, jotka jätetään kaiken metsänkäsittelyn ulkopuolelle tarjoamaan suojaa met-  
sän eläimille. Tekopökkelöt ovat elävänä 2–4 metrin korkeudelta katkaistuja  
puita, joiden tarkoituksena on lisätä lahoppuuston määrää talousmetsissä. Niitä  
suositellaan tehtävän pääsääntöisesti koivuista, mutta olosuhteiden mukaan niitä  
voidaan tehdä myös kuusista ja männyistä. (PEFC-standardi 2024, 40–41.)

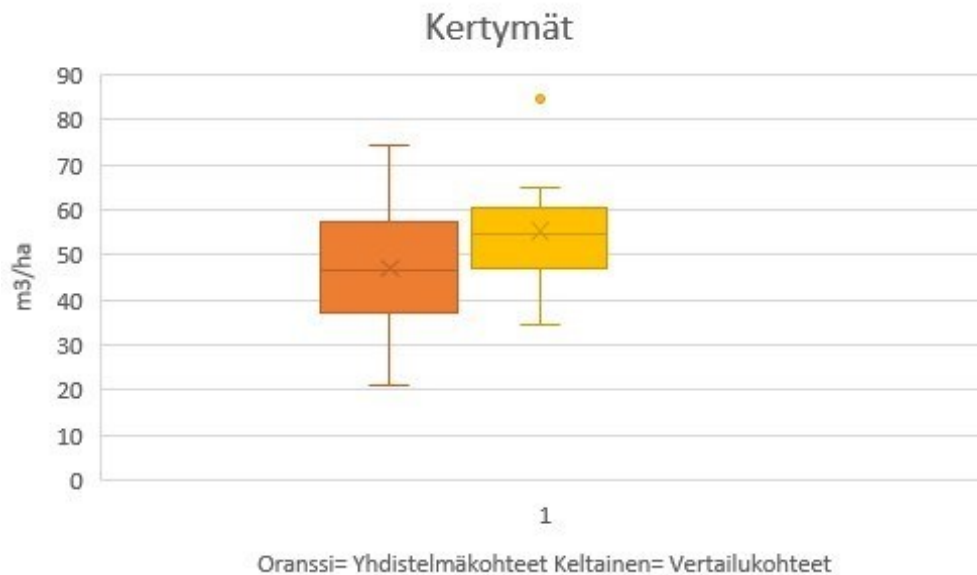
Vesiensuojelulla tarkoitetaan luontolaadun tarkastelussa vesistöalueiden huomiointia puunkorjuun toteutuksen yhteydessä. Tyypillisesti vesiensuojelu on tarpeen, jos leimikko rajautuu vesistöön tai pienveteen, esimerkiksi järveen, lamppeen, noroon tai puroon. Vesiensuojelutoimenpiteet vähentävät korjuusta aiheutuvaa vesistöjen kuormitusta, jota kiintoaineiden, humuksen ja ravinteiden huuhtoutuminen aiheuttaa. Luontolaadun arvioinnin kannalta kiinnitetään huomiota erityisesti pienvesien ylityksiin ja suojakaistoihin. Suojakaista on vesistön ja leimikon väliin jätetty hakkaamaton alue. Tehtävänä on ravinne- ja kiintoainehuuhtoutumien pidätys, rantavyöhykkeen kulumisen suojaaminen ja vesistön pienilmaston ylläpitäminen. Lisäksi niillä on maisemallista merkitystä korjuualueen lähimaastossa. (Tapio 2024d.)

### 3.3 Mittauksien luotettavuus

Kaikkia mahdollisia vaikutustekijöitä ei saatu rajattua pois mittauksissa, kuten eri kuljettajien ja mittaajien vaikutusta. Erilaisten metsäkoneen kuljettajien työnjäljessä ja menetelmissä on huomattavaa vaihtelua. Tällä on suuri vaikutus myös korjuu- ja luontolaatuun. Kaikki tässä opinnäytetyössä mitatut kohteet ovat kuitenkin saman urakoitsijan leimikoita ja näin ollen kaikilla heidän kuljettajillaan on ollut yhtenevät ohjeistukset korjuuseen. Ohjeistus tulee Stora Ensolta ja mukaillee metsälakia sekä sertifiointin noudattamia ohjeita.

Eri mittaajien tekemät korjuumittaukset ja luontolaadun arvoinnit voivat vaihdella, sillä jokainen tekee ne oman ammattitaidon mukaisesti. Jokaisen mittaajan silmä näkee metsät myös eri tavalla. Tässä päästiin kuitenkin varsin hyvään lopputulemaan, sillä luontolaadun osalta kaikki arvoinnit tehtiin itse giljotiini- ja vertailuaineiston kohteilla. Korjuujäljen mittauksissa tehtiin yhdistelmäkohteille arviointi, mutta vertailukohteita ei ehditty käymään läpi. Vertailuaineistot tulevat kuitenkin Stora Enson järjestelmistä, joten ohjeet ovat olleet kaikille samat.

Selvitimme myös kunkin kohteen puutavaran kertymiä (kuvio 6). Yhdistelmäkaaviossa on esitetty kertymät kuutiometriä hehtaarilla ( $m^3 / ha$ ).



Kuvio 6. Puutavarakertymien vertailu giljotiini- sekä vertailukohteilla

Giljotiinikohteiden puutavarakertymät vaihtelevat laajalti 20–70 kuutiometriä hehtaaria kohti. Vertailuna ensiharvennuskohteilla kertymät olivat keskimäärin suurempia. Kertymät vaihtelivat 35–85 kuutiometriä hehtaaria kohti. Lisäksi havaittiin vaihtelua energiapuukohteiden kertymissä riippuen käytetystä menetelmästä. Kun verrataan karsitun ja karsimattoman rangan kohteita, keskimääräinen kertymä on pienempi karsitun rangan kohteissa verrattuna karsimattoman rangan kohteisiin.

### 3.4 Aineistojen analysointi

Aineistot kerättiin maastossa suoraan Excel-taulukkoon, jossa mittaustulokset muokattiin erilaisiin diagrammeihin helpottamaan analysointia. Käytössä oli Stora Enson oma sovellus, joka on kehitetty luonnonhoidon laadun arvioinnin tietojenkäsittelyä varten. Sovelluksen pystyy lataamaan puhelimiin sovelluskaupasta. Sovellukseen pääsee kirjautumaan vain Stora Enson vahvistamilla tunnuksilla. Sovelluksessa pystyy paikantamaan oman sijainnin, jonka perusteella valitaan arvioitava kuvio. Ensimmäin kerrotaan kuvion perustiedot, jonka jälkeen aloitetaan tietojen täyttäminen ja mahdollisten kuvien lisääminen.

Biodiversity Monitoring -sovellusta ei kuitenkaan pystynyt käyttämään paikantamiseen opinnäytetyön koalueilla, joten mitattavat koalueet muutettiin shapefile-

tiedostoiksi. Näitä tiedostoja käytettiin QGIS-sovelluksessa. Maastossa liikkumiseen oli apuna QField-sovellus, joka on QGIS-ohjelman mobiililaitteilla toimiva vertaispalvelu. Tämä helpotti huomattavasti koalueiden paikantamista sekä maastossa liikkumista.

## 4 TULOKSET

### 4.1 Korjuujälki

Yhdistelmäkoneen korjuujälki mitattiin yhdeksältä koealueelta. Yhdeksän korjuukohteen otos edustaa noin 32:a prosenttia olemassa olleista varannoista. Otos on siis varsin hyvä. Määränä yhdeksän korjuukohdetta vaikuttaa pieneltä, mutta yhdistelmäkoneella hakattuja kohteita ei ollut vielä paljon saatavilla, eikä näin ollen mahdollista mitata.

Yhdistelmäkoneen kohteet sijaitsevat (kuvio 7) Etelä-Lapin sekä Pohjois-Pohjanmaan alueilla. Pohjoisen kohteiden kasvupaikkatyyppi on tuore kangas. Muut kohteet ovat kuivahkoa kangasta tai vastaavaa suota. Stora Enson järjestelmissä kohteet on merkitty operaatiotunnuksittain, jotka määritetään yleensä hakkuutavan, sijainnin, kasvupaikan ja ajankohdan perusteella. Yksi koealueista on koottu kolmelta eri operaatiotunnukselta, sillä kohteiden pinta-ala olisi jäänyt muuten liian pieneksi. Koealueiksi ei valittu alle hehtaarin kokoisia leimikoita, sillä koealoja ei pysty sijoittamaan liian pienelle alueelle.

Vertailukohteet sijoittuvat Oulun hankinta-alueille, joita ovat Raahe, Liminka ja Tyrnävä. Näistä ei ole kartta-aineistoa saatavilla. Aineistoja varten mitattiin yhdeksän yhdistelmäkoneella hakattua kohdetta ja jokaiselta koealueelta otettiin kymmenen koealaa. Niiltä määriteltiin puustotiheydet, puustotunnukset, ajouraleveys, ajouraväli, korjuuvauriot ja kantojen korkeudet.



Kuvio 7. Yhdistelmäkoneen korjuukohteiden sijainnit kartalla

#### 4.1.1 Puustotiheydet

Karsimattoman rangan menetelmässä ei ole minimirunkovaatimusta. Karsitulla rangalla minimirunkovaatimus on viisi senttimetriä. Jäävään puustoon laskettiin mukaan myös pienempiä runkoja, mikä nosti jäävän puuston runkolukua yhdistelmäkoneen hakkaamalla leimikoilla. Normaaliensa harvennuksella jääväksi puustoksi lasketaan rungot, joiden rinnankorkeusläpimitta on yli seitsemän senttimetriä ja pituus yli puolet vallitsevan latvuserroksen pituudesta.

Puustotiheys määritettiin runkolukuna neljän metrin koalavavan kanssa. Yhdistelmäkoneen korjaamalla leimikoilla keskimääräinen runkoluku korjuun jälkeen oli 1800 runkoa hehtaarilla (kuvio 8), keskipituus 9,3 metriä ja keskiläpimitta 9,1 senttimetriä. Valtapituus oli 11 metriä. Korjuun jälkeinen runkoluku on hieman tavoiteltua suurempi, mitä voi selittää kohteiden tiheä lähtötilanne. Vertailukohteiden puustotiheys on ilmoitettu pohjapinta-alana, joka oli keskimäärin 14. Vertailukohteilla valtapituus oli 12 metriä. Puustotiheyksien vertailu keskenään ei ole kuitenkaan tarkoituksenmukaista johtuen ensiharvennus- ja energiapuukohteiden erilaisista lähtökohdista.



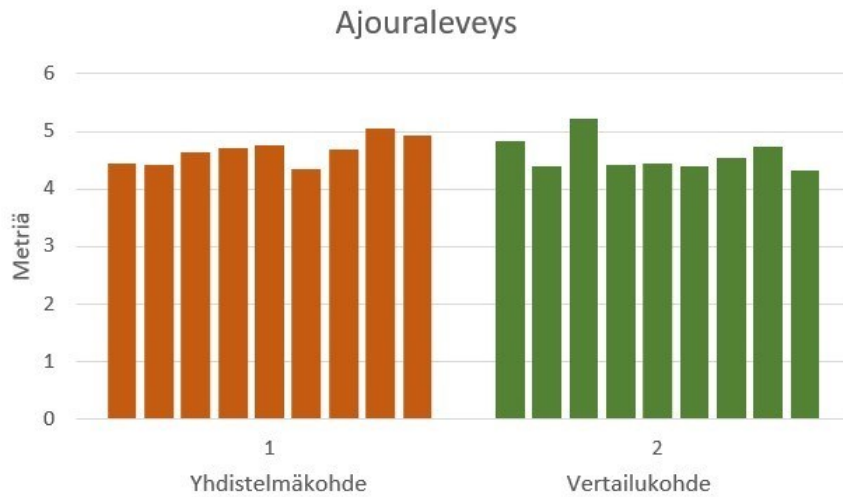
Kuvio 8. Yhdistelmäkoneen hakkaamien kohteiden runkoluvut hakkuun jälkeen

#### 4.1.2 Ajouraleveys

Ajouraleveydet mitattiin jokaisen koealan kohdalta koealaa lähimpänä olevalta ajouralta. Mittaus tehtiin kymmenen metrin matkalta, josta valittiin kaksi lähimpänä ajouraa olevaa puuta. Ajouran leveys saatiin mittaamalla ajouran molemmilta puolilta ajouraa lähimpänä olevan puun etäisyys ajouran keskipisteestä ja laskemalla nämä yhteen. Luontaiset aukot jätettiin mittauksista pois. Suositus ajouraleveydessä on alle 4,6 metriä kivennäismailla ja alle 5,1 metriä turvemailla (Maa- ja metsätalousministeriö 2024).

Yhdistelmäkoneella hakattujen kohteiden ja perinteisten ensiharvennuskohteiden välillä ei ollut merkittävää eroa kuvio yhdeksän mukaan. Kaikkien mitattujen koealueiden ajouraleveyksien keskiarvo oli 4,67 metriä ja vastaavasti vertailukohteilla 4,66 metriä.





Kuvio 9. Ajouraleveyksien vertailu

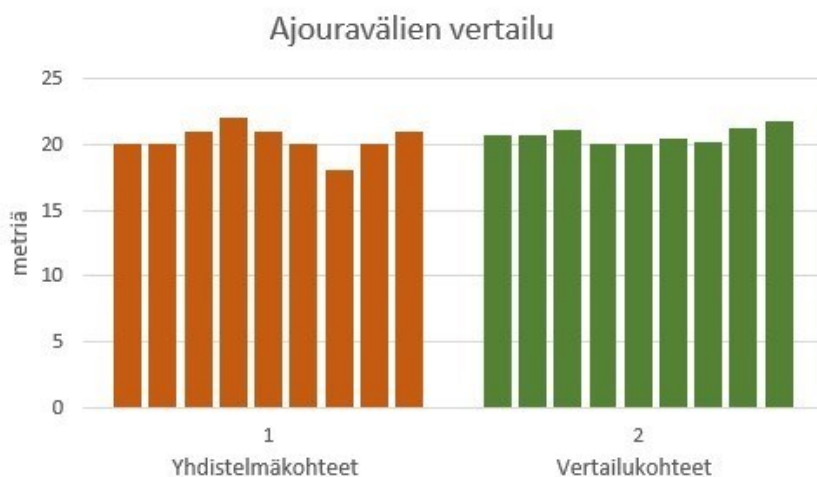
Ajouraleveyksiin (kuvio 10) vaikuttaa leimikkokohtaiset piirteet, koneiden ketteryys sekä metsäkoneenkuljettajien ammattitaito. Molempien menetelmien ajouralevydet oli kuitenkin saatu pidettyä tavoiteltavissa lukemissa.



Kuvio 10. Yhdistelmäkoneen tekemää ajouraa

### 4.1.3 Ajouraväli

Ajouraväli mitattiin koealaa lähimpänä olevista ajourista kohtisuoraan mittauspisteestä toiselle uralle. Välin mittaamiseen käytettiin vaihtelevasti lasermittaa tai metsurin mittaa. Kuvioista 11 nähdään, ettei ajouraväleissä ole suuria muutoksia havaittavissa. Väli liikkuu 20 metrin molemmin puolin. Kummankin menetelmän ajouravälien keskiarvo on 20,3 metriä eli pääasiassa ajouravälit ovat pysyneet hyvin tavoitearvoissa. Ajouravälin suositus on 19 metriä tai yli (Maa- ja metsätalousministeriö 2024).



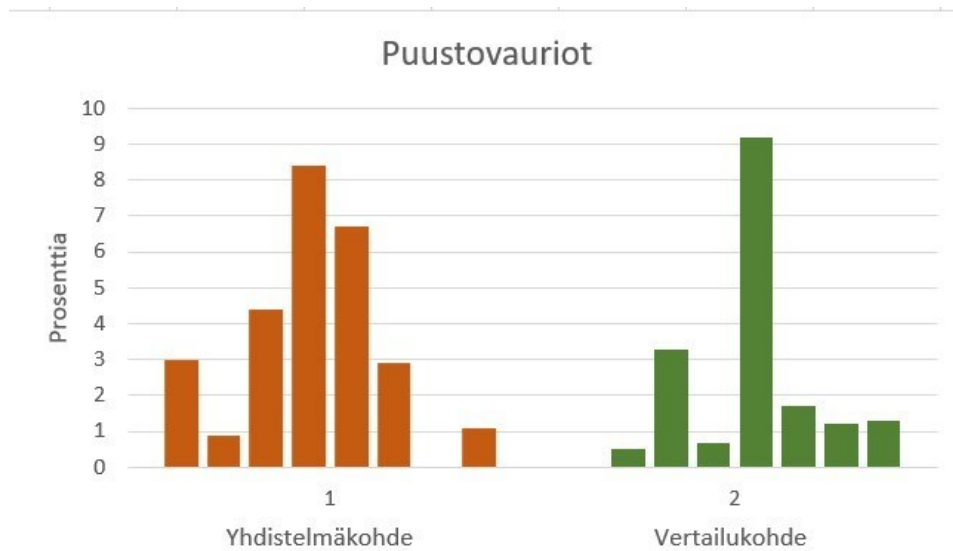
Kuvio 11. Ajouravälien vertailu

Yhdistelmäkaavion perusteella voidaan todeta, ettei vaihtelevuutta ajouraväleissä ole. Molemmissa kohteissa on ollut käytössä samankokoiset työkonemat. Tämä voisi viitata siihen, ettei ole ollut tarvetta muuttaa ajouraväliä kumpaankaan suuntaan. Väli on voitu pitää optimina.

### 4.1.4 Korjuuvauriot

Korjuuvaurioilla tarkoitetaan runko-, juuristo- ja ajourapainauksia. Runkovauriot laskettiin koealan säteen sisälle jäävistä puista. Runkovauriolla tarkoitetaan vauriota, joka on ulottunut vähintään puun nilakerrokseen asti vähintään 12 neliösenttimetrin alueelta tai yhteensä 30 neliösenttimetrin alueelta koko rungon pituudella. Myös korjuussa katkenneet latvat lasketaan runkovaurioiksi. Mittausten

perusteella (kuvio 12) vaihtelevuutta on hyvin paljon molempien kohteiden kuvi-  
oilla. Keskiarvallisesti puustovaurioita oli giljotiinikohteilla 3,04 prosenttia ja ver-  
tailukohteilla 2,16 prosenttia. Runko- ja juuristovaurioiden määrä ei saa ylittää  
kasvatettavien puiden osalta yli viittä prosenttia. (Maa- ja metsätalousministeriö  
2024).



Kuvio 12. Puustovaurioiden vertailu giljotiini- sekä vertailukohteilla

Leimikkokohtaisessa vaihtelussa voi olla syynä korjuun olosuhteet, leimikkokohtaiset ominaisuudet sekä eri kuljettajien välinen ammattitaito. Yhdistelmäkoneen sekä perinteisen harvesterin ja ajokoneen välillä ei näy merkittävää eroa korjuuvaurioiden määrässä tai laadussa. Uutena menetelmänä yhdistelmäkoneen korjuuvauriot voivat selittyä osaltaan myös kuljettajien kokemuksen puutteesta, sillä heillä ei todennäköisesti ole aikaisempaa kokemusta vastaavan kokoonpanon käsittelystä.



Kuvio 13. Korjuuvaurio kasvatettavassa rungossa

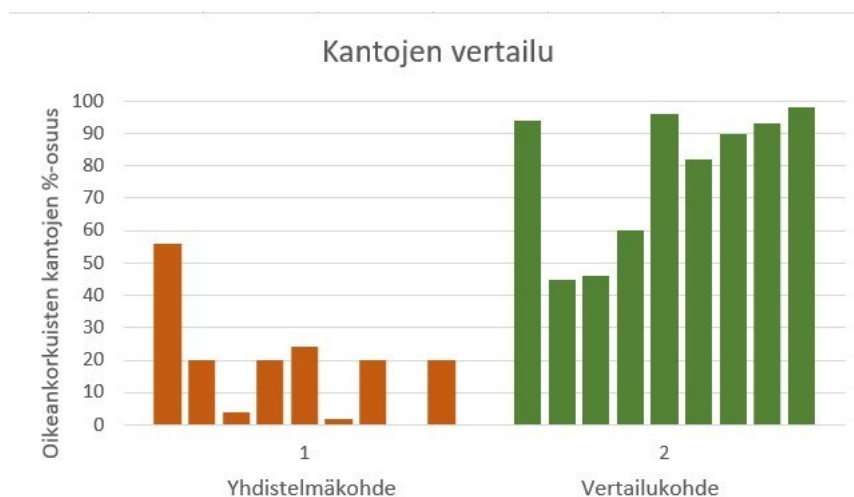
Kivennäismaalla painaumaksi lasketaan yli kymmenen senttimetriä syvät ja vähintään yhden metrin pituiset painaumat. Vastaavasti turvemaalla painauman tulee olla vähintään 20 senttimetriä syvä ja turpeeseen leikkaantunut. (Maa- ja metsätalousministeriö 2024.) Ajourapainaukset mitattiin koealaa lähimpänä olevasta ajourasta. Mittauksen lähtöpiste oli suoraan koealan kohdalla ajouran keskiraihteella, josta laskettiin 15 metriä ajouran kumpaankin suuntaan. Yhteensä ajourapainaukset laskettiin 30 metrin matkalta jokaiselta koealalta. Painaumien määrät merkittiin ylös metreinä.

Kaikkien mitattujen yhdistelmäkoneella hakattujen leimikoiden ajourapainaumien osuus oli vain 0,01 prosenttia. Vertailukohteilla vastaava osuus oli 0,40 prosenttia. Ajourapainaumien pientä osuutta selittää mahdollisesti osaltaan se, että mitatut kohteet olivat pääosin kuivahkolla kankaalla. Näillä kohteilla ajourapainaumien syntyminen on epätodennäköisempää kuin kosteammilla turvekan-kailla. Yhdistelmäkone ei myöskään kuluta ajouria niin paljoa kuin perinteinen hakkuuketju, jossa leimikossa on harvesterin lisäksi ajokone. Yhdistelmäkone on hieman kapeampi ja kuormatilavuudeltaan pienempi. Ajourapainaumien mittaaminen on osittain mittaajan omaa tulkintaa johtuen maaston epäsäännöllisyydestä.

#### 4.1.5 Kantojen vertailu

Kantojen korkeudet mitattiin viidestä ympyräkoealaa lähimpänä olevasta kannosta. Viidestä koealan kannosta merkittiin ylös pitkät ja lyhyet kannot. Kanto laskettiin pitkäksi, jos kannon hukka-ainespuun osuus oli yli viisi senttimetriä. Hukka-ainespuun osuus laskettiin juurenniskan yläosasta tai teknisesti mahdollisesta katkaisukohtasta puun toteutuneeseen katkaisukohtaan. Esimerkiksi kannon vieressä oleva kivi huomioitiin kantojen pituuksia mitattaessa, mikäli kivi on vaikuttanut katkaisukohtaan valintaan.

Mittausten tuloksissa kuvio 14 osoittaa, että merkittävimmät erot korjuujäljen laadussa näkyivät kantojen korkeuksissa. Korjuulaadun kriteeristön mukaan giljotiinikouralla hakatuista leimikoista keskimäärin noin 81 prosenttia kannoista oli pitkiä, kun taas perinteisellä hakkuupäällä noin 24 prosenttia kannoista oli pitkiä. Tulosten tulkinta ei kuitenkaan käytännössä ole näin yksinkertaista johtuen korjuumenetelmien erilaisuudesta. Harvennushakkuiden korjuujäljen kriteeristö ei ota erikseen huomioon energiapuukorjuuta nuorten metsien hoidossa.



Kuvio 14. Oikean korkeisten kantojen osuudet

Pitkiä kantoja (kuvio 15) syntyy muun muassa sen vuoksi, että giljotiinikouralla on mahdollista korjata läpimitaltaan pienempiä runkoja ja katkonta on tehty joukkokäsittelymenetelmällä ottamalla useita runkoja kouraan samanaikaisesti. Tällöin kouran syöttäminen alaspäin ei enää onnistu ja katkaisukohta jää ylemmäksi.

Myös erilainen lähtötilanne leimikolla vaikuttaa kantojen pituuteen, sillä energia-  
puuleimikoissa lähtötiheys on usein korkeampi kuin tavallisella ensiharvennus-  
kohteella. Yleensä kylvömänniköt ja hieskoivikot kasvavat myös tuppaisa, jolloin  
kantojen katkominen lyhyeksi ei onnistu. Vierekkäiset rungot estävät syöttämästä  
kouraa alemmaksi. Lisäksi näkyvyys voi olla huonompi eikä hakkuukoneen kul-  
jettaja näe katkaisukohtaa kunnolla. Runkovaurioiden välttämiseksi runko voi-  
daan katkaista ylempää, jos poistettavan rungon vieressä on kasvatettava puu.



Kuvio 15. Yhdistelmäkoneen jättämiä pitkiä kantoja

#### 4.2 Luontolaatu

Kaikilta yhdistelmäkoneella korjatuilta koealueilta arvioitiin korjuujäljen lisäksi  
luontolaatu. Kohteilta mitattiin myös yhdeksän erillistä luontolaadun vertailukoh-  
detta, jotka sijaitsivat Pohjois-Pohjanmaan alueella (kuvio 16). Luontolaadun ver-  
tailukohteet eivät ole samat kuin korjuujäljen vertailukohteet, koska korjuujäljen

vertailukohteille ei ollut tehty luontolaadun arviointia. Näin ollen luontolaadun arviointia varten piti hakea uudet kohteet.

Luontolaadun arviointi perustuu voimassa olevaan metsälakiin, uusimpaan PEFC-standardiin sekä metsänhoidonsuositukseen. Lisäksi huomioon otetaan Stora Enso Metsän sisäiset ohjeistukset.



Kuvio 16. Luontolaadun vertailukohteet kartalla

Kaikki luontolaadussa arvioidut vertailukohteet ovat saman korjuuyrittäjän työn jälkeä. Vertailukohteet ovat ensiharvennuksia, jotka on hakattu perinteisellä harvesterin ja ajokoneen muodostamalla korjuuketjulla.

#### 4.2.1 Elävät säästöpuut ja kuolleet puut

Säästöpuita ovat ne elävät puut, jotka jätetään pysyvästi talousmetsään kasvaan ja lahoamaan. Kullakin kohteella oli huomioitu elävien säästöpuiden jättäminen, vaikkakin niiden tarkkaa määrää oli vaikea arvioida luotettavasti. PEFC:n vaatimuksena on jättää eläviä säästöpuita vähintään kymmenen kappaletta hehtaarille. Tämä määrä toteutui kaikilla kohteilla hyvin. Säästöpuiden sijoittelu toi

mukanaan haasteita määrän laskemiseen. Niiden sijoittelu oli kuitenkin onnistuneesti toteutettu, sillä oli vältetty puiden jättämistä sähkölinjojen ja liikenneväylien läheisyyteen. Säästöpuita oli sijoitettu kohteilla ryhmittäin. Usein niiden läheisyyteen oli tehty myös riistatiheiköitä sekä tekopötkkelöitä.

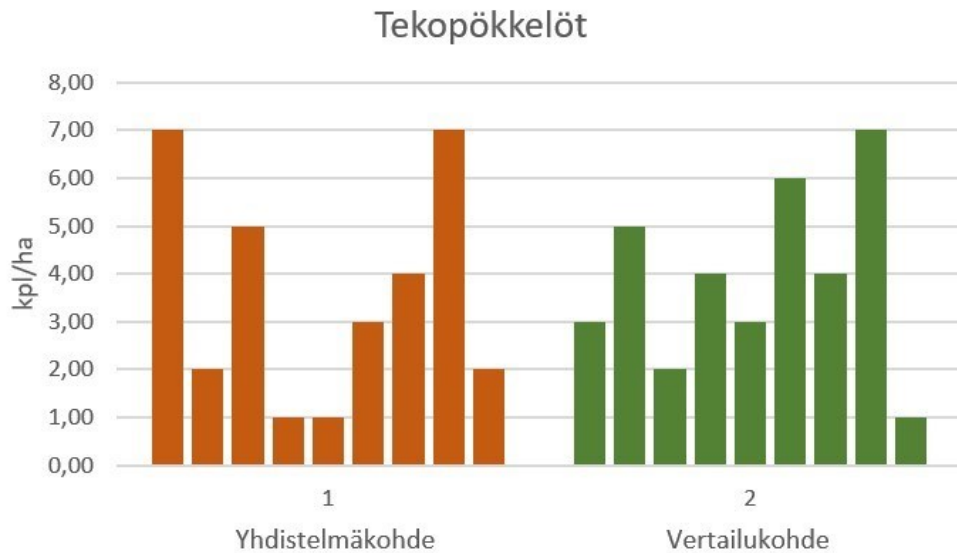
Kuolleita pystypuita tulisi olla kymmenen kappaletta hehtaarille. Mikäli tämä lukumäärä ei toteudu, tulee tekopötkkelöitä tehdä neljä kappaletta hehtaarille. Kuolleita pystypuita havaittiin seitsemällä yhdistelmäkohteella ja kahdeksalla vertailukohteella. Kaikilla kohteilla kuolleiden pystypuiden määrä jäi alle kymmeneen kappaleeseen hehtaarilla, joten tekopötkkelöiden tekeminen on ollut tarpeellista. Kaksi yhdistelmäkoneen kohdetta ja yksi vertailukohde eivät sisältäneet lainkaan pystykuolleita puita.

#### 4.2.2 Tekopötkkelöt

Luontolaadun arvioinnin ohjeistus suosittelee jättämään tekopötkkelöitä vähintään neljä kappaletta hehtaarille. Pötkkelöitä oli tehty kaikilla kohteilla ja tavoiteltu lukumäärä toteutui suhteellisen hyvin.

Kuviosta 17 huomataan että niin yhdistelmä- kuin vertailukohteillakin pötkkelöiden määrä hehtaarilla vaihtelee 1–7 kappaleeseen. Yhdistelmäkoneen koealueilla tekopötkkelöitä oli jätetty keskimäärin kolme kappaletta hehtaarille ja vertailukohteilla neljä kappaletta hehtaarille. Viidellä yhdistelmäkoneen koealueella sekä neljällä vertailukohteella tekopötkkelöiden määrä jää tavoiteltua pienemmäksi.





Kuvio 17. Pökkelöiden määrä kohteilla (kpl/ha)

Tekopökkelöiden määrä perustuu mittauksissa silmämääräiseen havainnointiin. Tekopökkelöitä voidaan tarvittaessa keskittää leimikolla kuviokohtaisesti, kunhan hehtaarikohtainen tavoite tulee täyteen. Tämän takia erityisesti suuremmilla leimikoilla on olemassa riski, että osa tekopökkelöistä jää huomaamatta maastotarkastuksen yhteydessä. Näin ollen mittauksen tulos voi poiketa hieman tekopökkelöiden todellisesta määrästä. Lisäksi metsänomistajat saattavat käydä keräämässä metsään jätettyjä tekopökkelöitä kotitarvekäyttöön hakkuun päättymisen jälkeen.



Kuvio 18. Koealueelle jätettyjä tekopökkelöitä

#### 4.2.3 Maalahopuut ja sekapuustoisuuden ylläpitäminen

Ohjeen mukaisesti maalahopuiksi määriteltiin ne kaatuneet ja lahonneet puut, joiden rinnankorkeudella mitattu läpimitta oli vähintään 20 senttimetriä. Tutkimuskohteissa ei kuitenkaan havaittu yhtään tällaista maalahopuuta. Maalahopuuston vähäisyyttä voisi selittää kohteiden nuori ikä. Metsiin tehtiin ensimmäinen joko ainespuuta tai pelkästään energiapuuta tuottava harvennus. Maalahopuuta ei ole ollut mahdollista syntyä luontaisesti.

Sekapuustoisuutta oli ylläpidetty ja lehtipuuta säästetty kaikilla kohteilla mahdollisuuksien mukaan. Ainoastaan yhdellä yhdistelmäkohteella ei ollut arvioitavaa. Lehtipuustoa ei siis ole ollut tällä kohteella muuta kuin mahdollisena alikasvokseenä. Kohteilla oli suosittu koivua, haapaa ja pihlajaa niiden ilmentyessä. Muutamilla yhdistelmäkohteilla oli jätetty erityisen paljon koivua kasvamaan. Syynä voi olla mahdollisesti koivujen runsaampi ilmentyminen, jolloin luonnollisinta on ollut jättää enemmän hyvälaatuista koivua kasvamaan mäntyjen ja kuusien sekaan.

#### 4.2.4 Riistatiheiköt

Laadunarvioinnin ohjeistuksen mukaan tiheiköitä tulisi jättää 2–3 kappaletta hehtaarille. Kolmella yhdistelmäkohteella tähän tulokseen oli päästy. Muilla kohteilla tiheiköitä oli joko yksi kappale hehtaarilla tai ei arviointia. Syynä alhaiseen määrään voi olla aluskasvillisuuden puutteellisuus, jolloin tiheiköitä ei ole voitu jättää. Mikäli riistatiheiköitä ei ole voitu jättää korjuun aikana, valitaan “ei arvioitavaa” -kohta. Tällaisia kohteita oli yksi yhdistelmäkoneella tehty kohde.

Tiheiköt olivat kohteilla muutaman eri puulajin ryhmiä (kuvio 19) yleensä kuusen ja koivun muodostamia tihentyymiä. Niitä oli hankala havaita energiapuuhakkuilla, sillä metsä oli epätasaista ja tiheiköiden hahmottaminen haastavaa. Ensiharvennuksissa taas mahdollisuus tiheiköiden luomiseen oli haastavampaa, sillä metsät olivat pääsääntöisesti hyvin hoidettuja. Alikasvosta ei juurikaan ollut, mikä vaikeutti entisestään tiheiköiden muodostamisessa.



Kuvio 19. Kohteelle jätetty riistatiheikkö

#### 4.2.5 Muita arvioitavia kohtia

Luontolaadun arviointiin sisältyy lisäksi paljon muuta arvioitavaa. Tähän opinnäytetyöhön liittyviä muita arvioitavia olivat vesiensuojelu, yleisen siisteyden arviointi sekä ajourapainumien huomioiminen. Ainoastaan yksi mittauskohteista sijaitsi

purovarren läheisyydessä. Tässä kohteessa oli suojakaista jätetty riittävän leveäksi. Koska vain yhdellä kohteella oli vesiensuojeluun liittyviä asioita, ei vertailua pystynyt tekemään.

Yleinen siisteys oli kaikilla tarkastelluilla kohteilla kiitettävällä tasolla. Huomautettavaa ei löytynyt yhdeltäkään kohteelta. Yhdellä vertailukohteella havaittiin metsäkoneen aiheuttamia ajourapainumia yhteensä noin 20 metriä, mikä on ollut mahdollisesti seurausta alueen pehmeästä maaperästä.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yhdistelmäkoneen ja tavallisen kahden koneen korjuuketjun erot korjuujäljen ja luontolaadun osalta olivat kokonaisuudessaan yllättävän pieniä. Ajourien välit ja leveydet olivat kummallakin menetelmällä pääosin kriteerien mukaisia. Puustovaurioissa oli menetelmästä riippumatta suurta leimikkokohtaista vaihtelua. Kummankaan menetelmän leimikoilla ei ollut havaittavissa merkittäviä ajourapainauksia.

Yhdistelmäkoneen korjuujälki erottuu mittausten tuloksissa erityisesti liian pitkillä kannoilla, jotka erottuivat selkeästi myös maastossa. Näkemystä kantojen pituudesta kysyttiin pitkän kokemuksen omaavalta metsäkoneenkuljettajalta, jonka mukaan kouran rakenteella ei ole merkitystä kantojen pituuteen. Yksi todennäköinen syy on yhdistelmäkoneen kohteiden hakkaaminen joukkokäsittelymenetelmällä. Menetelmän yleinen ongelma on pitkäksi jäävät kannot. Kun kourassa on useampia runkoja samanaikaisesti, kouran syöttörullat eivät pysty syöttämään kouraa alaspäin rungolla ja rungot joudutaan sahaamaan ylempää poikki. (Moi-  
lanen 2024.)

Toinen merkittävä tekijä korjuujäljen tuloksissa oli mitattavien ja vertailtavien kohteiden erilaiset lähtötilanteet. Esimerkiksi ensiharvennusta vaativan metsikön ja hoitamattoman nuoren metsikön puuston tiheydessä on suuria eroja. Tästä syystä ei ole realistista odottaa samanlaista korjuujälkeä leimikossa, jossa puusto on alun perin ollut tiheämpää. Tiheässä metsikössä kuljettajan on vaikeampi havaita maanpinnan ja runkojen yksityiskohtia, mikä tekee puunkorjuusta haastavampaa. Kouran käsittely ei ole välttämättä yhtä tarkkaa ja katkaisukohta saattaa jäädä liian korkealle puun rungossa. Lisäksi lähtötilanteen ollessa tiheämpi on vaikeampaa välttää puomin ja kouran osumista jätettäviin puihin. Tämä puolestaan lisää riskiä runkovaurioiden syntymiselle.

Menetelmien erilaisuuden takia kertymien suora vertailu keskenään on haastavaa. Yleisesti ottaen energiapuuleimikoissa kertymä koostuu pääosin pienikokoisista rungoista. Toisaalta verratessa karsimattoman rangan leimikoita karsitun rangan leimikoihin ovat kertymät keskimäärin suurempia karsimattoman rangan

kohteilla. Karsimattoman rangan menetelmässä korjattava puu sisältää oksat, joka osaltaan lisää kertymää. Ensiharvennuskohteilla kertymä muodostui pääosin järeämmästä ainespuusta. Nämä havainnot tuovat esiin menetelmien välisiä eroja ja niiden vaikutusta kertymien laatuun ja määrään. Toisaalta vertailukohteista saatavilla oleva mittautustieto ei ollut yhtä kattavaa kuin yhdistelmäkohteista mitattu tieto. Tämä hankaloitti osaltaan vertailua niin kertymissä kuin puuston eroavaisuuksissakin.

Yhdistelmäkoneen hakkaamilla kohteilla jäävän puuston runkoluku oli 1800 runkoa hehtaarilla, mikä on reilusti yli tavoitearvojen. Tämä johtuu siitä, että karsimattoman rangan leimikoissa ei ollut minimirunkovaatimusta. Karsitun rangan kohteilla minimirunkovaatimus oli viisi senttimetriä. Tästä johtuen jäävään puustoon laskettiin mukaan myös energiapuuksi kelpaavia ja kasvatuskelpoisia puita, joiden rinnankorkeuslähpimitta oli alle seitsemän senttimetriä.

Luontolaadussa ei havaittu aineistojen osalta merkittäviä eroja eri korjuukohteiden välillä. Kuitenkin sekä yhdistelmä- että vertailukohteissa olisi suotavaa keskittyä erityisesti riistatiheikköjen ja tekopökkelöiden määrän lisäämiseen. Tekopökkelöitä oli joillain kuvioilla hyvä määrä ja toisilla kohteilla alle suositusten.

Riistatiheikköjä oli kuvioilla alle suositusten. Eräs haaste mitatuissa kohteissa oli riistatiheikköjen tunnistaminen. Tiheä aluskasvillisuus teki tiheikköjen lukumäärän arvioimisesta haastavaa. Niiden vähäisyys ei suoraan viittaa kuitenkaan siihen, ettei leimikolla olisi suojaa tarjoavaa kasvillisuutta eläimille. Tiheikköjen lisäksi maalahopuiden määrä oli vähäinen tai niitä ei ollut. Tähän syynä on mahdollisesti metsien nuori ikä, jolloin maalahopuuston muodostuminen ei ole vielä ollut mahdollista. Pystykuolleita puita kuvioilla oli kuitenkin jonkin verran, joten lahopuustoa muodostuu koko aika lisää.

## 6 POHDINTA

Stora Enso Oyj toimi toimeksiantajana tutkimukselle, jonka tarkoituksena oli arvioida heidän sopimusyrittäjänsä käyttämän Ponsse Buffalo Dual -yhdistelmäkoneen ja siihen liittyvän Moipu 300F1 -giljotiinikouran vaikutuksia korjuujälkeen ja luontolaatuun Oulun hankinta-alueella. Lisäksi haluttiin selvittää eroavaisuuksia perinteisen korjuuyhdistelmän tuottamasta ensiharvennuksen korjuujäljestä ja luontolaadusta. Tutkimus tarjoaa apua Stora Ensolle ja heidän sopimusyrittäjilleen korjuujäljen ja luontolaadun kehittämistoimien tueksi.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että yhdistelmäkoneella hakatuissa leimikoissa kantojen korkeus oli liiallinen verrattuna vertailukohteisiin. Vertailukohteissa tällaista ongelmaa ei havaittu. Pitkien kantojen syntyyn on vaikuttanut todennäköisesti joukkokäsittelymenetelmän hyödyntäminen ja leimikoiden vaihtelevat lähtötilanteet. Mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että suurimmalla osalla kohteista korjuujälki ja luontolaatu oli kriteeristön mukainen. Joissakin kohteissa havaittiin kuitenkin puustovaurioita ja muita pieniä puutteita.

Opinnäytetyön tekeminen tarjosi monia haasteita ollen samalla erittäin opettavainen kokemus. Erityisen haastavaa oli tutkimusaineiston kokoaminen, joka perustui itse suorittamiin mittauksiin ja toimeksiantajalta saamiin tietoihin. Tämän prosessin onnistuminen edellytti huolellista suunnittelua ja organisointia. Lisäksi vaadittiin tehokasta tietojenkäsittelyä sekä aktiivista kommunikointia toimeksiantajan kanssa.

Opinnäytetyöprosessissa kohdattiin erilaisia haasteita, kun työn aiheeseen tehtiin useita muutoksia prosessin alkuvaiheessa. Nämä muutokset johtivat siihen, että osa maastomittauksista jouduttiin suorittamaan vasta myöhään syksyllä. Myöhäisyyksyllä ensilumen saapuminen vaikeutti kasvupaikkatyypin tunnistamista osalla mittauskohteista. Mitattavien kohteiden määrä oli rajallinen, sillä valmiita yhdistelmäkoneella hakattuja kohteita ei ollut vielä kattavasti tarjolla. Myös yksityiskohtaisemmista puustotiedoista vertailukohteilla olisi ollut paljon hyötyä. Tämä tarve olisi ollut tärkeää tunnistaa jo opinnäytetyöprosessin alkuvaiheessa,

mikäli puustotietoja olisi haluttu kerätä enemmän. Epävarmuustekijänä oli osaltaan myös yhdistelmäkoneella hakattujen leimikoiden jäävän puuston arviointi, sillä selkeää minimirunkovaatimusta ei ollut.

Maastomittausten toteutus onnistui parityönä hyvin. Mittaukset tehtiin tarkasti korjuujäljen ja luontolaadun mittausohjeita noudattaen. Erityistä tarkkuutta vaadittiin tietojenkäsittelyssä sekä mittausten koordinoimisessa. Molemmilla on myös aikaisempaa kokemusta vastaavien tarkistusmittausten tekemisestä Stora Ensolla. Mittauskohteet käsittävät 34 prosenttia kyseisen ajankohdan varannosta tarjoten riittävän laajan kattavuuden tutkimuksen suorittamiseen.

Tutkimusprosessi avasi erinomaisen mahdollisuuden vahvistaa ammatillista osaamista. Prosessissa nousivat vahvasti esiin projektinhallintataitojen merkitys sekä jatkuvan vuorovaikutuksen tärkeys kaikkien osapuolten kanssa. Lisäksi tutkimus laajensi tietämystä ja vahvisti asiantuntemusta korjuujäljen, luontolaadun ja nuorten metsien hoidon osalta. Opinnäytetyöprosessi on myös kehittänyt kirjoitus- ja tiedonhakutaitoja.

Jatkotutkimusaiheena olisi hyvä miettiä nuoren metsän energiapuunkorjuun korjuujäljen tarkastusohjeita. Ainakin kantojen osalta ohjeiden päivitys voisi olla tarpeellista. Opinnäytetyössä käsiteltyjen kohteiden lähtötilanteiden poikkeavien piirteiden vuoksi voisi miettiä uutta korjuujäljen kriteeristöä nuoren metsän kunnostuskohteille. Tällaisilla kohteilla kuljettajien mahdollisuudet vaikuttaa korjuujälkeen ovat rajalliset kuljettajien ammattitaidosta riippumatta. Hyvän korjuujäljen ja luontolaadun lisäksi kuljettajan on pidettävä työskentely tuottavana. On tärkeää, että kuljettaja kykenee yhdistämään hyvän korjuujäljen ja luontolaadun tuottavaan työskentelyyn. Nykyiset kriteerit eivät aina mahdollista tätä, sillä esimerkiksi kantojen sallitut pituudet ylittyvät usein. Pitkät kannot voivat antaa harhaanjohtavaa kuvaa yrityksen toiminnan laadusta.



## LÄHTEET

Härkönen, M. 2024. Stora Enso Oy. Asiakaspalvelupäällikön haastattelu 15.1.2024. Viitattu 23.2.2024

Komatsu Forest 2024. Komatsu 845. Viitattu 18.3.2024 <https://www.komatsuforest.fi/komatsu-mets%C3%A4koneet/kuormatraktorit/845>.

Kotivuori, E., Hytönen, H. & Haataja, L. 2024, 18. Perinteisten korjuujäljen tarkastusten puustotunnusten luotettavuus koealaotannan näkökulmasta. Metsäkeskus. Viitattu 15.1.2024 <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/korjuujaljen-tarkastusten-luotettavuus-smk.pdf>.

Kärhä, K. 2010. Kokopuuna vai rankapuuna? Viitattu 12.10.2023 <https://www.metsateho.fi/kokopuuna-vai-rankapuuna/>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2024. Energiapuun korjuu hoidetuista ja hoitamattomista kasvatusmetsistä. Viitattu 29.1.2024 <https://metsanhoidonsuositukset.fi/fi/toimenpiteet/energiapuun-korjuu-hoidetuista-ja-hoitamattomista-kasvatusemetsista/toteutus>.

Metsäkeskus 2023a. Ensiharvennuksissa moni metsä hakataan edelleen liian harvaksi – tilanne on kuitenkin parantunut viime vuosista. Viitattu 26.1.2024 <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/ensiharvennuksissa-moni-metsa-hakataan-edelleen-liian-harvaksi-tilanne-on-kuitenkin-parantunut-viime-vuosista-0>.

Metsäkeskus 2023b. Taimikonhoito. Viitattu 28.12.2023 <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsan-kaytto-ja-omistus/metsanhoito-ja-hakkuut/taimikonhoito>.

Metsäkeskus 2024. Tietoa Metka-tuista. Viitattu 17.1.2024 <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/metka-tuet/tietoa-metka-tuista>.

Metsäteho Oy 2024a. Korjuuketjun valinta ja tuottavuus. Viitattu 29.1.2024 <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/korjuun-organisointi/korjuuketjun-valinta-ja-tuottavuus/>.

Metsäteho Oy 2024b. Harvennustavat – valinnan periaatteet. Viitattu 29.1.2024 <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/leimikon-suunnittelu/hakkuutapa-ja-korjuumenetelma/harvennustavat-valinnan-periaatteet/>.

Metsäteho Oy 2024c. Harvennushakkuut. Viitattu 29.1.2024 <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/leimikon-suunnittelu/hakkuutapa-ja-korjuumenetelma/harvennushakkuut/>.

Moilanen, A. 2024. Karttulan Metsätyö Oy. Hallituksen puheenjohtajan haastattelu 5.3.2024. Viitattu 14.3.2024

Moipu 2024. Moipu 300F1. Viitattu 1.2.2024 <https://www.moipu.com/300-f1-knives-cut.html>.

Moisio Forest Oy 2023. Kannattavuutta pienen puun korjuuseen. Viitattu 12.10.2023 <https://www.moipu.com/300-f1-saksi.html>.

Mäentausta, R. 2023. Energiapuusta maksetaan jo saman verran kuin kuitupuusta, kysyntä nosti hinnat pilviin. Viitattu 10.10.2023 <https://yle.fi/a/74-20048789>.

PEFC-standardi 2024. Metsien kestävän hoidon ja käytön vaatimukset. Viitattu 18.3.2024 <https://cdn.pefc.org/pefc.fi/media/2024-01/bf1504b2-5ee9-4592-ae65-2a9d481f9729/a859a609-e236-5ae6-addb-83bfc169cd94.pdf>.

Politi, A., Sipola, T. 2022. Raiteet, tiet ja metsät: Stora Enson jätti-investointi tuntuu koko Pohjois-Suomessa – vaikutus kansantalouteen ”selvästi plussan puolella”. Viitattu 10.10.2023 <https://yle.fi/a/74-20002222>.

Ponsse 2024a. Vankka tekijä moneen hommaan. Viitattu 18.3.2024 [https://www.ponsse.com/fi/web/guest/tuotteet/kuormatraktorit/tuote/-/p/buf-falo\\_8w#/](https://www.ponsse.com/fi/web/guest/tuotteet/kuormatraktorit/tuote/-/p/buf-falo_8w#/).

Ponsse 2024b. Oikea peto puunkorjuuseen, Scorpio. Viitattu 18.3.2024 <https://www.ponsse.com/fi/web/guest/tuotteet/harvesterit/tuote/-/p/scorpion#/>.

Ponsse 2024c. Järeästi kompakti, Elk. Viitattu 18.3.2024 [https://www.ponsse.com/fi/web/guest/tuotteet/kuormatraktorit/tuote/-/p/elk\\_8w#/](https://www.ponsse.com/fi/web/guest/tuotteet/kuormatraktorit/tuote/-/p/elk_8w#/).

Tapio 2024a. Maastotaulukot: Hyvän metsänhoidon suositukset. Viitattu 24.3.2024 <https://www.maastotaulukot.fi/>.

Tapio 2024b. Ensiharvennus. Viitattu 25.3.2024 <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/ensiharvennus/toteutus>.

Tapio 2024c. Energiapuun korjuu hoidetuista ja hoitamattomista kasvatusmetsistä. Viitattu 25.3.2024 <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/energiapuun-korjuu-hoidetuista-ja-hoitamattomista-kasvatusmetsista>.

Tapio 2024d. Vesiensuojelu. Viitattu 27.2.2024 <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/kategoriat/vesiensuojelu>.

Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä. 30.12.2013/1308 §5. Viitattu 17.1.2024 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131308>.