

**KUORMATRAKTORIN KOKONAISMASSAN VAIKUTUS  
RAITEISTUMISEEN TURVEMAALLA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Evo, Metsätalous

Kevät, 2020

Joni Kallioaho

Metsätalous  
Evo

---

<b>Tekijä</b>	Joni Kallioaho	<b>Vuosi</b> 2020
<b>Työn nimi</b>	Kuormatraktorin kokonaisuusvaikutus raiteistumiseen turvemaalla	
<b>Työn ohjaajat</b>	Miika Näsi, Pekka Vuori	

---

## TIIVISTELMÄ

Suometsien sulan maan aikaisessa puunkorjuussa leimikon suunnittelussa on tärkeää nähdä kokonaisuus, miten työmaa tulee onnistumaan, mitkä asiat vaativat erityistä huomioimista ja miten minimoidaan yllättävät tekijät. Tutkimuksessa selvitettiin kuormatraktorin painon ja kuormakoon kokonaisuusmerkitystä raiteistumiseen turvemaakohteella Ähtärissä. Testiajoissa pyrittiin ajamaan mahdollisimman paljon puuta jokaisella kone- ja kuormayhdistelmällä. Kahdella koealalla oli yhteensä 18 koealuruutua mittauksia varten. Opinnäytetyön tavoitteena oli lisätä osaamista ja kehittää suometsien sulan maan aikaista puunkorjuuta turvemailla. Työn tilaajana toimi Suomen Metsäkeskuksen läntisen palvelualueen hallinnoima Suometsien Sadonkorjuu -hanke, jonka osatoteuttajana toimi Luonnonvarakeskus.

Testiajoissa raskaan kuormatraktorin omamassa oli 23 500 kg. Tulosten perusteella se ei sovellu sulan maan aikaiseen puunkorjuuseen ainakaan harvennushakkuilla, jos ei maaston kantavuus ole erittäin hyvä. Keskiraskaalla koneella, jonka omamassa oli 17 750 kg, saatiin kuljetettua melkein sama puumäärä puolikkaalla ja täydellä kuormalla. Täydellä kuormalla ajettaessa ajouraan kohdistui kaksinkertaisesti vähemmän koneen omamassaa ja testiajojen lopussa raidetta syntyi 8 cm vähemmän kuin puolikkaalla kuormalla. Turvemailla kuormatraktorilla täytyy pyrkiä ajamaan reilunkokoisilla kuormilla ajokertojen minimoimiseksi ja ajouran turhan rasituksen välttämiseksi. Suometsien sulan maan aikaista puunkorjuuta voidaan harjoittaa poistumaltaan hyvillä kohteilla kuivina ajanjaksoina. Pohjaveden kriittisen korkeuden rajan ja vaikutuksien tietäminen aiempia tutkimuksia tarkemmin tehostaisi sekä lisäisi puunkorjuuta.

**Avainsanat** massat, metsäkoneet, sulan maan aikainen puunkorjuu, suometsät ja raiteistuminen

**Sivut** 52 sivua, joista liitteitä 3 sivua

Forestry  
Evo

---

<b>Author</b>	Joni Kallioaho	<b>Year</b> 2020
<b>Subject</b>	How the total weight of a forwarder influences the formation of ruts in peatlands	
<b>Supervisors</b>	Miika Näsi, Pekka Vuori	

---

ABSTRACT

In harvesting of peatland forests when unfrozen ground it is important to see the big picture in planning of a stand marked for harvesting, how will the work go on, how to find facts needing a special attention and how to minimize surprising factors. The aim of the research was to find out how much the weight of a forwarder and the total weight of a cargo affected the formation of ruts at a peatland site in Ähtäri. The test runs were conducted so that there was always as much timber per each machine and cargo combination as possible. There were two experimental areas with altogether 18 smaller study plots for measurements. The aim of this thesis was to increase know-how and develop harvesting from peatland areas especially in peatlands during unfrozen ground. The thesis was commissioned by the project Peatland Harvesting administered by the western service district of the Finnish Forest Centre – the Natural Resources Institute Finland also contributed to carrying out this project.

In test runs, the net weight of a heavy forwarder was 23 500 kg. Based on the results, it is not applicable for harvesting while unfrozen ground, and that especially in thinnings if the load-carrying capacity of the soil is not very good. Regarding a medium forwarder with a net weight of 17 750 kg, the timber amount possible to transport was almost the same when the cargo was half or full. When the cargo was full the logging road was loaded or charged only by a double less than the net weight of a forwarder. And at the end of the test runs, the formation of ruts was 8 cm smaller compared with having a half cargo. In peatlands, it is necessary to transport big cargos with forwarders by minimizing rate and avoiding needless burden for strip roads. Harvesting from peatlands can be carried out, when unfrozen ground, in targets with a good drain during dry time periods. If we knew better the limit of the decisive level of the groundwater and how it affects, we could make harvesting more effective and increase it.

**Keywords** weights, forest machines, harvesting during unfrozen ground, peatland forests and formation of ruts

**Pages** 52 pages including appendices 3 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
1.1	Etelä- ja Keski-Pohjanmaan suometsät .....	2
1.2	Puunkorjuun haasteita .....	4
1.3	Metsälaki turve- ja kivennäismailla.....	4
1.4	Opinnäytetyön tausta.....	5
2	TUTKIMUKSEN TIETOPERUSTA .....	5
2.1	Tulevaisuuden ilmasto Suomessa .....	6
2.2	Maaperän kantavuus.....	6
2.3	Metsäkoneiden vaikutus maaperän kantavuuteen .....	7
2.4	Puunkorjuun lähtökohdat.....	8
2.5	Puunkorjuun kannattavuus .....	9
2.6	Puunkorjuuta helpottavat ohjelmat .....	9
2.7	Korjuukohdeluokitus .....	12
2.8	Aiempiä tutkimuksia turvemaiden puunkorjuusta .....	14
3	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	18
3.1	Tutkimusongelmat .....	18
3.2	Koealojen määrittäminen.....	19
3.3	Koealojen alkutietojen mittaus.....	20
3.4	Koealojen hakkuu.....	21
3.5	Testiajojen toteutustapa .....	23
3.6	Testiajojen kuormatraktorit ja massat.....	25
3.7	Testiajojen aikainen mittausmenetelmä.....	28
4	TULOSTEN ESITTELY .....	29
4.1	Mitatut alkutiedot.....	29
4.2	Kuljetetut massat ja raiteistumisen kehitys .....	31
5	POHDINTA.....	37
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	41
	LÄHDELUETTELO .....	44
	HAASTATTELUT .....	49

## Liitteet

Liite 1	AMMATTISANASTO
Liite 2	KUORMATRAKTORIN OSIA

## 1 JOHDANTO

Puunkorjuun lisääminen ja tehostaminen ovat keskeisessä asemassa vuotuisten hakkuumäärien kasvaessa Suomessa. Metsäteollisuudella on viireillä useita puunkäyttöä kasvattavia tehdashankkeita sekä investointeja. (Vierula, 2018) Esimerkiksi Metsä Groupilla on hankesuunnittelu käynnissä kesään 2020 saakka Kemin biotuotetehdasta varten. Toteutuessaan se olisi Suomen metsäteollisuuden historian suurin investointi, 1,5 miljardia euroa. Kuitupuun käytön vuotuinen kapasiteetti olisi noin 7,6 miljoonaa kuutiometriä. (Metsä Group, n.d.) Suomessa teollisuuden vuotuinen raaka- puun käyttömäärä oli 73,6 miljoonaa kuutiota vuonna 2018, josta 43,8 miljoonaa kuutiota oli kuitupuuta (Luke, 2019). Luonnonvarakeskuksen tekemässä Metsäteollisuus ry:n tilaamassa toisessa hakkuuta lisäävässä laskel- massa metsien hoitoa tehostamalla hakkuuta voidaan kasvattaa lähelle 90 miljoonaa kuutiometriä vuoteen 2045 mennessä ja samalla turvata met- sien hiilivaraston kasvun. Metsien vuotuinen kasvu on yli 3 miljardia kuu- tiometriä vuoteen 2045 mennessä ja metsien vuotuinen kokonaistilavuud- den kasvu on noin 20 miljoonaa kuutiometriä. (Palokallio, 2020) Ympäri- vuotista puunkorjuuta tarvitaan tasaisen puuvirran saamiseksi teollisuu- delle (Heikkinen, 2018).

Suomessa turvemaiden kokonaispinta-ala on 8,76 miljoonaa hehtaaria val- takunnan metsien 10:nneen inventoinnin tuloksien mukaan. Määrä on 34 prosenttia metsätalousmaan pinta-alasta. Ojitettuja soita on 4,65 miljoonaa hehtaaria VMI10:n tietojen mukaan. Soilla kasvaa 23 % Suomen puus- ton kokonaistilavuudesta VMI11:n tulosten mukaan. Suomen kokonais- puumäärä on alkanut kasvamaan kiihtyvästi 1970-luvulta alkaen, mikä on seurausta ojitus- ja metsänparannustoimista. (Korhonen ym., 2017, s. 31, 33, 43–44) Soilla uudistusojitukset loppuivat 1990-luvun vaihteessa (Heik- kinen, 2018).

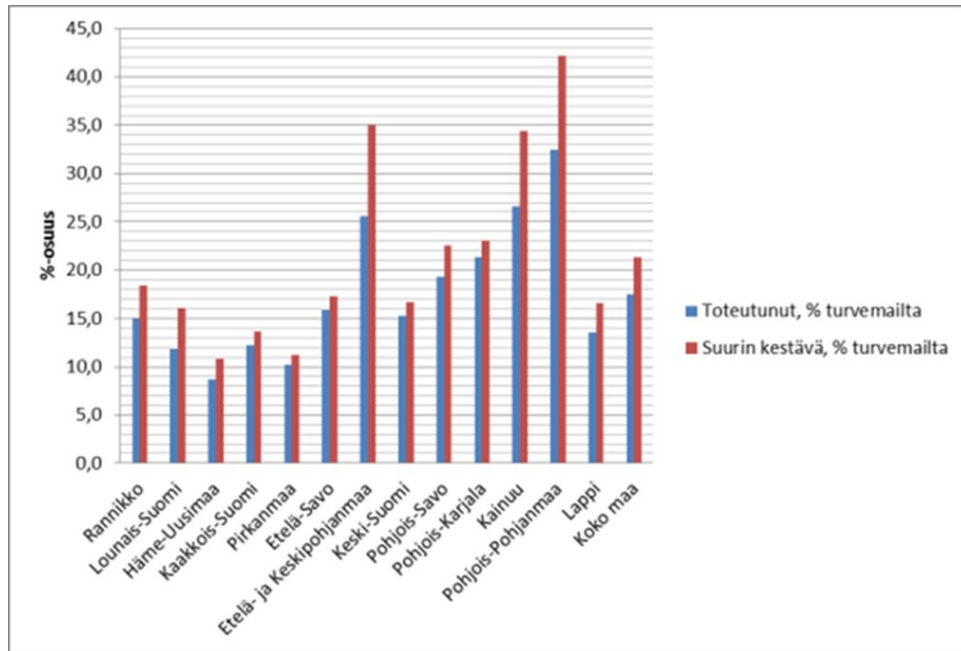
Opinnäytetyön tilaajana toimi Suomen Metsäkeskuksen läntinen palvelu- alue. Työ oli osa Metsä- ja Luonnonvarakeskuksen Suometsien Sadonkor- juu -hanketta. Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus rahoittavat hanketta Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta 2014–2021 välisenä aikana 80 prosenttia. Loput 20 % muodostuu yksityisestä rahoituksesta. Tutkimuksessa mukana ja teke- mässä yhteistyötä olivat Luke, Metsä Group, Finsilva, Koneosapalvelu ja Jy- kylä & Pojat Oy. Suometsien Sadonkorjuu -hankkeella on useita tavoitteita: sulan maan aikaisen puunkorjuun osaamisen ja tietoisuuden lisääminen, uusien ratkaisujen ja tutkimustietojen tuomista osaksi normaalia metsän- hoitoa, käytännön puunkorjuun kehittäminen enemmän ympärivuotiseksi

sekä digitalisaation tuoman tiedon hyödyntäminen entistä tehokkaammin. (Vierula, 2018)

### 1.1 Etelä- ja Keski-Pohjanmaan suometsät

Suometsien osuus on Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla 43 % metsäpinta-alasta. Alueiden metsäisille soille on kasvanut merkittäviä määriä hakkuumahdollisuuksia ojitusten myötä. Näiden puuvarantojen hyödyntäminen on tärkeää, koska ojitukseen on käytetty suuri määrä rahaa yksityisten sekä valtion taholta. Hakkuumahdollisuudet hyödyntämällä tuloutetaan metsänomistajien ja valtion ojitukseen sijoittamia varoja metsänomistajille kantarahatuloina, työtuloina puunkorjuualan pk-yrittäjille sekä verotuloina valtiolle. Tämänhetkinen arvioitu vuotuinen suometsistä hyödynnettävä hakkuumäärä on Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla 400 000 m<sup>3</sup>. Vastaavasti suurin kestävä vuotuinen hakkuumäärä on 800 000 m<sup>3</sup>. Maakuntien vuosittaisia hakkuumääriä pyritään lisäämään vuoteen 2022 mennessä 300 000 kuutiometrillä. Tavoiteltava hakkuumäärä on 700 000 m<sup>3</sup>/v eli puunkorjuun pitäisi lähes kaksinkertaistua suometsissä ylittämättä suurinta kestävää vuotuista hakkuumäärää. Merkittäviä kuitupuunkäyttäjiä hankealueen puulle ovat Äänekosken biotuotetehdas sekä Pietarsaaren sellutehdas. (Vierula, 2018)

Suometsät ovat keskeisessä osassa hakkuumäärien kasvattamisessa (Kuva 1, s. 3). Samaan aikaan Suomessa on herännyt kiivasta keskustelua metsien hiilinieluista ja -varastoista erityisesti turvemaidilla. Uudistumassa olevassa Kemerassa kiinnitetään huomioita aktiiviseen ja oikea-aikaiseen metsien hoitoon. Myös luonnonhoitoimet, hiilensidonnan lisääminen sekä luonnon monimuotoisuuden kasvattaminen ovat keskeisiä asioita. (Hilksa-Aaltonen, 2019, s. 8)



Kuva 1. Hakkuiden toteutuma soiden puuntuotannon metsämaan pinta-alasta maakunnittain (Remes, 2017).

Sain Luonnonvarakeskukselta ennakkotietoa valmistumassa olevasta VMI12:sta Etelä- ja Keski-Pohjanmaan suometsiin tehdyistä hakkuista ja hakkuuehdotuksista. Aineistojen mittaus on suoritettu vuosien 2014–2018 aikana. Toteutuneiden hakkuiden tiedot koskevat 10-vuotiskautta ennen mittauksia ja hakkuuehdotukset koskevat inventointia seuraavaa 10-vuotiskautta. Hakkuut ilmoitetaan pinta-aloina sekä prosentteina maakunnan soiden puuntuotannon metsämaan alasta. Etelä-Pohjanmaalla oli hakkuita edellisen 10-vuotiskauden aikana yhteensä 1 126 km<sup>2</sup>, joka oli 32,9 %. Hakkuuehdotuksia seuraavalle 10-vuotiskaudelle on yhteensä 2 051 km<sup>2</sup>, joka on 59,8 %. Lähimmällä 5-vuotiskaudella hakkuista on myöhässä yhteensä 468 km<sup>2</sup>, joka on 13,7 %. Selvästi eniten hakkuita seuraavalle 10-vuotiskaudelle tulee uudistushakkuille 734 km<sup>2</sup> ja ensiharvennuksille 613 km<sup>2</sup>. Keski-Pohjanmaalla hakattiin edellisen 10-vuotiskauden aikana yhteensä 341 km<sup>2</sup>, joka oli 26 %. Hakkuuehdotuksia seuraavalle 10-vuotiskaudelle on yhteensä 631 m<sup>2</sup>, joka on 48,1 %. Lähimmällä 5-vuotiskaudella hakkuista on myöhässä yhteensä 118 km<sup>2</sup>, joka on 9 %. Selvästi eniten hakkuita seuraavalle 10-vuotiskaudelle tulee ensiharvennuksille 313 km<sup>2</sup>. (Ihalainen, 2020) Edellisen 10-vuotiskauden aikana tehdyt hakkuut täytyy lähes kaksinkertaistaa pinta-alallisesti molemmissa maakunnissa, että saataisiin tehtyä seuraavan 10-vuotiskauden hakkuut ajallaan. Lähimmällä 5-vuotiskaudella molemmissa maakunnissa hakkuita on merkittävästi myöhässä, jotka aiheuttavat kasvutappioita.

Etelä- ja Keski-Pohjanmaan uusi alueellinen metsäohjelma eli AMO on laadittu vuosille 2016–2020. Se pohjautuu Kansallisen metsästrategian

2025 tavoitteisiin metsien kestävästä käytöstä ja hoidosta, joka lisää hyvinvointia alueella. (Suomen metsäkeskus, 2016, s. 6) AMO:n tarkoituksena on kertoa kokonaisnäkemys alueen metsäalan kehittämistarpeista ja tilasta. Vuonna 2015 valmistuneen VMI11:sta tiedoista käy ilmi, että varttuneiden kasvatusmetsien ja uudistuskypsien metsien osuus on Etelä-Pohjanmaalla 51,4 %. Ensiharvennusten lisäämisen tarve on 30 %. Keski-Pohjanmaalla varttuneiden kasvatusmetsien ja uudistuskypsien metsien osuus on 41 %. Ensiharvennusten lisäystarve on alueella kaksinkertainen toteutumaan verrattuna. Puustonkasvu maakunnissa on yhteensä 6,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa ja suurin kestävä vuotuinen hakkuumäärä on 5 miljoonaa kuutiometriä, josta vajaakäytön osuus 1,4 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. (Suomen metsäkeskus, 2016, s. 10)

## 1.2 Puunkorjuun haasteita

Etelä-Pohjanmaalla erityisesti tilojen kaistaleinen muoto vaikeuttaa puunkorjuun toteutusta kannattavana ja järkevänä. Metsien omistusrakenne, kuolinpesien jakamattomuus ja riidat saattavat johtaa siihen, ettei metsiä käsitellä ollenkaan. (Suomen metsäkeskus, 2016, s. 10) Turvemailla haasteita puunhankintaan luovat puunkorjuussa suometsien kantavuus ja kantavuuden arviointi. Kaukokuljetusta varten tulee osata arvioida metsäautoteiden kunto ja kestävyys. Puutavara-autojen kokonaismassat ja -pituus ovat kasvaneet. Vuonna 1938 yhdistelmien painot olivat hieman yli 10 t, mutta vuonna 2013 massat ovat voineet olla yli 70 t (Lamminen, 2017). Puunkorjuun ongelmakohdista haastavin on kausivaihtelu, mikä vaikeuttaa huomattavasti puunkorjuuta turvemailla. Märkinä ajanjaksoina sora tiestö tai korjuumaasto eivät kestä koneiden työskentelyä alueella. Tämän takia kalustoa voidaan joutua seisottamaan hallin pihassa ja kuljettajia lomauttamaan. (Koneviesti, 2017)

## 1.3 Metsälaki turve- ja kivennäismailla

”Turvemailla tarkoitetaan kasvupaikkaa, jossa kivennäismaa on vähintään 30 cm syvyydellä. Kangasmaalla tarkoitetaan kasvupaikkaa, jossa kivennäismaa on lähempänä kuin 30 cm syvyydellä maanpinnasta.” (Metsälaki 1093/1996 ja Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä 1308/2013 § 1.) ”Kasvatshakkuissa ja erityiskohteissa puunkorjuun aiheuttamien urapainaumien keskimääräinen osuus ei saa ylittää turvemailla 25 % ja kangasmaalla 20 % käsittelyalueen ajourien kokonaispituudesta. Turvemailla urapainaumaksi katsotaan yli metrin pituinen turpeeseen leikkautunut yli 20 cm syvyinen painauma. Kangasmaalla urapainaumaksi katsotaan yli metrin pituinen ja kenttäkerroksen alareunasta laskeutunut yli 10 cm syvä painauma.” (Metsälaki 1093/1996 ja Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä 1308/2013 § 5.)



## 1.4 Opinnäytetyön tausta

Suometsien sulan maan aikaisesta puunkorjuusta minulla oli aiempaa käytännön kokemusta ennen opinnäytetyön aloittamista. Olen kouluttautunut metsäkoneenkuljettajaksi ja työskennellyt noin vuoden verran erilaisilla harvestereilla useille metsäfirmoille. Leimikot olivat pääasiallisesti harvennusleimikoita. Lähes kaikki ajamani harvesterit olivat varusteltu täysin pehmeiden maiden puunkorjuuta varten. Puunkorjuun suunnittelu sekä toteutus on tuttua harvesterilla metsäkuljetuksen ehdoilla. Pehmeillä mailla on tärkeää jatkuvasti havainnoida ja tietää, miten kone käyttäytyy erilaisissa olosuhteissa. Puunkorjuun kokemuksieni perusteella osaan arvioida silmämääräisesti maan kantavuutta ja korjuun toteutuksen mahdollisuuksia.

Toimihenkilöharjoittelua Metsä Groupille tehdessäni vuoden 2019 kesällä selvitin, olisiko vireillä mahdollisesti puunkorjuuhankkeita, jotka voisivat sopia opinnäytetyön aiheeksi. Pohdin myös sopivaa aihetta Jyväskylä & Pojat Oy:n toimitusjohtajan Jorma Jyväskylän kanssa. Pohdin, mikä olisi ajankohtainen aihe nykyaikaisen puunkorjuun tehostamiseksi ja kehittämiseksi. Työharjoittelun loppuvaiheessa selvisi, että Suometsien Sadonkorjuu -hankkeen testipaikka sijaitisi Ähtärissä ja siitä olisi mahdollista tehdä tutkimuspainotteinen opinnäytetyö. Tutkimus oli merkittävä mietittäessä puunkorjuun kustannuksia, tehokkuutta ja ajankohtaisuutta turvemaiden käsittelyssä. Olin mukana toteuttamassa ja seuraamassa projektin etenemistä. Ajokoneen raiteen muodostumista turvemaalla on tutkittu myös aiemmin tehdyissä opinnäytetöissä. Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen, koska minulla on harvesterinkuljettajan ammattitutkinto ja kokemusta suometsien sulan maan aikaisesta puunkorjuusta.

## 2 TUTKIMUKSEN TIETOPERUSTA

Perinteisesti turvemailla puunkorjuu on ajoittunut talvikauteen. Silloin maassa oleva routa lisää maan kantavuutta ja lumikerros vähentää maanpinnan sekä puiden juuristojen rikkoutumista. (Suomen metsäkeskus, 2014, s. 1) Korjuukalustolle turvemaille vaadittava kantava kerros on 20 cm:n syvyyteen yltävä routa. Vastaavaan kantavuuteen päästään 40 cm:ä vahvalla lumikerroksella. Sääoloilla on merkittävä vaikutus pehmeiden maiden saavutettavuuden ajankohtaan. (Sirén, 2019, s. 1) Leudot ja sateiset talvet tekevät puunkorjuusta haastavaa. Talvikorjuukauden keston suuri vaihtelu ja täysimääräisen hakkuupotentiaalin hyödyntäminen edellyttävät sulan maan aikaisen puunkorjuun lisäämistä (Suomen metsäkeskus, 2014, s. 1).

## 2.1 Tulevaisuuden ilmasto Suomessa

Ennusteiden mukaan ilmastonmuutos vaikuttaa sääolosuhteisiin sekä puunkorjuun toteutukseen Suomessa. Tulevaisuudessa lämpötilat tulevat nousemaan nopeammin ja enemmän kuin keskimäärin maapallolla. Sateiden määrien arvioidaan myös kasvavan. Muutokset vaikuttavat voimakkaammin talveen kuin kesään. Talvella lämpötilat nousevat ja nopeinta lämpeneminen on Pohjois-Suomessa. Erittäin alhaiset lämpötilat harvinaistuvat ja vastaavasti korkeiden lämpötilojen lukujen arvioidaan kohoavan. Sateiden määrä lisääntyy talviajanjaksoina, mutta lumen sijasta sataa yhä useammin vettä. Talvella lumipeitteen aika vähenee ja lumikerroksen paksuudet jäävät alemmiksi, myös roudan määrä vähenee. Leutojen ja sateisten talvien aikoina maaperän kosteus on suuri sekä kantavuus heikkoa. Talvista tulee pilvisempiä, eikä aurinko näy enää usein. Kesällä pilvisuus säilyy lähes ennallaan tai hieman vähenee. Helteiset ajanjaksot pidentyvät ja yleistyvät. Rankkasateet voimistuvat kesällä enemmän kuin keskimääräiset sateet. Pisimmät sateettomat ajanjaksot talvella ja keväällä lyhenevät jonkin verran. (Ilmasto-opas, 2017)

## 2.2 Maaperän kantavuus

Turvemaalla kosteus vaikuttaa maaperän kantavuuteen. Pohjaveden tason laskiessa alle 25 cm:iin maanpinnasta kantavuus on hyvä. (Högäs ym., 2009) Tason ollessa alle 50 cm:ä maanpinnasta kantavuus kasvaa merkittävästi. Alimmillaan pohjavesi on yleensä heinä-syyskuun välisenä aikana. (Sirén, 2019, s. 2) Pitkät sateettomat ja kuivat ajanjaksot parantavat maan kantavuutta, kun kuiva jakso on yhden kuukauden mittainen, kantavuus paranee merkittävästi (Högnäs ym., 2009). Parhaimmillaan korjuuolosuhteet ovat pehmeillä mailla touko-syyskuussa vähäsateisina aikoina. Kantavuuden arviointi on keskeisessä asemassa sulan maan aikaisia leimikoita rajattaessa. Runsaspuustoisemmat alueet ovat kantavimpia ja puustoa olisi hyvä olla vähintään 120 m<sup>3</sup>/ha. (Vanhatalo ym., 2015, s. 62, 64)

Kuljettajien ammattitaito, työn tehokkuus ja ennakoiva ajattelu parantavat töiden sujumista. Mitä isompi poistuma on, sitä enemmän hakkuutahteitä saadaan uralle lisäämään kantavuutta. Varsinkin kuusimetsien harvennushakkuissa havumassalla saadaan parannettua kantavuutta ja lisättyä puun juuristolle suojaa 15–20 kg/m<sup>2</sup>:lle. Tärkein kantavuuteen vaikuttava tekijä on puuston tilavuus, koska se vaikuttaa juuristokerroksen määrään, haihduntaan ja turpeen ominaisuuksiin. Sekapuusto ja runsas alikasvos lisäävät kantavien juuristokerrosten määrää. (Sirén, 2019, s. 1–2)

Turvemailla leveämpien pääajourien ansiosta ajokoneella voidaan ajaa helpommin edellisen raiteen vierestä parempaa kantavuutta hakien. Näin

voidaan pienentää uran kokonaispainumaa merkittävästi. Leimikkoa suunnitellessa karttaan tulisi laittaa merkintöjä todella pehmeistä kohdista ja jättää vähäpuustoiset alueet käsittelyn ulkopuolelle. Hakkuuvaiheessa näitä kohtia voidaan välttää ja ajourien ennakkosuunnittelu on helpompaa. Havuttaminen tai lyhyille matkoille kapulasillan rakentaminen voi olla joissakin tapauksissa järkevää korjuun mahdollistamiseksi. (Sirén, 2019, s. 1)

### 2.3 Metsäkoneiden vaikutus maaperän kantavuuteen

Pintapainetta ja maanpinnan rikkoutumista pyritään pienentämään 8-pyöräisillä koneilla. Koneiden renkaat ovat leventyneet ja telojen muotoilut ovat parantuneet erilaisia korjuuolosuhteita varten paremmin toimiviksi. (Sirén, 2019, s. 2) Telojen painoa olisi hyvä saada vähennettyä ja telapinta-alaa maksimoitua. Alennetuilla rengaspaineilla saataisiin lisättyä renkaan kantopinta-alaa, mutta vielä renkaat eivät tätä kestä. Tämä auttaisi 6-pyöräisten koneiden työskentelyä turvemilla eikä eturenkaille tarvitsisi laittaa teloja. (Airavaara ym., 2008, s. 17)

Ajourien raiteistumista syntyy, kun maan kantava pintakerros rikkoutuu ja painuminen lisääntyy äkillisesti. Silloin koneet voivat jäädä kiinni vain muutamana ajokerran jälkeen. (Vanhatalo ym., 2015, s. 70) Merkittävin tekijä painumien muodostumisessa on ylikulkenut kokonaisuudessa, joka koostuu metsäkoneiden ja kuormien yhteismassasta. Pienellä korjuukalustolla vaaditaan enemmän ajokertoja saman puumäärän siirtämiseen kuin isoilla koneilla. Raiteistumisen vertailu ei ole yksiselitteistä. Kuormatraktorien oma ja puunkuljetusmassat ovat viime vuosikymmeninä nousseet huomattavasti. Koneiden sekä kuormatilojen koko, telavarustelu ja alustaratkaisut ovat lisänneet korjuun tehokkuutta. Kantavuutta voidaan parantaa kanto-pinta-alaa lisäämällä, pidemmällä telillä tai pyöräparin lisäämisellä. Kumiteloja on kokeiltu, mutta silloin kumin kestävyys muodostui ongelmaksi. (Sirén, 2019, s. 2) Ponsella on prototyypivaiheessa kehitteillä oleva kumitelainen ajokone kaksivuotisessa OnTrack -hankkeessa, joka kuuluu EU:n Horisontti 2020 -ohjelmaan. Prinoth on kehittänyt ajokoneisiin kumitelaratkaisun. (Kaiku Helsinki, 2018)

## 2.4 Puunkorjuun lähtökohdat

Sulan maan aikaisessa puunkorjuussa on oleellista tarkastella käytettävän tiestön kuntoa, ojien kuivavaraa, leimikon ominaisuuksia sekä selkeää korjuualueen muotoa (Vanhatalo ym., 2015, s. 83). Kunnostusojitukselle on tarvetta, jos kuivavara on alle 30 cm metsän kasvatukselle kannattavalla kohteella (Heikkilä, 2007, s. 8). Ojitustilanne vaikuttaa korjuun onnistumiseen. Korjuukohdetta valittaessa kannattaa arvioida leimikkoa ympäröivän maaston kantavuutta. Mikäli kohteella on kantavaa turve- tai kivennäismaata, ne tulee hyödyntää kokoojauran paikkana. Isoilla yhtenäisillä kymmenien hehtaarien leimikoilla puiden kuljetusreittien suunnittelun merkitys korostuu. Turhia ojan ylityksiä tulee välttää, koska ojien penkat ovat usein pehmeitä. Ajokoneenkuljettajan tulee täyttää puilla ojat kohdista, joista ajetaan yli merkittäviä kuormamääriä, muuten vaarana on ojien tukkeutuminen. Yhden ajouran rasittamista ja pitkiä kuljetusmatkoja tulee välttää mahdollisuuksien mukaan, mikäli uran kestävydestä on vähänkään epävarmuutta. Puutavara tulee ajaa mahdollisimman vähäisillä ajokerroilla varastopaikoille. (Sirén, 2019, s. 1)

Turvemailla ajourat kannattaa suunnitella ojalinjaston ja poistettavan puuston mukaan. Sarkaleveydet voivat olla hyvin suuria ja poistuman määrä voi vaihdella leimikolla paljon. Hoidetuilla kohteilla harvennuksen hakkuukertymän alarajana voidaan pitää 40 m<sup>3</sup>/ha. (Vanhatalo ym., 2015, s. 29, 63) Pehmeillä maapohjilla kokoojaurat tulee sijoittaa leimikon puustoisimmille kohdille sekä niillä ajaminen kannattaa rajoittaa 4–5:een ajokertaan ja keruu-urilla 2:een kertaan (Sirén, 2019, s. 1–2). Kasvatushakkuilla ajourien suositeltava leveys on turvemailla 4,0–5,0 m. Vastaavasti kivennäismailla ajourien suositeltava leveys on 4,0–4,5 m. Ajouran mutkissa ja sivukaltevissa paikoissa uran leveys on yleensä lähempänä suositusten ylärajaa, koska kuormatraktori vie yleensä isomman tilan kääntyessään kuin harvesteri. Kasvatushakkuilla ajouravälien tulee olla ainakin 20 m. Ohjeistuksen mukaan tehdylle työmaalle syntyy noin 500 m ajouria hehtaarille. (Ovaskainen, 2012a)

## 2.5 Puunkorjuun kannattavuus

Puunkorjuuyritysten kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat poistettavien runkojen litrakoko, runkolukusarja ja poistuma hehtaarilta (Sirén, 2019, s. 1). Tärkeä tekijä ajokonetyön kannattavuudessa on ajettavien kuormien koko, pystytäänkö ajamaan täysillä vai vajailla kuormilla. Meno-paluukuormien ajamisella saadaan minimoitua tyhjänajoa ja lisättyä kannattavuutta. (Airavaara ym., 2008, s. 18) Keliolosuhteiden vaihtelu aiheuttaa yrittäjälle ongelmia, koska kaikkia teloja ei voida käyttää vuoden ympäri. Talvella ongelmaksi tulee lumen pakkautuminen tiheälappuiseen telaan ja pidon heikentyminen verrattaessa harvempi lappuisiin kapulateloihin. Telaparin hinta on yli 10 tuhatta euroa, mikä tarkoittaa isoa kuluerää. Investoinnin kannattavaksi saanti edellyttää riittävää käyttömäärää varustelulle. Lisäksi kesäaikaan korjattavien turvemaa leimikoiden hinnoittelun pitäisi olla suhteessa korkeampi, kuin normaalissa talvikorjuussa. Varustelun ansiosta kelirikkoisokit voivat lyhentyä ja kuivina kesinä jäädä jopa kokonaan pois, mikä lisää kannattavuutta. (Sirén, 2019, s. 2)

## 2.6 Puunkorjuuta helpottavat ohjelmat

Korjuukelpoisuusluokka kuvastaa maaperän kantavuutta, joka on laskettu maastotietokannan ja laserkeilaukseen perustuvien aineistojen pohjalta ilman maastotöitä. Aineistoa päivitetään noin kerran vuodessa uusilla aineistoilla. (Metsäkeskus, 2017) Korjuukelpoisuuskarttaan on merkitty tummansinisellä 2 koealaa (Kuva 2).

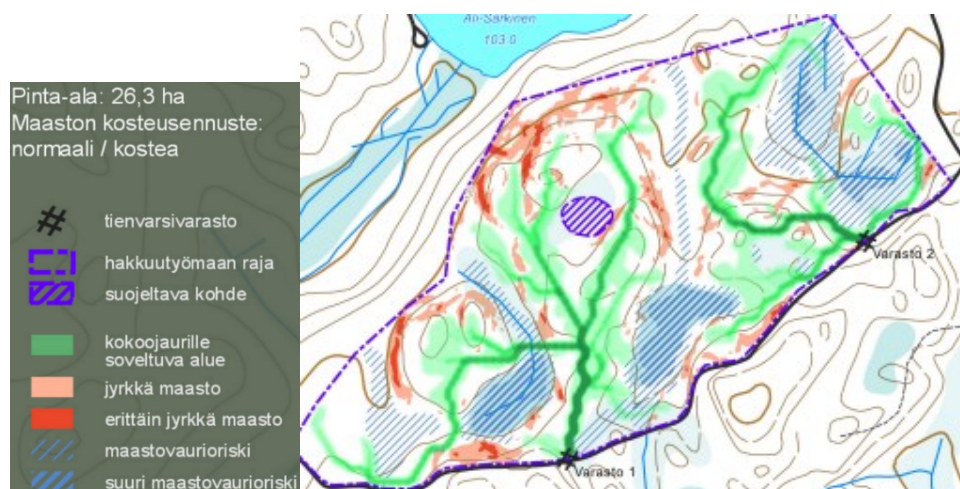


Kuva 2. Vasemmalla korjuukelpoisuusluokat (Suomen metsäkeskus, 2018). Oikealla korjuukelpoisuuskartta testialueelta (Lindeman, 2020).

Reaaliaikaisen korjuukelpoisuuskartan tuottamista ollaan kehittämässä puunkorjuuta varten, että tiedettäisiin reaaliaikainen maaperän kantavuus jo hakkuita suunniteltaessa. Muuttuvilla olosuhdetiedoilla päivittyvä

kartta arvioisi esimerkiksi edellisvuoden lumi- ja vesisadekertymiä, jotka vaikuttaisivat sulan maan aikaisen korjuun kantavuuteen. (Hämäläinen ym., 2017, s. 14)

Ajourakone suunnittelee hakkuukoneenkuljettajalle päätöksien tueksi esityksen kartalle alueista, joille kokoojaura tulisi sijoittaa. Sovellus osaa myös määrittää korjuuta varten pehmeitä alueita ja tunnistaa liian kaltevat maaston kohdat. (Kuva 3) Alueen maastosta syntyy myös työtä helpottava ja havainnollistava ennakkotieto koneenkuljettajille. Tieto helpottaa sekä nopeuttaa tuottavaa työskentelyä. Ajourakone on karttapohjien visualisointi- ja laskentatyöväline, joka löytää kokoojaurille suotuisimmat sijainnit leimikolta. Urien sijaintia määriteltessä ohjelma käyttää apunaan puustotietoja, korjuukelpoisuusluokitusta, maastotietokantaa sekä maanpintamallia. Suunnittelussa huomioidaan lisäksi luontokohteet sekä säätiedot. Puunhankintaorganisaatiot ja korjuuyrittäjät voivat hyödyntää ohjelman ehdotuksia työmaiden ennakkosuunnittelussa. Operatiivisenkorjuun työmaasuunnittelussa sovellusta hyödyntävät yrittäjät sekä koneenkuljettajat. Ohjelman tavoitteena on minimoida maaperään syntyviä maastovaurioita. Laskelman lähtökohtana ovat varastopaikkojen sijainnit ja vallitsevat maasto-olosuhteet. Sovelluksesta on eniten hyötyä harvennuksilla, mutta se toimii myös uudistushakkuilla. (Ovaskainen ym., 2019, s. 2–3)



Kuva 3. Ajourakoneen kokoojaura ehdotus leimikolle (Ovaskainen ym., 2019, s. 14).

Metsäkonevalmistajista esimerkiksi John Deere tarjoaa koneisiinsa reaaliaikaista tuotannonseurausjärjestelmää TimberMatic-ohjelmaa. Harvesterin mittalaite kerää tietoja tehdyistä rungoista ja gps-sijainnit määrittävät tarkat paikat tehdyille puutavaralajeille sekä määrille. Tiedot siirtyvät moitolta automaattisesti ajokoneelle pilvipalvelun kautta. Samalla työmaalla olevat kuljettajat pääsevät näkemään ajouraverkoston varressa olevat tavaramäärät yhden pöllin tarkkuudella. Kuorman ajettuaan kuljettaja

merkitsee ajamansa puut varastopaikalle. Silloin nähdään reaaliaikainen tilanne, paljonko milläkin uralla on vielä ajamatta puuta. Järjestelmä selkeyttää ajokoneenkuljettajalle paljonko puuta leimikolla on ajamatta sekä miten kuorma kerätään mahdollisimman tehokkaasti turhan ajon minimoiden. (John Deere Suomi, 2020a)

Koneyrittäjä pääsee seuraamaan leimikoiden etenemistä TimberManagerin kautta. Järjestelmä kertoo työn etenemisen prosentteina sekä kuutiometreinä. Tarkka tieto varastolla olevista puumääristä helpottaa jatkokuljetuksen suunnittelua ja samalla koko puunhankintaketjun toiminta tehostuu. (John Deere Suomi, 2020b) Kuvassa vasemmalla näkyy leimikolta hakattu puumäärä puutavaralajeittain, ajon eteneminen ja arvio työmaan valmistumisesta. Oikealla näkyy ilmakuva työmaalta, puutavaralajien sijainneista, varastopaikasta sekä ajokoneen sijainti (Kuva 4).



Kuva 4. Yrittäjän näkymä TimberManagerissa (John Deere Suomi, 2020b).

## 2.7 Korjuukohdeluokitus

Metsäkoneiden aiheuttaman pintapaineen määrittelyyn on olemassa monia laskentakaavoja. Ruotsissa Skogsarbetenissä noin 30 vuotta sitten rakennettiin laskentakaava, josta tuli yleisesti käytetty. Tarpeena oli määrittää metsäkonekalustolle mahdollisimman luotettavat sekä yhdenmukaiset pintapainearvot. Laskentakaavio olettaa maanpinnan ylittäneen renkaan takana olevan pintamaan palautuvan puoleen verrattaessa alkuperäiseen arvoon. Pyörien leveys kasvaa noin 3 % kasaan painumisen vuoksi. Niiden oletetaan painuvan 15 % kuormittamattoman pyörän halkaisijasta, mutta oletamus on epätodellisen suuri. Esimerkiksi 710/40–22,5 renkailla painuma olisi noin 20 cm. VTT rakensi Metsäteho Oy:n toimeksiannosta metsäkoneiden pintapainetta ja raiteen muodostumista arvioivan laskentamallin. Sillä voidaan määrittää arvot kuormatraktorille sekä harvesterille koneiden teknistentietojen perusteella. (Törnqvist ym., 2010, s. 2, 4)

Korjuukohde- ja kalustoluokituksen avulla saadaan enemmän tietoa, millaisella kalustolla sulan maan aikainen puunkorjuu onnistuu. Konekaluston ympärivuotista toimintaa varten turvemaaleimikoita täytyy lisätä kesäkorjuussa. Turvemaaleimikon kokonaispuusto määrittää kantavuusluokan kohteelle (Taulukko 1, s. 13). Huomioitavia asioita ovat esimerkiksi ojien kunto, pintavetisyys ja korjuukohteen varpuisuus. Kantavuusluokka kertoo turvemaiden puunkorjuuolosuhteen, millaisessa kelissä talvileimikkoja voidaan korjata ja millainen suokelpoisuustaso metsäkoneella täytyy olla sulan maan aikaisessa puunkorjuussa (Taulukko 1, s. 13 ja Taulukko 2, s. 13). Metsäkonekalusto jakautuu kolmeen suokelpoisuustasoon, jotka määräytyvät koneiden painon, varusteluiden ja pintapaineiden mukaan (Taulukko 3, s. 14). (Högnäs ym., 2009)



Taulukko 1. Korjuukohdeluokitus leimikoille (Högnäs ym., 2009)

Korjattavan kuvion kokonaispuusto, m <sup>3</sup> /ha	Korjuukohteen varastojärjestelyjen, muodon ja koon perusteella arvioitu kuormitus ajouraverkostolle *)		
	Pieni	Kohtalainen	Suuri
	Kantavuusluokka **)		
>170	1	2	3
170 – 120	2	3	TALVI
<120	3	TALVI	TALVI
<b>Korjaukset kantavuusluokkiin:</b>			
<b>Pohjaveden syvyys:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohteissa, joissa <u>pohjavesi on alle 25 cm:n syvyydellä suon pinnasta</u>, käytetään yhtä luokkaa heikompaa kantavuutta.</li> <li>• Jos korjuuta on edeltänyt yli 4 viikkoa kestänyt kuiva kausi, suunnittelutietojen kantavuus paranee toteutuksessa yhdellä luokalla.</li> </ul>			
<b>Turpeen paksuus:</b> Kohteella, jossa <u>turvekerroksen paksuus on alle 75 cm</u> , kantavuus paranee yhdellä luokalla.			
*) Suuntaa-antava kokoojaurien määrä <b>turvemaalla</b> : pieni <75 m/ha, kohtalainen 75–150 m/ha ja suuri >150 m/ha.			
**) Edellytetään, että <b>hakkuutähteet hakataan ajouralle ja pienialaiset ja ajouraverkoston kriittiset kohdat vahvistetaan hakkuutähteillä tai muulla tavalla</b> . Päätehakuilla luokitusta käytetään sovelletusti. Energiapuuhakuilla luokitusta käytetään myös harkiten.			

Taulukko 2. Kantavuusluokka korjuukalustoille (Högnäs ym., 2009)

Kantavuusluokka	Turvemaakuvion ohjeellinen kokonaispuuston määrä, m <sup>3</sup> /ha	Vaadittava korjuukaluston suokelpoisuustaso
0	– 220	Vakio (max. pintapaine >50 kPa)
1	220 – 170	Parannettu (≤ 50 kPa)
2	170 – 120	Kantava (≤ 40 kPa)
3	120 –	Superkantava (≤ 30 kPa)

**Korjaukset/huomioitavaa:**

- Mikäli esiintyy huomattavaa pintavetisyyttä tai märkyttä (pohjavesi enintään 25 cm suon pinnasta), käytetään yhtä luokkaa heikompaa kantavuutta.
- Myös muut tekijät, joiden voidaan arvioida vaikuttavan kantavuuteen, voidaan luokituksessa ottaa huomioon (esim. ojien kunto, puulajisuhteet, varpuisuus/ruohoisuus).
- Uudistushakkuissa puuston määrärajoja käytetään soveltaen.
- Jos korjuuta on edeltänyt vähintään 1,5 kk kestänyt kuiva kausi, suunnittelutietojen kantavuus nousee toteutuksessa yhdellä luokalla.
- Luokitus olettaa, että raskaasti kuormitetut ja/tai pienialaiset upottavat ajouran kohdat vahvistetaan (havutus, kuitupuutela, pitkospuut, kevytsillat tms.) tarpeen mukaan tai että kriittiset kohdat pystytään hyvällä suunnittelulla tai ajotekniikalla muuten hallitsemaan.

Taulukko 3. Koneiden suokelpoisuustason määritelmiä (Airavaara ym., 2008, s. 17)

Suokelpoisuustaso	Kahdeksanpyöräiset traktorit	Kuusipyöräiset traktorit
Parannettu	Suurin pintapaine 8 tonnin kuormalla enintään 50 kPa Esimerkkivarustus: • 12 t: edessä ketjut ja takana telat, leveys $\geq$ 700 mm • 17 t: edessä ja takana telat, leveys $\geq$ 700 mm	Suurin pintapaine 8 tonnin kuormalla enintään 50 kPa Esimerkkivarustus: • 12 t: edessä telat apupyörillä ja takana telat, leveys $\geq$ 700 mm • 17 t: edessä telat apupyörillä ja takana telat, leveys $\geq$ 760 mm
Kantava	Suurin pintapaine 8 tonnin kuormalla enintään 40 kPa Esimerkkivarustus: • 12 t: edessä ketjut ja takana telat, leveys $\geq$ 750 mm • 17 t: edessä ja takana telat, leveys $\geq$ 870 mm	Suurin pintapaine 8 tonnin kuormalla enintään 40 kPa Esimerkkivarustus: • 12 t: edessä telat apupyörillä ja takana telat, leveys $\geq$ 820 mm • 17 t: edessä telat apupyörillä ja takana telat, leveys $\geq$ 970 mm
Superkantava	Suurin pintapaine 8 tonnin kuormalla enintään 30 kPa Esimerkkivarustus: • 12 t: edessä telat ja takana telat apupyörillä, leveys $\geq$ 700 mm • 17 t: edessä telat ja takana telat apupyörillä, leveys $\geq$ 820 mm	Suurin pintapaine 8 tonnin kuormalla enintään 30 kPa Esimerkkivarustus: • 12 t: edessä telat apupyörillä ja takana telat apupyörillä, leveys $\geq$ 730 mm • 17 t: edessä telat apupyörillä ja takana telat apupyörillä, leveys $\geq$ 850 mm

Korjaukset:

- Jos traktorin omamassa ilman teloja alittaa 12 tonnia, taso paranee yhdellä luokalla
- Hakkuukoneilla taso on samalla varustuksella yhtä luokkaa kantavampi (käytetään vain erillisessä hakkuussa)

## 2.8 Aiempia tutkimuksia turvemaiden puunkorjuusta

Airavaaran ym. (2008) mukaan oikein muotoilluilla teloilla saadaan parannettua merkittävästi metsäkoneiden suokelpoisuutta. Testiajoissa apupyörät lisäsivät kantavuutta. Leveämmät telat levittivät konetta, mutta puustovaurioiden määrä ei lisääntynyt kohtuuttomasti. Turvemaalla maan pintakerroksen lujuus oli ratkaiseva tekijä. Jos koneen massaa aiotaan lisätä, se vaikuttaa akselimassoihin ja määritettyihin pintapaineisiin. Mikäli kantava maanpinta meinasi alkaa rikkoutumaan tai alkoi syntyymään isoja raitteita, ei ollut järkeä suurentaa kuormakokoa. Ajokertojen määrää kannattaa yrittää minimoida ajamalla täysiä kuormia. (Airavaara ym., 2008, s. 45)

Salon kyselytutkimuksen (2017) mukaan kantavilla teloilla on ongelmana maanpinnan murtaminen varsinkin konetta käännettäessä. Isoilla kuormilla sekä pitkätelisillä koneilla ajouran mutkissa käännyttäessä maaperään aiheutuu enemmän rasiutusta kuin suoraan ajettaessa, tämä aiheuttaa maanpinnan rikkoutumista. Ongelmaa on pyritty pienentämään pyöristämällä telakenkien reunoja pelkästään ulkoreunalta tai lisäksi sisäpuolelta. Kyselyssä todettiin telakengän rakenteella olevan hieman vaikutusta maanpinnan rikkoutumiseen. Kantavilla teloilla oli iso kantopinta-ala, eikä niissä ollut juuri liukuesteitä, koska ne rikkoisivat maanpintaa lisää. Turvemaat ja pehmeät maaperät ovat yleensä melko tasaisia, joten pidon kanssa ei silloin ole ongelmia. Kantavilla teloilla ongelmia syntyy kovalla

maaperällä tai rinteessä, missä kone lähtee helposti luistamaan huonon pidon takia. (Salo, 2017, s. 46–47)

Leveämpien renkaiden markkinoille tulo voisi joissain tapauksissa mahdollistaa ilman teloja ajamisen. Telojen tarkoitus on suojata sekä säästää renkaita kantavuuden parantamisen lisäksi. Telat tekevät metsäkoneista kankeampia kääntymään, mutta se ei aiheuta ongelmia riittävän leveillä ajourilla. Yrittäjien mielestä telat aiheuttavat tehohävikkiä, mutta lisäävät koneen etenemiskykyä ja kantavuutta merkittävästi. Telat parantavat koneiden ojien ylitys-, veto- sekä nousukykyä. Ojien ylityksessä kone ei lähde puskemaan tai rikkomaan ojien penkkoja, vaan pyrkii nousemaan ojasta telojen avulla. Telojen kireys täytyy pitää riittävänä, etteivät renkaat ala pyörimään tyhjää telojen sisällä. Oikea kireys teloissa pienentää myös pin-tapainetta ja lisää kantavuutta. (Salo, 2017, s. 47–48)

Metsäteho Oy yhteistyökumppaneineen tutki metsäkoneiden maastokelpoisuutta vuonna 2010. Keskeisiä asioita olivat koneiden varustelu ja renkaiden ilmanpaineet. Koneiden sopivuutta pehmeille maille arvioitiin tärinän ja raiteenmuodostumisen mukaan. Tutkimusleimikko oli Pälkäneellä UPM:n mailla pääasiallisesti toista harvennusta. Tutkimuksessa raidetta syntyi eniten huonosti havutetuille kohdille, ajouran mutkakohtiin, korkeiden kantojen kallistuksen vaikutuksesta ja turvekerroksen paksuuden vaihtelusta eripuolilla konetta. Koneen painopisteen tulisi olla mahdollisimman vakaa, ettei painumaa synny alempana olevalle puolelle. Ajamalla vanhan raiteen vierustaa, raidetta saadaan tasoitettua ainakin osittain. (Kärhä ym., 2010, s. 3, 18, 37) Urien risteyskohdissa uralle voidaan laittaa kuitupuuta pokittain, jonka päällä telat kulkevat. Tämä vähentää maanpinnan rikkoutumista ja parantaa kantavuutta hetkellisesti. (Salo, 2017 s. 47)

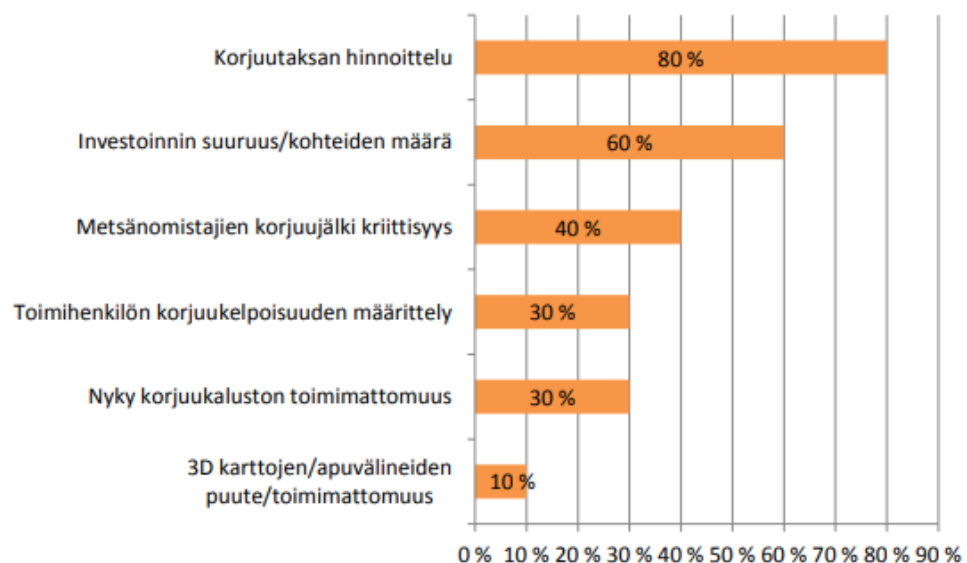
Kärhän ym. tutkimuksen (2010) mukaan ajourien reunapuista vaurioitui keskimäärin 4 puuta 100 m:n matkalla. Reunapuiden juurenniska- sekä juuristovaurioita ilmeni, jos ajokoneella oli ajettu liian läheltä uran reunojen lähimpiä puita. Runkovaurioita reunapuihin aiheutui puiden kallistuessa uralle päin ja koneen kallistuessa uralta sivullepäin kannon tai urapainuman kohdalla. Ajouran keskilinjasta 2,4 m:n päässä sijanneet uranlaitapuuat säästyivät lähes poikkeuksetta vaurioilta. Turvemaidilla optimaalinen ajouraleveys on 4,5–5 metriä. (Kärhä ym., 2010, s. 38)

Pehmeiden- ja turvemaiden korjuun onnistumisen lähtökohtana varsinkin kesällä on hyvin toteutettu hakkuu. Hyvä ajouran havutus, mahdollisimman suorat ajolinjat, riittävän leveät ajourat sekä mahdollisimman lyhyet kannot antavat lähikuljetukselle mahdollisuuden onnistua ilman turhia painumia. Hakkuu tulee suorittaa lähikuljetuksen ehdoilla. Leimikon järkevä rajaus, muoto ja aiemmin vallinneet keliolosuhteet tulee huomioida ennen hakkuun aloittamista. Varastojen hajautus ja paljon

kuormitettavien urien sijoituksen merkitys on suuri painumien minimoimiseksi. (Kärhä ym., 2010, s. 40, 44)

Korjuukaluston varustelun täytyy olla hyvä. Jäykkätelaisen umpitelatraktorin etuna on jäykkä telamatto, joka kulkee kantavimpien kohtien päällä, eikä hakeudu maanpinnan epätasaisuuksiin. Jäykät telat tasoittavat maanpintaa. Testeissä ei havaittu havutuksella olevan minkäänlaista yhteyttä ajouran painumiseen. Tämän vuoksi umpitelatraktoreilla on hyvät näkyvät huonosti kantavien maiden puunkorjuussa, erityisesti kokopuun korjuussa. (Kärhä ym., 2010, s. 35)

Kumpulaisen kyselytutkimuksen (2014) kysymykset jaettiin sähköpostilla Koneyrittäjien liiton asiakasyrityksille. Kyselyyn vastasi vain 10 yritystä 957:stä. Vastausprosentti jäi noin 1 % luokkaan, joten tulos on vain suuntaantava. Tuloksien mukaan pehmeiden maiden puunkorjuuta pidettiin kannattavana. Erikoisvarustelluille koneille sekä vaativille korjuumaastoille täytyisi saada korkeampaa mottitaksaa korkeampien kustannusten kattamiseksi (Kuva 5). Reissutyöt isommalla toimialueilla eivät saaneet kannatusta, enemmän uskottiin omalla toimialueella työskentelyyn. (Kumpulainen, 2014, s. 22, 30)



Kuva 5. Pehmeiden maiden korjuunkehitystä jarruttavia tekijöitä kyselytutkimuksen perusteella (Kumpulainen, 2014, s. 31).

Urakoitsijoiden haastatteluista selvisi, että metsäfirmit sekä asiakkaat määrittelevät vallitsevan hintatason. Tuloksien mukaan yrittäjien pitäisi saada vaikuttaa hinnan muodostumiseen. Turvemaiden puunkorjuusta pitäisi saada korkeampaa taksaa kuin kivennäismailla. Taksoihin 10 %:n lisäksi innostaisi yrittäjiä investoimaan lisää kalustoon. Työmaita pitäisi riittää ympärivuotisesti, että uuden kaluston työmäärää saataisiin lisättyä.

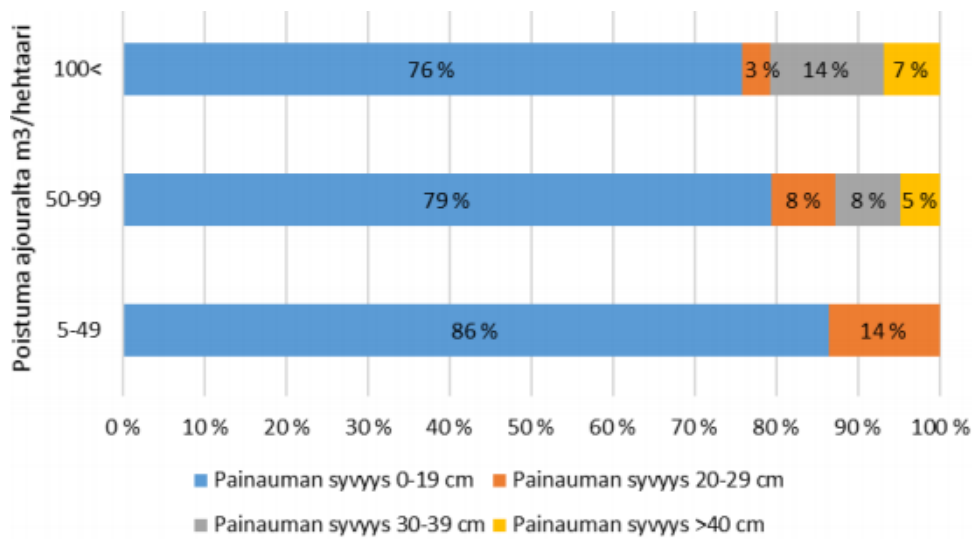
Korjuukohteita pitäisi olla riittävästi tarjolla ja korjuukelpoisuuden luokittelu pitäisi pystyä arvioimaan oikein. Konevalmistajilta olisi hyvä löytyä kevyempiä kuormatraktoreita heikosti kantaville maille. Pehmeiltä mailta ei kannata yrittää kerätä kaikkia puutavaralajeja. Tämä vähentäisi leimikolla ajokertojen määrää ja nopeuttaisi lähikuljetusta. (Kumpulainen, 2014, s. 31–32)

Väätäisen ym. tutkimuksessa (2010) selvitettiin ympärivuotisen puunkorjuun kustannusvaikutuksia ojitetuilla turvemaidella toimittaessa. Metsäkuljetuksessa pienillä pintapaineilla varustelluilla koneilla ja pitkillä yli 400 metrin kuljetusmatkoilla kannattavuus oli selvästi vähemmän varusteltuja koneita parempi. Paremmiin kantavuutta lisäävien ominaisuuksien ansiosta puuta voidaan kuljettaa suurempia kuormia. Talvikorjuuseen verrattuna suurin kustannusta lisäävä tekijä kesäkorjuussa syntyy suuremman ajanmenekin kustannusvaikutuksista, kun aina ei voida ajaa täysillä kuormilla. Tämä lisää ajokertoja ja ajanmenekki kasvaa ajourilla. Turvemaiden kesäaikaisessa puunkorjuussa polttoaineenkulutus kasvaa metsäkuljetuksessa huomattavasti. Korjuuyrittäjien haastattelututkimuksesta selvisi, että turvemaiden kesäkorjuussa ajanmenekki kasvaa talvikorjuuseen verrattuna hakkuussa keskimäärin 12 % sekä metsäkuljetuksessa keskimäärin 7 prosenttia. (Väätäinen ym., 2010, s. 5, 42–44)

Kiiskilän vuonna 2017 valmistuneessa opinnäytetyössä käydään läpi kesäaikaisten turvemaaharvennusten ajourien raiteistumista ja sitä selittäviä tekijöitä. Mitatut tulokset perustuivat 129:ään koealaan, joista hakkuutalvaan 32 % sijoittui ensiharvennuksille ja muu harvennus kohteita oli 68 %. Koealoilla yleisin kasvupaikkatyyppi oli tuore kangas 56 %:n osuudella. Loput koealat jakautuivat lähes tasan kuivahkon ja lehtomaisten kankaiden välillä. Tutkimuksessa selvisi, mitä rehevämmälle kasvupaikkatyypille mentiin, sitä enemmän syntyi urapainumia. Varpukasvillisuus vähensi painumaa yli kaksinkertaisesti verrattuna heinävaltaisiin kohteisiin. Hyvälaatuisella havutuksella saatiin minimoitua uravaurioita. Havutuksen tason laskiessa tästä kohtalaiseksi, painumien määrä tuplaantui. Havutuksen tason laskiessa vielä huonoksi, painumien määrä kaksinkertaistui. Ojien kunnon ollessa hyvällä tasolla painumat olivat selvästi pienempiä kuin kohteissa, joissa ojat olivat huonommassa kunnossa. Hakkuupoistuman kasvaessa yli 50 m<sup>3</sup>:iin hehtaarilla, urapainumien määrä lisääntyi selvästi. Poistumassa kuusen määrän lisääntyessä kantavuus parantui samaa tahtia. (Kiiskilä, 2017, s. 35, 37–38, 40–42)

Poistuman ollessa pienimmillään alle 49 m<sup>3</sup>/ha, ei yli 30 cm:n painumia syntynyt ollenkaan. Poistuman ollessa 50–99 m<sup>3</sup>/ha alkoi syntyä yli 30 cm syviä painumia. Poistuman ollessa yli 100 m<sup>3</sup>/ha yli 30 cm syvien painumien osuus kasvoi selvästi. (Kuva 6, s. 18) Poistuman lisääntyessä

painumien syvyys kasvoi ja alle 30 cm matalien painumien määrä vähentyi huomattavasti. (Kiiskilä, 2017, s. 42)



Kuva 6. Hakkuupoistuman määrän vaikutus raiteistumiseen (Kiiskilä, 2017, s. 42).

### 3 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä luvussa esitellään työni tutkimusongelmat. Tarkastellaan koaloja, käytettyjä mittausmenetelmiä, hakkuuta, testiajoissa käytettyjä teloja ja konekalustoa.

#### 3.1 Tutkimusongelmat

Työn tavoitteita tarkastellaan tutkimuskysymyksien avulla. Miten suomettien sulan maan aikaisen puunkorjuun toimintatapoja sekä sopivien korjuukohteiden löytämistä lisätään? Millä keinoilla käytännön puunkorjuuta saadaan kehitettyä ja osaamista lisättyä? Miten arvioidaan testiajojen tuloksien luotettavuutta, koska koealat edustavat pinta-alallisesti vain murto-osaa koko Suomen turvemaista? Oliko mitattujen painumien kehitys johdonmukaista ja kuinka luetettavia tulokset olivat? Millainen oli suomettien sulan maan aikaiseen puunkorjuuseen sopiva kuormatraktori ja mikä oli oikea kuormakoko?

Tavoitteena oli luoda koulutusaineisto, jonka avulla voidaan perehtyä sulan maan aikaiseen puunkorjuuseen. Pyrin tuomaan esille millä varusteilla ja koneilla onnistutaan turvemaaleimikoiden korjuussa sekä suunnittelussa. Johtopäätökset lukuun koostin yhteenvedon ongelmien ratkaisuksista.

### 3.2 Koealojen määrittäminen

Kartoitetut vaihtoehtokohteet olivat vähäpuustoisia sekä paikoin puuttomia. Suurin haaste kohteen valinnassa oli liian vähäinen puusto tai ettei kohteilla ollut mitään käsittelytarvetta. Tutkimuksessa käytetty testipaikka valikoitui Finsilvan mailta kahden parhaan vaihtoehdon joukosta. Tutkimuksen koealat sijaitsivat Ähtärissä Sauna-ahontien varressa, aivan Keski-Suomen rajan läheisyydessä hyvien kulkuyhteyksien päässä. (Kuva 7) Sauna-ahon kohde oli myös toista vaihtoehtoa isompi pinta-alaltaan, joten tarvittava puumäärä testiajoja varten löytyi suoraan kohteelta. Puutavara-autolla ei tarvinnut tuoda lisää puita ajokoneiden kuormapuiksi.



Kuva 7. Testipaikan sijainti kartalla (Karttapaikka, n.d.).

Koealat sijaitsivat ojitetulla turvemaalla. Alueen ojat olivat kasvaneet osittain umpeen. Jossain kohdissa vesi seiso i ojassa kohteen kartoituskäynnillä, mutta yleisesti ojat olivat kohtalaisessa kunnossa. Testiajoihin mennessä ojat olivat kuivuneet kuivan kelin ansiosta. Alueen vallitseva suotyyppi oli isovarpuräme, joka vastaa metsätüypiltään puolukkaturvekan-gasta. Puusto oli puhdasta männikköä, kivennäismaan laidalla oli yksittäisiä hieskoivuja. Kasveista suopursu oli vallitseva. Alueella oli tasaisesti puolukanvarpuja, mutta varsinkin ojien penkoilta löytyi runsaita keskittymiä mustikanvarpuja.

Opinnäytetyön koealaruutujen hakkuun yhteydessä ympäröivälle ojikko-alueelle tehtiin muutaman hehtaarin väljennyshakkuu elokuun lopussa. Leimikko rajautui vaakatasossa menevän tien yläpuolelle punaiseksi merkitylle ojitetulle alueelle. Leimikolla korjuukelpoisuusluokka oli talvi sekä kuiva kesä. (Kuva 2, s. 9) Kohteiden arviointikäynneillä totesimme riittävän

puuston ja turvekerroksen paksuuden testiajoja varten. Näiden suunnitelutoimenpiteiden ja havaintojen jälkeen aloitettiin varsinainen työ. Teimme alkumittaukset koaloilla perustietojen saamiseksi. Koneiden painumamittauksia tehtiin testiajojen aikana.

Kahden koelan kaikki kulmapisteet paikannettiin gps:n avulla tarkasti oikeille paikoilleen maastoon. Kulmapisteiden gps-koordinaattien avulla laadittiin tarkka kartta koaloista. Sivut merkittiin kepeillä ja punaisella kuitunauhalla maastoon. Kaikki koelaruudet maalattiin oranssilla sprayllä maastoon tietojen mittauksen helpottamiseksi koelaruuduittain. (Kuva 8)



Kuva 8. Kuva 133 koelaruudun reunasta koelalle päin (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

### 3.3 Koalojen alkutietojen mittaus

Piikkisiipikairalla mitataan maan pintakerroksen leikkauslujuutta. Turve- maalla kantavuus perustuu suuresti maan pintakerroksen elävän kasvillisuuden lujuuteen. (Kuva 9, s. 21) Pintakerroksen alla olevan maatuneen turvekerroksen lujuus on usein riittämätön kantamaan raskaita koneita. Pintakerroksen pitäisi säilyä mahdollisimman pitkään ehjänä. Kairan terät eivät riko maan pintakerrosta vaan asettuvat kasvillisuuden lomaan. Kairaa käännetään sähköisesti mittaavalla momenttiavaimella, jolloin selviää kiertokulma sekä vääntömomentti. Näiden tietojen avulla saadaan matemaattisesti määritettyä maan pintakerroksen lujuus kPa-yksikkönä. (Alalommäki, 2013, s. 118)

Pohjaveden syvyys määritettiin sijoittamalla mittaputkia eri paksuisten turvekerrosten kohtiin molemmille koaloille. Mittaputket sijoitettiin koaloille ennen koalojen hakkuuta, että pohjaveden tasolla oli riittävästi



aikaa vakiintua putkiin. Ennen testiajoja mittaputkista selvitettiin pohjaveden vaihteluväli koealoilla pohjavesimittarilla. (Kuva 9) Mittaputkessa on pieniä reikiä, joista vesi pääsee valumaan putkeen. Pohjavesimittarin letkun päässä on elektroninen anturi, joka antaa äänimerkin osuessaan veden pintaan. Sen jälkeen pohjavesimittarin letkun sisällä olevasta mitta-asteikoista nähdään 1 cm:n tarkkuudella vakiintuneen pohjaveden etäisyys maanpinnasta. (Syke, 2017)



Kuva 9. Piikkisiipikairan terät vasemmalla ja pohjavesimittari laitettuna mittaputkeen oikealla (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

### 3.4 Koealojen hakkuu

Koealuruutujen hakkuu tapahtui harvesterilla 19.8.2019 sateisessa kelissä Jyväskylä & Pojat Oy:n John Deere 1070 -harvesterilla. Motolla ei ajettu koealojen sisäpuolelle eikä myöskään havuja jätetty koealoille. Koneessa on 6 pyörää, jotka kaikki oli varusteltu pehmeille maille tarkoitetuilla kantavilla teloilla. (Kuva 10, s. 22) Koealuruudun 233 edustalle tuli pieni painuma hakkuun yhteydessä, koska koealan vieressä oli puuton kohta eikä koneen alle saatu riittävästi havuja. Hakkuutähteiden puuttuminen koealoilta helpotti testiajojen aikana maaston kantavuuden vertailua ja mittauksia. Kuidut tehtiin pitkänä tavarana, jotta paino jakautui tasaisesti kuormatraktorin kuormatilaan. Kuormatraktoreilla testiajot suoritettiin 28.8.2019 noin viikon kuluttua koealojen hakkuun jälkeen. Ennen testiajoja ehti olla lähes viikon verran kuivaa ja aurinkoista keliä. Hakkuun aikana ojissa oli reilusti vettä, mutta testiajopäivänä vedenpinta ojissa oli

laskenut selvästi. Alueen maasto oli selvästi kuivunut, mutta ojien ylityskohdat täytettiin huolellisesti kuitupuilla ennen testiajoja (Kuva 11).



Kuva 10. Koealaruutujen ja ajourien hakkuu (Kuva: Kallioaho Joni 2019)



Kuva 11. Ensimmäinen ojien ylityskohta oli koealaruudun 211 etupuolella (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

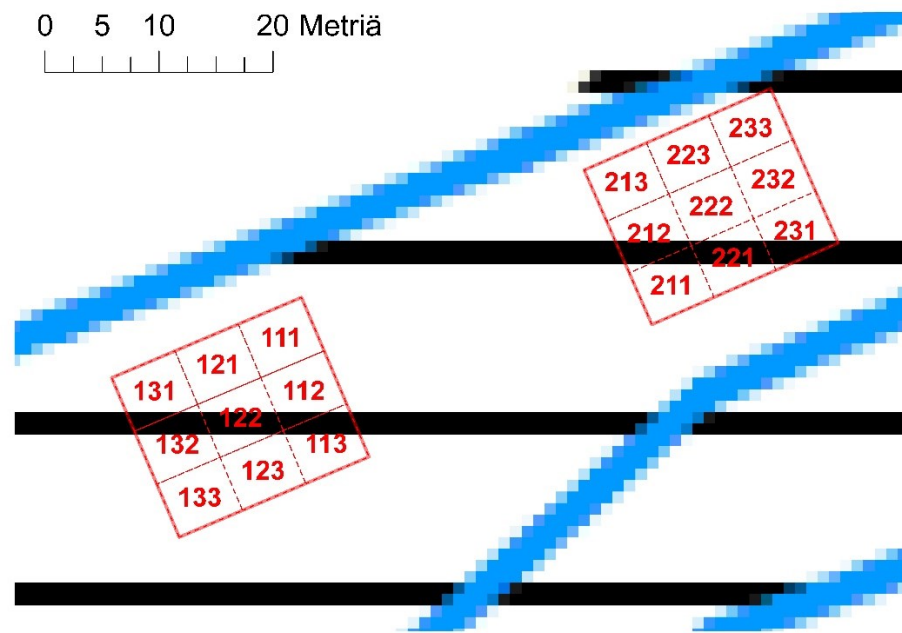
### 3.5 Testiajojen toteutustapa

Katkoviivalla merkittiin kartalle koneiden käyttämät kulkureitit testiajossa koealoille ja niiden läpi. Koealoille tullessa koneilla oli suora ajolinja, ettei tarvinnut kääntyä mutkasta ja rikkoa samalla kulkureittiä. Kuva toimii hyvänä esimerkkinä varastopaikkojen hajauttamisesta, kokooja- sekä keruuriiden sijoittamisesta pehmeille maille. (Kuva 12, s. 24)



Kuva 12. Koneiden kulkureitit (Lindeman, 2019).

Jokaisella koealaruudulla tehtiin mittauksia, jotka kerrotaan myöhemmin (alaotsikko 4.1, s. 29). Kolminumeroinen luvun ensimmäinen numero kertoo, kumpi kahdesta koealasta on kyseessä. Toinen numero määrittää millä koealakaistalla ollaan. Viimeinen kolmas numero kertoo koealaruudun sijainnin koealakaistalla. Koealojen pituus oli pystysuunnassa 15 m ja vaakasuunnassa 18 m. Molemmille koealoille merkittiin omat koealaruudut, joiden koko oli pystysuunnassa 5 m ja vaakasuunnassa 6 m. Kuorma-traktorin yhdellä koealakaistalla oli leveyttä 6 m ja pituutta 15 m. (Kuva 13, s. 24)



Kuva 13. Koealaruutujen numerointi (Lindeman, 2019).

Jokaiselle ajokone- ja kuormayhdistelmälle oli omat koealakaistansa, mitä kierrettiin. Yksi ajokierros radalla muodostui, kun ajettiin koealat 1 ja 2 kerran ympäri. Ainut poikkeus oli 810:llä 4 t:n kuormalla. Silloin rata piti ajaa kaksi kertaa läpi ennen kuin se vastasi yhtä kierrosta. Tämä johtui siitä, että ajettaessa rata kahdesti ympäri, saatiin kuljetettua saman verran puuta kuin 810:llä 8 t:n kuormalla. Tällä tavalla saatiin verrattua kannattaako koneella kuljettaa täysiä kuormia vai päästiinkö vajailla kuormilla kulkemaan pienemmillä painumilla. Painumat mitattiin aina yhden ajokierroksen jälkeen. (Taulukko 4)

Taulukko 4. Koealaruudut, jotka muodostivat koneille yhden ajokierroksen radalla (Taulukko: Kallioaho Joni 2019)

	Koeala 2			Koeala 1		
Kone, 1510						
Kuorma: 12 tonnia	231	232	233	131	132	133
Kone, 810						
Kuorma: 8 tonnia	211	212	213	111	112	113
Kone, 810						
Kuorma: 4 tonnia	221	222	223	121	122	123
	221	222	223	121	122	123

### 3.6 Testiajojen kuormatraktorit ja massat

Testiajot suoritettiin Jyväskylä & Pojat Oy:n kuormatraktorikalustolla yhtenäisellä telavarustelulla. Etuteloina oli KOPA:n 100 cm leveät kaivuritelat. Koneesta katsottuna telalappujen ulompia reunoja oli taivutettu renkaan keskustaa kohden. Takateloina oli KOPA:n 100 cm leveät kaivuritelat, joiden telalappujen molempia reunoja oli taivutettu renkaan keskustaa kohden (Kuva 14). (Lindeman, 2020) Telalappujen ulkoreunoja on taivutettu sisäänpäin maanpinnan leikkaantumisen vähentämiseksi. Telalaput levittävät kantopinta-alaa 14,5 cm pyörien ulkopuolelle, koneen kokonaisleveys kasvaa yhteensä 29 cm. Sivustapäin teloja katsoessa tietystä kulmasta näyttää, etteivät telalaput ole tiiviisti vierekkäin. Telan ollessa maata vasten telapinta-ala on yhtenäinen ja tasainen, mikä parantaa kantavuutta. John Deere 810:n suokelpoisuustaso oli superkantava. John Deere 1510:lle taulukossa ei ollut määritelmää, koska koneen omapaino ja kuorman massa ovat taulukkoon liian isot. Testiajoihin mennessä Jyväskylälle ei ehtinyt saapua uutta John Deeren pitkätelistä ajokonetta, missä kuorman paino jakautuu pidemmälle matkalle pienentäen koneen pintapainetta.



Kuva 14. Kopan kaivuritela (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

John Deere 1510 on raskas ajokone, joka on suunniteltu ensisijaisesti uudistushakkuiden ajamiseen. Koneen omamassa oli 23 500 kg varusteluineen. Kuorma painoi 12 157 kg eli kokonaisuutena tuli 37 507 kg. (Taulukko 7, s. 31) Koneessa oli edessä sekä takana Nokian Forest King F2 710/45–26,5 renkaat, jotka olivat 71 cm leveät. (Lindeman, 2020).

Testiajoissa raskaan koneen kuormatila oli levitettyä, jotta kuorman painopiste saatiin mahdollisimman alas. Samalla kuorman paino jakautui

mahdollisimman tasaisesti molemmille takateleille, jolloin kuormatilan kallistuminen ei aiheuttanut niin suurta painopisteen muutosta. Tämä vähensi maanpinnan rikkoutumista. (Kuva 15) Harvennushakkuilla kuormatilan leveyttä saa kavennettua kääntämällä karikoita sisemmäksi kuormatilan kohden.



Kuva 15. John Deere 1510E koealan kaksi laidalla (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

John Deeren 810 on keskiraskas ajokone, joka edustaa harvennushakkuille tarkoitettua kokoluokkaa. Koneen omamassa oli 17 750 kg varusteluineen. Kuorma painoi 8 058 kg eli kokonaismassaksi tuli 25 808 kg. (Taulukko 7, s. 31) Koneessa oli edessä sekä takana Nokian Forest King F 710/40–22,5 renkaat, jotka olivat 71 cm leveät. (Lindeman, 2020).

Toimitusjohtaja Jorma Jyväskylän haastattelu vapaamuotoisen keskustelun (28.8.2019) mukaan ”Koneen painojakauman kannalta on hyvä, että nosturi on sijoitettu eturunkoon. Nosturi käännettynä eteenpäin eturungon paino on lähes sama kuin takarungon paino kuorma päällä. (Kuva 16, s. 27) Ajaessa koneen paino jakautuu tasaisesti maanpintaa vasten. Hyvä painojakauma ei riko kantavaa maanpintaa heti, varsinkin jos voidaan ajaa eri jälkiä pitkin.”



Kuva 16. John Deere 810E koelan kaksi laidalla (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

Kuormatraktorien omamassat varusteluineen punnittiin lavetin vaa`alla, jonka luotettavuus on testattu ajoneuvovaa`alla. Testiajoissa kuljetetut puukuormat punnittiin ajokoneen kuormainvaa`alla. Punnitut kuljetettavat kuormat oli merkitty painolapuilla, etteivät kuormat menneet sekaisin. Painomerkityt pinot sijaitsivat koelajojen läheisyydessä tienvarressa varas-  
topaikalla. (Kuva 17)



Kuva 17. Punnittu kuorma tien varressa (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

### 3.7 Testiajojen aikainen mittausmenetelmä

Ajokoneen teloille oli merkitty maastoon oranssilla sprayllä mahdollisimman tasainen ja kannoton kohta, jota pitkin telat kulkivat jokaisella kierroksella. Näin saatiin testattua maaston kantavuus, kuskin ajotaidoista riippumatta. (Kuva 18) Normaalisti turvemailla pyritään ajamaan aina hieman eri kohdasta ajouraa, ettei maanpinta rikkoutuisi kovin nopeasti.



Kuva 18. Merkintöjä koealaruuduilta (Kuva: Kallioaho Joni 2019)

Raiteistumisen syvyyttä mitattiin tasolaserin avulla ajouralta telojen kulukohdista. Ennen testiajojen aloittamista mitattiin maanpinnan lähtökorkeus. Testien edetessä mitattiin painuman kehitystä ajokierrosten välillä. Mittakepeistä katsottiin luvut lasersäteiden kohdista, mitkä kuvastivat painumien syvyyksiä. Kahdesta luvusta laskettiin keskiarvo, mikä kuvasti koealaruudun painumaa. (Kuva 19, s. 29) Tällä menetelmällä painumisen kehitystä voitiin seurata testien aikana luotettavasti ja tarkasti.





Kuva 19. Testin aikana tehtiin mittauksia (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

## 4 TULOSTEN ESITTELY

Koealoilta kerätyistä mittaustiedoista laadittiin taulukoita ja kuvaajia excel-taulukon avulla. Ne havainnollistavat massoja ja raiteistumista tutkimuksessa.

### 4.1 Mitatut alkutiedot

Maaperän kantavuutta pyrittiin arvioimaan mahdollisimman tarkasti molemmilta koealoilta. Alkutiedot mitattiin koealuruudittain ennen testiajoja. Mittasimme viidestä eri kohdasta turvekerroksen paksuuden humuskerroksen alta. Turpeen paksuus vaihteli 1,5–3,5 m:n välillä. Lukupuiden kappalemäärä kuvaa montako puurunkoa koealuruudulla oli. Määrä on muutettu hehtaarikohtaiseksi, jolloin runkoluku tiedoilla voitiin taulukosta selvittää puuston kokonaistilavuus  $\text{m}^3/\text{ha}$ . Koealoilla puusto vaihteli 16–164  $\text{m}^3/\text{ha}$ :lla. Runkojen koko kuvastaa yhden puun keskimääräistä litratilavuutta. Se selvitettiin mittaamalla puusta ensin 1,3 metrin korkeudelta mittasaksilla läpimitat. Mediaanipuun pituutta hyödyntäen saatiin laskettua yhden rungon litratilavuus Laasasenahon kaavalla. Piikkisiipikairalla mitattiin jokaiselta koealuruudulta muutamasta kohdasta maanpinnan lujuus eli G ruudun tulos. Kantavuus vaihtelee 50–83 kPa:n välillä, mikäli ei huomioida koealuruutua 113. (Taulukko 5, s. 30)

Taulukko 5. Koealuruuduilta mitatut tunnuukset (Lindeman, 2019)

Koeruutu	Turpeen paksuus, cm	N, lukupuita kpl	Runkokokoo, l	Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	G ruutu, kPa
111	280	1	186	62	78
112	300	3	88	88	67
113	310	3	39	39	107
121	220	5	80	133	63
122	290	2	88	58	55
123	300	5	93	154	52
131	150	6	82	164	53
132	250	3	47	47	68
133	300	4	75	99	56
211	290	4	61	81	50
212	300	4	38	50	59
213	290	6	64	128	83
221	310	3	136	136	50
222	310	3	16	16	67
223	300	6	63	127	74
231	350	4	74	99	62
232	320	2	54	36	71
233	310	4	48	63	80

Alkutietojen keskiarvoja voidaan vertailla koealakaistoittain. Kuvan alalaitaan on laskettu kaikkien koealuruutujen muodostamat keskiarvot mittaustiedoista. Pohjavesi mitattiin koealakaistoittain ja mittaputket hajautettiin eri paksuisten turvekerrosten kohtiin. (Taulukko 6)

Taulukko 6. Koealakaistojen ja jokaisen koealuruudun muodostamat keskiarvot (Lindeman, 2019)

Koekaista	Turve, cm	M <sup>3</sup> /ha	G rata, kPa	Pohjavesi, cm
11	294	63	84	29
12	269	115	57	43
13	234	104	59	33
21	293	87	64	43
22	310	93	64	46
23	324	66	71	24
<b>Keskiarvo</b>	<b>287</b>	<b>88</b>	<b>66</b>	<b>36</b>

#### 4.2 Kuljetetut massat ja raiteistumisen kehitys

Vasemmalla reunalla näkyvistä ajokierroista näkee, montako kierrosta radalla on ajettu. Koneen omamassa tarkoittaa kuormatraktorin omaa painoa varusteluineen. Sarakkeelta näkee, miten paljon koneen painoa rataa on kohdistunut testin edetessä. Kuorma-kohdasta voidaan katsoa, paljonko puuta radalla on kuljetettu yhteensä kyseiseen kierrokseen mennessä. Oikealla reunalla oleva kierroksella kuljetettu kokonaismassa-sarake kertoo koneen omamassan ja kuorman yhteispainon, joka radalla on kulkenut testin edetessä. (Taulukko 7)

Taulukko 7. Kuljetettujen massojen havainnollistaminen (Lindeman, 2019)

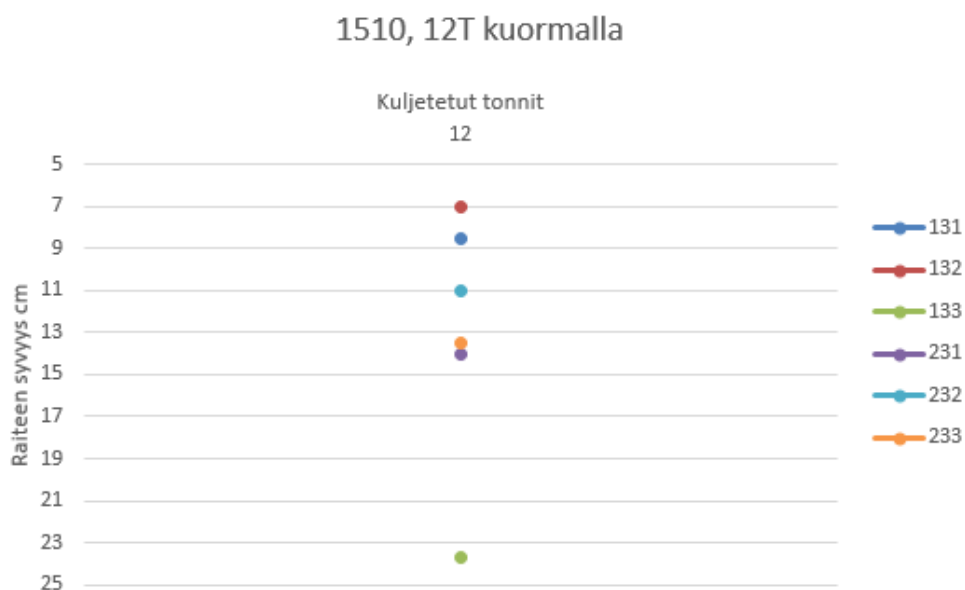
1510, 12 tonnia			
Ajokerta	Koneen omamassa	Kuorma	Kokonaismassa
1	25 350	12 157	37 507
810, 8 tonnia			
	Koneen omamassa	Kuorma	Kokonaismassa
1	17 750	8 058	25 808
2	35 500	16 116	51 616
3	53 250	24 174	77 424
4	71 000	32 232	103 232
810, 4 tonnia			
	Koneen omamassa	Kuorma	Kokonaismassa
1	17 750	4 154	21 904
2	35 500	8 308	43 808
3	53 250	12 462	65 712
4	71 000	16 616	87 616
5	88 750	20 770	109 520
6	106 500	24 924	131 424
7	124 250	29 078	153 328
8	142 000	33 232	175 232
Yksiköt ovat kiloja.			

Ajokierrosten aikana ja testiajojen edetessä havaitsimme, että telasta syntyvän raiteen pohja muuttui loppua kohti märemmäksi. Ajokone nosti ajessaan ja tiivistäessään turvetta kosteutta ylöspäin. Kopan teloilla raiteen pohjalla oleva painuma ei katkennut ajettaessa John Deeren 810:llä 8 t:n ja 4 t:n kuormilla. Testiajojen jälkeisenä päivänä otetut kuvat koealakais-toilta havainnollistavat, miltä koealoille syntyneet raiteet näyttivät (Kuva:

21, s. 33, Kuva 23, s. 35 ja Kuva 25, s. 37). Koealaruuduilla pintakasvillisuus vaihteli suuresti, vaikka koealat olivat melko pieniä pinta-aloiltaan.

Raskaalla ajokoneella 12 t:n kuormalla ajettaessa radan läpi kulki noin 38 000 kg:n kokonaismassa, josta kuorman painoa oli noin 12 000 kg (Taulukko 7, s. 31). Moto oli rikkonut maanpinnan koealaruudun 133 edustalla koealan ulkopuolella, koska keli oli sateinen hakkuun aikana. Kohdassa oli myös pieni puuton alue, eikä moto ollut saanut kerättyä havua uralle riittävästi. Testiajoissa raskaan kokoluokan ajokone juuttui kyseiseen kohtaan koealan ulkopuolelle. Kuljettaja osasi lopettaa ajamisen heti, kun telat olivat osittain turpeen alla ja eteneminen alkoi hidastua. Pelkkä turve ei pidä konetta pinnalla. Koneesta purettiin kuorma, ajettiin painumasta ylös, otettiin kuorma uudelleen kyytiin ja ajettiin varastopaikalle.

Painumaa syntyi selvästi, vaikka ajokerrat jäivät yhteen kokonaiseen ajokierrokseen. Vähäinen testiajo ja uran rasitus heikensivät tulosten luotettavuutta. Mikäli viimeisintä koealaruutua 133 ei huomioida, missä raiteistumista oli noin 24 cm, painumat keskittyivät 7–14 cm:n välille koealaruudulla. (Kuva 20) Voidaan päätellä, että raskaimmalla koneella olisi mahdollisesti selvinnyt vielä yhden kierroksen suurelta osin rataa 20 cm:n lakirajaa ylittämättä.



Kuva 20. Raiteistumisen havainnollistaminen kuljetetun puumäärän mukaan koealaruuduittain (Lindeman, 2019).

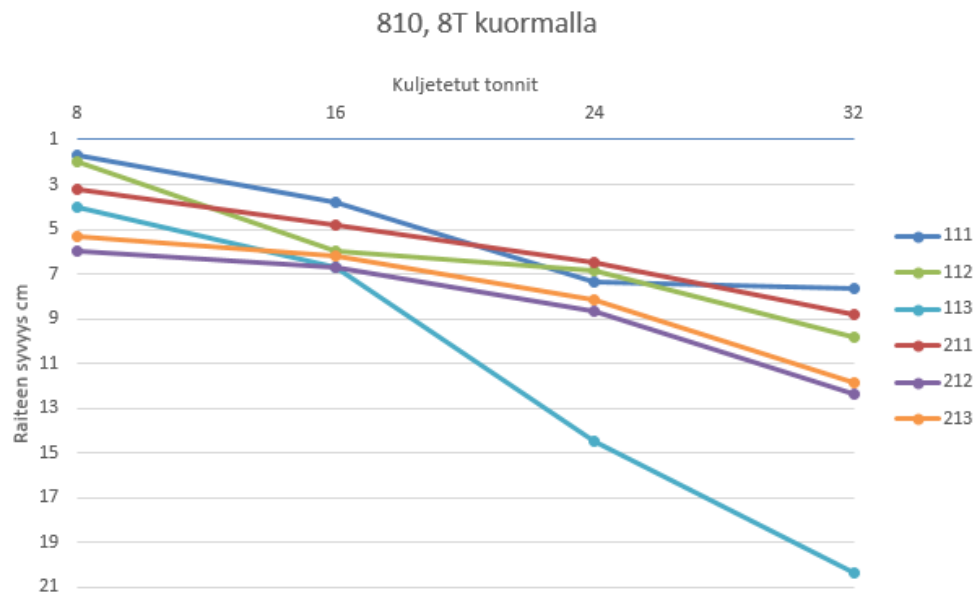
Kaikkien koealaruutujen paras puusto oli 164 m<sup>3</sup>/ha ja kaikista alin turvekerroksen paksuus oli 1,5 metriä koealaruudulla 131. Testiajossa ruudulta ajettiin raskaalla ajokoneella kerran ja painuma oli noin 9 cm. Hyvä puusto ja vähäinen turvekerros loivat kantavan pohjan. Kaikista paksuin turvekerros oli 3,5 m koealaruudulla 231. (Taulukko 5, s. 30) Koealakaistalla yksi

tiheässä kasvava korkea suopursuinen alue paransi maan pinnan kanta-  
vuutta. Painumaa oli kuvan etulaidalla koealalla yksi noin 7–9 cm. (Kuva  
21)



Kuva 21. Kuva otettu 131 koealaruudulta koealakaistallepäin (Kuva: Kal-  
lioaho Joni 2019).

Keskiraskaalla koneella 8 t:n kuormalla ajettaessa radan läpi kulki noin  
103 000 kg:n kokonaismassa, josta kuorman paino oli noin 32 000 kg (Tau-  
lukko 7, s. 31). Radalla ajettiin 4 kierrosta, mikä teki tuloksista luotettavia.  
Urien painuminen eteni melko tasaisesti paitsi koealaruudulla 113, jossa  
raiteistumisen syvyys oli lopussa 20,3 cm. Ruudulla oli koealakaistan vähäi-  
sin puusto 39 m<sup>3</sup>/ha ja maanpinnan leikkauslujuus oli vastaavasti koeala-  
kaistan paras 107 kPa (Taulukko 5, s. 30). Vähäinen puusto kohdassa ker-  
too, että kantavia puiden juuria oli selvästi vähemmän kuin muilla koeala-  
kaistan ruuduilla. Todennäköisesti mittaukset tapahtuivat juuristojen koh-  
dalta, minkä takia kPa luku oli suuri ja antoi väärän kuvan maanpinnan kan-  
tavuudesta ruudulla 113. Mikäli pahinta 20,3 cm painumaa ei huomioida,  
urautumisen suma vaihteli 7,7–12,3 cm:n välillä. (Kuva 22, s. 34)



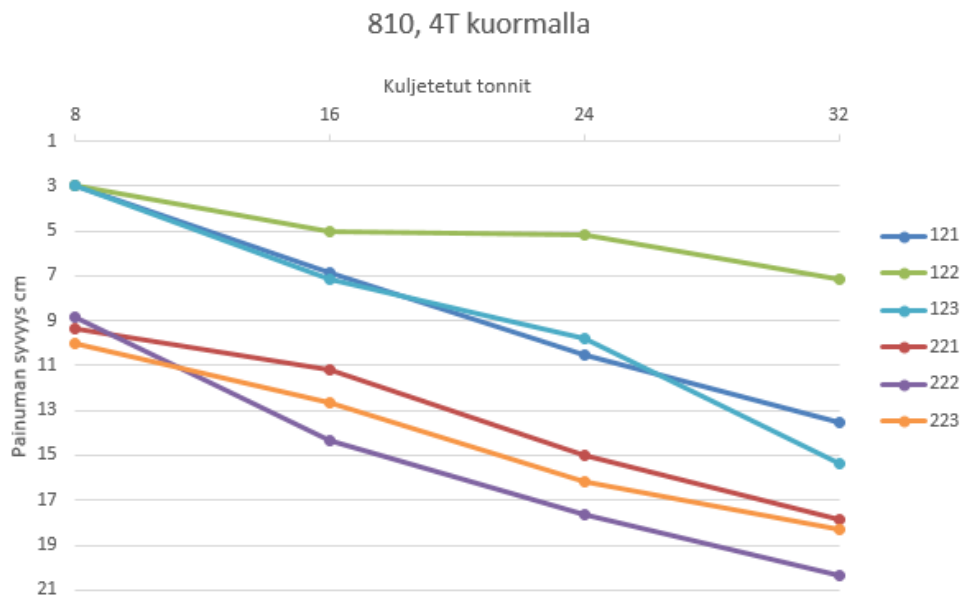
Kuva 22. Raiteistumisen havainnollistaminen kuljetetun puumäärän mukaan koealaruuduittain (Lindeman, 2019).

Koealakaistalla 11 oli keskimäärin vähiten puustoa  $63 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Maanpinnan kantavuus oli vastaavasti paras  $84 \text{ kPa}$  (Taulukko 6, s. 30). Kaikkien yhdistelmien urautumisiin verratessa painumien suma ei ollut yhtä syvä kuin muilla. Tällä koealakaistalla  $\text{kPa}$ -luvut antoivat puustoa paremman kuvan maanpinnan kantavuudesta. Kaikista paras koealojen kantavuus oli  $107 \text{ kPa}$  ruudulla 113, mutta ruudulla oli myös testiajon toiseksi syvin painauma noin  $20 \text{ cm}$ . Voidaan epäillä, että kyseiselle ruudulle tehdyissä piikiksiipikairamittauksissa mittaukset tapahtuivat maanpinnan kantavimmilla kohdilla, mitkä vääristivät tuloksia. Suolla maanpinnan leikkauslujuus sekä kantavuus voivat vaihdella todella suuresti pienellä alueella mittauskohdista riippuen. (Taulukko 5, s. 30) Painumaa oli kuvan etulaidalla koealalla kaksi noin  $12 \text{ cm}$ . (Kuva 23, s.35)



Kuva 23. Kuva otettu 213 koealaruudulta koealakaistallepäin (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

Keskiraskaalla koneella 4 t:n kuormalla ajettaessa radan läpi kulki noin 175 000 kg:n kokonaisuudessa, josta kuorman painoa oli noin 33 000 kg (Taulukko 7, s. 31). Radalla ajettiin 8 kierrosta, mikä lisäsi tulosten luotettavuutta. Koealalla yksi maanpinnan kantavuus oli koko testiajojen ajan selvästi parempi kuin koealalla kaksi. Koealaruudun 122 painuma jäi 7,2 cm:iin, joka oli huomattavasti muita painumia pienempi. (Kuva 24) Ruudulla oli myös koealakaistan vähäisin puusto, mutta kPa antavat lähes saman kantavuuden arvon jokaiselle koealakaistan ruuduista. (Taulukko 5, s. 30) Muuten molemmilla koealaruudilla painumat syventyivät tasaisesti testiajojen edetessä. Painumien suma vaihteli noin 13,5–20,3 cm välillä. (Kuva 24, s. 36)



Kuva 24. Raiteistumisen havainnollistaminen kuljetetun puumäärän mukaan koealaruuduittain (Lindeman, 2019).

Maan pintakerros kantoi testiajojen isoimmat ylikulkeneet kokonaismassat ja painumaa oli pahimmillaan 20,3 cm. Koealakaistalla 12 oli keskimäärin 115 m<sup>3</sup>/ha puustoa, joka oli selvästi enemmän kuin muilla koealakaistoilla. Piikkisiipikairalla mitattu maanpinnan kantavuus oli koealakaistalla vastaavasti kaikista heikoin. (Taulukko 6, s. 30) Määrällisesti isompi puusto oli selvästi parantanut koealan 1 kantavuutta verrattaessa koealaan 2. Piikkisiipikairan mukaan 221 oli kaikista heikoin koealaruutu, jonka kantavuus oli 50 kPa ja painumaa syntyi noin 18 cm. Koealaruudulla 222 puustoa oli kaikista vähiten 16 m<sup>3</sup>/ha. (Taulukko 5, s. 30) Testiajossa painumaa syntyi noin 20 cm. Ruudulla oli kaikkien koealojen vähäisin alkupuusto ja toiseksi suurin painuma. Painumaa kuvan etulaidalla koealalla yksi oli noin 15 cm. (Kuva 25, s. 37)





Kuva 25. Kuva otettu 123 koealaruudulta koealakaistallepäin (Kuva: Kallioaho Joni 2019).

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön testiajoissa pyrittiin minimoimaan muuttujien vaikutusta raiteistumiseen sekä helpottamaan mittauksia. Koealaruudut jätettiin havuttamatta eikä motolla ajettu koealoilla. Kuormatraktorin kuljettajille merkittiin spraylla tarkat ajolinjat, joita ajettiin jokaisella kierroksella. Koneiden telavarustelu oli yhtenäinen. Tutkimuksen kannalta opinnäytetyöprosessi sujui hyvin ja lähes suunnitelmien mukaisesti.

Metsäkeskuksen korjuukelpoisuuskartan määrittelyn mukaan koealat ja leimikko olivat korjuukelpoisuudeltaan lähes kokonaan talviajankohtaa. Sateisten hakkuuolosuhteiden jälkeen tuli 9 päivän mittainen kuiva ajanjakso. Ennen metsäkuljetusta pohjaveden syvyys oli keskimäärin 36 cm. Högnäksen ym. 2009 mukaan maanpinnan kantavuus on hyvä, kun pohjaveden taso laskee alle 25 cm:n (Högnäs ym., 2009). Sirénin 2019 mukaan maatuneen turvekerroksen lujuus kasvaa merkittävästi, mikäli pohjaveden taso on alle 50 cm:n etäisyydellä maan pinnasta. Alimmillaan pohjavesi on heinä-syyskuun välisenä aikana. (Sirén, 2019, s. 2) Tästä voidaan päätellä, että puunkorjuuta varten maan kantavuus oli vähintäänkin hyvä ja korjuu tapahtui kuivimpana ajanjaksona elo-syyskuussa. Metsäkuljetus onnistui leimikolla ja koealoilla odotettua paremmin. Testiajojen jälkeisenä päivänä koealoilla käydessä huomasi, että vettyneet raiteet olivat kuivuneet ja koneiden painon alla syntyneet painumat olivat kohonneet ylöspäin.

Kohteet ovat yksilöllisiä ja korjuukelpoisuuskartta toimii hyvin suuntaa antavana työkaluna, milloin kohteelta kannattaa korjata puuta. Pehmeille maille suunniteltavilla sulan maan aikaisilla leimikoilla kannattaa käydä toteamassa korjuukelpoisuus, jos mahdollista. Kuivina ajanjaksoina puuta on mahdollista korjata useilta talvikohteilta, joilla on hyvä poistuma tai ajettavat puumäärät ovat pieniä yhtä uraa kohden. Motolla päästään usein parempiin paikkoihin kuin ajokoneella. Syitä voi olla monia, esimerkiksi koneen pienempi omapaino tai varustelu ja urilla ei tarvitse ajaa välttämättä kuin kerran.

Koealoilla havutuksen puuttuminen ja samaa raidetta ajaminen heikentävät ajourien kantavuutta. John Deeren 810:llä ajettiin 4 t:n kuormalla rata 8 kertaa ympäri, 8 t:n kuormalla 4 kertaa ympäri ja 1510:llä ajettiin 12 t:n kuormalla kerran ympäri. Puuta pystyisi ajamaan normaalioloissa enemmän havutuksen ja eri raiteiden hyödyntämisen vuoksi. Näiden toimintatapojen puuttumisen tuomaa kantavuuden lisäyksen määrää on vaikea arvioida. Ei tiedetä kuinka paljon enemmän koealakaistalta olisi saatu ajettua puuta, jos olisi toimittu normaaliohjeistuksen mukaisesti.

Koealalla yksi sijaitti kaksi nopeimmin syventynyttä painumaa. Painumat olivat testiajajojen lopussa noin 20–24 cm syviä. Koealaruudulla 133 puustoa oli 99 m<sup>3</sup>/ha ja 113 ruudulla puustoa oli 39 m<sup>3</sup>/ha. Nämä koealaruudut olivat radalla ajettaessa viimeiset, joihin yksi ajokierros päättyi ja ruudut sijaittivat koealan eri reunoilla. Maastossa pohdimme porukalla, että kohdassa on voinut olla vanha sarkaoja, jota ei ollut silmällä enää havaittavissa. Se selittäisi nopean raiteistumisen, koska vanhan ojan kohdalla kantavuus on merkittävästi heikompaa.

Raskaan yhdistelmän painumat olivat pienimmillään 7 cm ensimmäisen kierroksen lopussa. Keskiraskaalla yhdistelmällä 8 t:n kuormalla painumat olivat vasta toisella ajokierroksella syvimmillään 7 cm. Tämä havainnollistaa, että keskiraskaan koneen kokonaisuudessa on paljon sopivampi sulan maan aikaiseen puunkorjuuseen. Kun keskiraskaalla yhdistelmällä puolikkaalla kuormalla oli kuljetettu 16 t puuta, painuman syvyys oli pahimmillaan lähes 15 cm. Keskiraskaalla yhdistelmällä täydellä kuormalla oli kuljetettu 16 t puuta, painuma oli syvimmillään 7 cm. Puolikkaalla kuormalla ajettaessa rataa kohdistui 2 kertaa enemmän kuormatraktorin omapainoa, koska rata jouduttiin ajamaan kahdesti läpi saman puumäärän kuljettamiseksi kuin täydellä kuormalla ajettaessa. Tämä näkyy pahimmillaan lähes 8 cm syvempänä painumana.

Keskiraskas ajokone 8 t:n kuormalla selvisi testiajajojen kustannustehokkaimpana, matalimmilla painumilla ja selvästi pienimmällä kokonaisuudalla. Painuman vaihteluvälin suma oli testiajajojen lopussa noin 8–12 cm:n välillä. Painumien puolesta puunajoa voitaisiin jatkaa vielä muutaman

kierroksen verran, ettei lakirajan 20 cm:n urapainumaa ylitetä kuin pieniltä matkoilta. Testiajoissa käytettyjen Kopan kaivuritelojen yhtenäinen telapinta-ala ei rikkonut maan pintakerrosta keskiraskailla yhdistelmillä kummallakaan kuormayhdistelmällä. Toimitusjohtaja Jorma Jyväskylän haastattelun (28.8.2019) mukaan ”Erityisesti turvemaalla haastavilla kohteilla 100 cm leveät telat antavat huomattavasti paremman kantavuuden kuin 90 cm telat. Tämä on käytännön puunkorjuun kokemuksen perusteella todettu.” Koneiden suokelpoisuustason tulisi olla superkantava suometsien sulan maan aikaisessa puunkorjuussa, raiteenmuodostuksen minimoimiseksi ja puunkorjuun mahdollistamiseksi.

Raiteistumisen syvyyttä tarkastellessa turvemailla urapainumaksi luokiteltava 20 cm:n syvyinen ja yli 1 m pituinen lakiraja ylittyi jokaisella kone- ja kuormayhdistelmällä ainoastaan viimeisellä kierroksella yhdellä koealaruudulla. Yhden koealaruudun koko oli ajosuunnassa 5 m ja yhden ajokierroksen pituus radalla oli 30 m. Lain mukaan turvemailla painumien osuus ei saa ylittää 25 %:a ajouran kokonaispituudesta, joka olisi koealoilla 7,5 m. Testiajojen painumien mukaan kohteella ei ole ylitetty lakirajaa. (Metsälaki 1093/1996 ja Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä 1308/2013 § 5.)

Testiajojen aikana havaitsin kantojen ylityksien kallistavan konetta huomattavasti. Painopisteen muutos saa telan leikkaamaan uran painuman reunaa. Tämä tarkoittaa juuristojen ja kantavan pintamaan rikkoutumista, mistä seuraa kantavuuden alenemista. Kärhä ym. 2010 olivat todenneet samat asiat. Lisäksi tutkimuksessa todettiin, että huonosti havutetuille kohdille syntyi eniten raidetta. Turvekerroksen paksuuden vaihtelu eripuolilla konetta lisäsi raiteistumista. Syntyneitä raidetta saadaan tasoitettua ajamalla vanhojen raiteiden vierustaa. (Kärhä ym., 2010)

Sirén 2019 totesi Suometsien kokonaisanalyysissä tärkeimmäksi kantavuuteen vaikuttavaksi tekijäksi puuston kokonaismäärän hehtaarilla, koska se vaikuttaa juuristokerroksen määrään, haihduntaan ja turpeen ominaisuuksiin. Sekapuusto ja runsas alikasvos lisäsivät kantavien juuristokerrosten määrää. (Sirén, 2019, s. 1–2) Vanhatalon ym. 2015 työoppaassa kerrottiin, että kantavuuden arviointi on keskeisessä roolissa sulan maan aikaisia leimikoita rajatessa. Runspuustoisemmat alueet ovat kantavimpia ja puustoa olisi hyvä olla vähintään 120 m<sup>3</sup>/ha. (Vanhatalo ym., 2015, s. 62, 64) Tutkimuksessani havaitsin myös puustoisuuden sekä runsaiden suopursu-keskittymien parantavan maanpinnan kantavuutta, koska juuristot lisäävät maaperän lujuutta.

Airavaaran ym. 2008 työraportissa oli testattu raiteen muodostumista Olofsforsin teloilla ajettaessa metsässä 8 t:n kuormilla kahdella erilaisella ajokoneella. Johtopäätöksinä tutkimuksessa todettiin oikein nuotoiltujen

telojen vähentävän painumista turvemilla. Mikäli kantava pintamaa alkaa murtumaan ja raidetta rupeaa syntymään, kuorman kokoa tulee pienentää. Muutoin ajokertojen määrä tulee minimoida reilunkokoisilla kuormilla. (Airavaara ym., 2008, s. 11–12, 45) Myös oman tutkimukseni mukaan ajouralla kulkevaa kokonaisuudessa täytyy pyrkiä minimoimaan reilun kokoisilla kuormilla ja turhia ajokertoja välttämään. Kuormatraktoreissa telojen reunoja oli taivutettu, mikä vähensi testiajoissa syntyneiden raiteiden reunojen leikkautumista ja kantavan pintamaan rikkoutumista. Kuvassa vasemmalla keskiraskas ja oikealla raskas ajokone. (Kuva 26)



Kuva 26. Kuormatraktorit testiajojen täysillä kuormilla (Kuva: Joni Kallioaho).

Työmailla puunajo täytyy pitää moton kannassa olosuhteiden muutoksien tai väärin arvioidun maan kantavuuden vuoksi. Äkillinen pitkäaikainen rankkasade voi pehmittää maan pinnan niin pahasti ettei puunajo enää onnistu kohteelta. Silloin puut jäävät ajamatta moneksi viikoksi ja konetta joudutaan siirtämään paremmin kantaville maapohjille, mikä aiheuttaa lisäkustannuksia. Leimikkaa ei kannata lähteä väkisin rypemään ja tekemään turhia raiteita, jos onnistumisen edellytykset ovat jo työmaan alkessa huonot. Motokuski voi hakata pehmeille alueille yhden uran testiksi, mikäli epäilee maanpinnan kestävyyttä. Kantavuus voidaan testata ajamalla ajokoneella ura tyhjäksi ja tarkastelemalla painumia. Pehmeillä mailla tulee tehdä suorja ja selkeitä ajouria. Kärhän ym. 2010 tutkimuksessa todettiin osaltaan samoja asioita. Hyvä ajouran havutus, mahdollisimman suorat ajolinjat, riittävän leveät ajourat sekä mahdollisimman lyhyet kannot antavat lähikuljetukselle hyvät mahdollisuudet onnistua ilman turhia painumia.

Urapainumien minimoimiseksi, ajokertojen vähentämiseksi, ajan säästämiseksi ja kannattavuuden parantamiseksi ajokoneenkuljettajan tulee arvioida, millä ajourilla voidaan ajaa onnistuneesti täysillä kuormilla. Maan kantavuuden havainnointi ja jatkuva arvioiminen on keskeisessä roolissa. Mikäli maan kantava pintakerros alkaa pettämään tai vaara on olemassa, tulee kuormakokoa pienentää. Näin vältetään tuhoamasta ajouria ajokelvottomiksi. Mikäli kantava pintakerros rikotaan ja ajoura alkaa pettämään, kantavuutta saadaan lisättyä puittamalla tai havuttamalla ainakin hetkellisesti. Pehmeillä mailla ennakoiminen ja riittävä tietämys ajouraverkostosta mahdollistaa tehokkaan puunkorjuun. Täysillä kuormilla tulee ajaa aina olosuhteiden salliessa kuljettajan harkinnan mukaan. Silloin työskentely on tehokkainta käytetyn ajan, ajokertojen ja raiteistumisen vähenemisen myötä.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyöni tutkimusongelmiin saatiin selkeitä vastauksia testiajojen tulosten sekä aiemmissa tutkimuksissa todettujen turvemaiden puunkorjuun mahdollistavien tekijöiden perusteella. Pinta-alallisesti pienestä tutkimuksesta saatuja testiajojen tuloksia ei voida suoraan yleistää, mutta tulokset ovat suuntaa antavia koko Suomen tasolla sulan maan aikaisessa puunkorjuussa. Käytettävät menetelmät ja toimintatavat ovat korjuun mahdollistamiseksi kuitenkin samanlaiset kaikilla kohteilla. Opinnäytetyötäni voidaan käyttää koulutusaineistona suometsien sulan maan aikaiseen puunkorjuuseen perehdyttäessä. Jokaisen metsäalan toimijan tulee kohdallaan miettiä, millä asioilla voi taholtaan vaikuttaa puunkorjuun lisäämiseen ja tehostamiseen. Hyvien menetelmien ja tietotaidon jakaminen kehittävät puunkorjuuta. Testiajoissa havainnollistettiin jokaisen kuorma-traktorin mahdollisuuksia puunkorjuussa lakirajojen puitteissa, tuloksista pystytään päättämään korjuun haasteita sekä mahdollisuuksia. Puunkorjuukoneiden koolta ja kuljetettavien puumassojen määrällä oli selkeät vaikutukset maaperän kantavuuteen.

Suometsien sulan maan aikaisessa puunkorjuussa oikeanlaisen korjuukohteen valinta ja ajoitus ovat avainasemassa onnistuneeseen leimikkoon. Riittäväällä ennakkosuunnittelulla ja kohteen maastokartoituksella saadaan käsitys tulevasta työmaasta. Kaikkien työvaiheiden toteutuksen onnistumiseen sekä edellytyksiin täytyy kiinnittää huomiota. Kaukokuljetuksen mahdollisuuksien ja kääntöpaikan arviointi tehdään kohteelle saavuttaessa. Varastopaikkoja kartoitetaan useita, jotta puumääriä voidaan tarvittaessa varastoida hajautetusti. Kokoojaurat paikannetaan mahdollisimman kantaville maastokohdille. Maastokäynnillä tehdyt havainnot kannattaa merkitä leimikkokartalle.

Yrittäjiltä tulee löytyä sopiva korjuuketju, jonka koneet edustavat omapainoltaan maksimissaan keskiraskasta kokoluokkaa. Koneiden pitäisi olla varusteltu kantavilla teloilla suometsien sulan maan aikaisessa puunkorjuussa, mikäli yrittäjä toimii pääasiallisesti turvemailloilla. Kuormatraktorin kokoa ja kuorman kantavuutta ei kannatta mitoittaa liian suureksi, koska ylimääräistä painoa tulee välttää. Turvemailloilla puuta korjattaessa tulee miettiä, minkä kokoluokan ajokoneilla saavutetaan riittävä kuormakoko ilman kohtuutonta oma- ja kokonaismassaa. Korjuun toteutuksessa ja suunnittelussa ennakointi on tärkeää. Muuttuviin korjuuolosuhteisiin tai tekijöihin täytyy yrittää mukautua mahdollisimman hyvin ja välttää urapainanteiden syntymistä.

Leimikon suunnittelussa on tärkeää nähdä kokonaisuus, miten työmaa tulee onnistumaan ja mitkä asiat vaativat erityistä huomioimista. Kuljettajille mahdollisimman hyvän ja kattavan ennakkotiedon luominen helpottaa sekä nopeuttaa puunkorjuuta. Esimerkiksi tukkeutuneet ojat nostavat vedenpintaa ja sellaiseen kohtaan ei tule sijoittaa ojanylityspaikkaa, jos ei ole aivan pakko. Kuljettaja ei pysty havaitsemaan tällaista tietoa etukäteen normaalista korjuukartasta, siksi maastotieto on tärkeä välittää kuljettajille karttamerkintöinä. Työmailloilla puunajo täytyy pitää moton kannassa olosuhteiden muutoksien tai väärin arvioidun maan kantavuuden vuoksi. Yllättävien tekijöiden minimointi mahdollistaa puiden kuljetuksen tehokkaasti tehtaalle asti.

Turvemailloilla kuormatraktorilla täytyy pyrkiä ajamaan reilunkokoisilla kuormilla ajokertojen minimoimiseksi ja ajouran turhan rasituksen välttämiseksi. Kuormakokoa täytyy säädellä maaston kantavuuden mukaan ajourien kohtuuttoman rikkoutumisen estämiseksi. Korjuunaikana kannattaa hyödyntää mahdollisuuksien mukaan parhaiten kantavia ajouria. Ammattipätevyys, tiedon soveltaminen, jatkuva kommunikointi ja haastavien tilanteiden ennakointi auttavat toimihenkilöitä, yrittäjiä sekä kuljettajia onnistumaan puunkorjuun haasteellisessa ympäristössä.

Testiajoissa havaittiin kuormakoon maksimoinnin ja ajokoneen omamassan minimoinnin auttavan parhaaseen lopputulokseen. Tutkimuksen perusteella turvemaakohteille voidaankin suositella maksimissaan keskiraskaan kokoluokan ajokonetta. Raskaat kuormatraktorit eivät sovellu sulan maan aikaiseen puunkorjuuseen ainakaan harvennushakkuilla, jollei maaston kantavuus ole erittäin hyvä. Keskiraskaalla koneella puolikkaalla ja täydellä kuormalla saatiin kuljetettua melkein samat puumäärät. Täydellä kuormalla ajettaessa ajouraan kohdistui kaksinkertaisesti vähemmän koneen omamassaa ja testiajojen lopussa raidetta syntyi 8 cm vähemmän kuin puolikkaalla kuormalla ajettaessa.

Opinnäytetyötä voisi jatkaa tutkimalla pohjaveden vaikutusta maanpinnan kantavuuteen. Mikä olisi kriittinen raja, mitä lähemmäs maanpintaa pohjavesi ei saa nousta, että puunkorjuu onnistuu. Työelämässä puunkorjuussa opittu ajatusmalli, ajetaan aina täysillä kuormilla mahdollisuuksien mukaan, toimi myös testiajoissa oikean kokoisella koneella. Oli mielenkiintoista syventyä ja saada lisää tietoa aiheesta, josta oli aikaisempaa käytännön kokemusta. Opinnäytetyön kirjoittamisen aloitin tammikuussa alussa ja työ valmistui huhtikuun lopussa. Työn edetessä tekstin tuottaminen muuttui helpommaksi, kirjoitustaidot kehittyivät sekä ammatillinen osaaminen syventyi.

## LÄHDELUETTELO

Airavaara, H., Ala-Ilomäki, J., Högnäs, T. & Siren, M. (2008). Nykykalustolla turvemaiden puunkorjukseen. Metlan työraportteja 80. Haettu 3.2.2020 osoitteesta

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp080.pdf>

Ala-Ilomäki, J. (2013). Spiked shear vane – a new tool for measuring peatland top layer strength. Suoseura – Finnish Peatland Society. Haettu 13.2.2020 osoitteesta

<http://www.suo.fi/pdf/article9890.pdf>

Heikkilä, J. (2007). Turvemaiden puun kasvatus ja korjuu - nykytila ja kehittämistarpeet. Metlan työraportteja 43. Haettu 26.3.2020 osoitteesta

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp043.pdf>

Heikkinen, E (2018). Suometsien hoito ja kesäkorjuu. Pohjoisen metsätilat kasvuun -hanke. Haettu 26.3.2020 osoitteesta

<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/hankemateriaalia-suometsien-hoito-ja-kesakorjuu-seka-naytoksissa-esilla-ollut-konekalusto.pdf>

Hilka-Aaltonen, M. (2019). Metsätalouden kannustejärjestelmä suometsien ilmastokestävän hoidon näkökulmasta. MMM. Haettu 27.1.2020 osoitteesta

[https://www.luke.fi/sompa/wp-content/uploads/sites/27/2019/06/Metka-ja-suometsat7.6.2019\\_Marja\\_Hilka-Aaltonen.pdf](https://www.luke.fi/sompa/wp-content/uploads/sites/27/2019/06/Metka-ja-suometsat7.6.2019_Marja_Hilka-Aaltonen.pdf).

Hämäläinen, J., Räsänen, T., Ritala, R., Häme, T. & Tergujeff, R. (2017). Seuraavan sukupolven palvelualueen kehittäminen metsätiedon jakeiluun. Metsätehon raportti 241. Haettu 26.3.2020 osoitteesta

[http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti\\_241\\_Seuraavan\\_sukupolven\\_palvelualueen\\_kehittaminen\\_jh\\_ym.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti_241_Seuraavan_sukupolven_palvelualueen_kehittaminen_jh_ym.pdf)

Högnäs, T., (Metsähallitus) Kärhä, K., (Metsäteho Oy) Lindeman, H., (Metsäteho Oy) Palander, T. & (Joensuun yliopisto) (2009). Turvemaaharvennusten kantavuusluokitus. Metsätehon tulosalvosarja 17/2009. Haettu 3.2.2020 osoitteesta

[http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja\\_2009\\_17\\_Turvemaaharvennusten\\_kantavuusluokitus\\_kk.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2009_17_Turvemaaharvennusten_kantavuusluokitus_kk.pdf)

Ihalainen, A. (2020). VMI12 ennakkotieto. Luke. Sähköpostiviesti tekijälle 3.4.2020



Ilmasto-opas. (2017). Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa. Haettu 27.1.2020 osoitteesta  
<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/74b167fc-384b-44ae-84aa-c585ec218b41/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa.html>

John Deere Suomi. (2020a). TimberMatic kartat. Haettu 7.2.2020 osoitteesta  
<https://www.deere.fi/fi/mets%C3%A4koneet/timbermatic-kartat-timbermanager/timbermatic-kartat/>

John Deere Suomi. (2020b). TimberManager. näkymä työmaalle. Haettu 7.2.2020 osoitteesta  
<https://www.deere.fi/fi/mets%C3%A4koneet/timbermatic-kartat-timbermanager/>

Kaiku Helsinki. (2018). PONSSE KEHITTI EU-HANKKEESSA MAASTOA SÄÄSTÄVÄN METSÄKONEEN. BUSINESS FINLAND. Haettu 24.4.2020 osoitteesta  
<https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/caset/2018/ponsse-kehitti-eu-hankkeessa-maastoa-saastavan-metsakoneen/>

Karttapaikka. (n.d.). Maanmittauslaitoksen kartta. Haettu 14.1.2020 osoitteesta  
<https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>

Kiiskilä, K. (2017). *Kesäaikaisten turvemaaharvennusten ajourien raiteistuminen ja sitä selittävät tekijät*. Opinnäytetyö. Metsätalouden koulutusohjelma. Lapin ammattikorkeakoulu. Haettu 25.2.2020 osoitteesta  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201705086906>

Koneviesti. (2017). Kausivaihtelu ongelmana metsätaloudessa. Haettu 14.12.2019 osoitteesta  
<https://www.koneviesti.fi/uutiset/kausivaihtelu-ongelmana-mets%C3%A4taloudessa-1.208606>

Korhonen, K., Ihalainen, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H., Hottanen, J., Nevalainen, S., Pitkänen, J., Strandström, M. & Viiri, H. (2017). Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017. Haettu 25.1.2020 osoitteesta  
[http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540537/luke-luobio\\_59\\_2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y](http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540537/luke-luobio_59_2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

Kumpulainen, V-M. (2014) *Sulanmaan aikainen puunkorjuu turvemailla*. Opinnäytetyö. Metsätalouden koulutusohjelma. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Haettu 20.2.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014100114384>

Kärhä, K., Poikela, A. & Keskinen, S. (2010). Korpikuusikon harvennus sulan maan aikana. Metsätehon tulosalvosarja 5/2010. Haettu 13.2.2020 osoitteesta [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja\\_2010\\_05\\_Korpikuusikon\\_harvennus\\_kk.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2010_05_Korpikuusikon_harvennus_kk.pdf)

Lamminen, H. (2017). PUUTAVARAN KULJETUS JA TULEVAISUUDEN OSAAMISTARPEET. Diaesitys. Haettu 27.1.2020 osoitteesta <https://www.virrat.fi/client/virrat/userfiles/2-puutavaran-kuljetus-ja-tulevaisuuden-osaamistarpeet-mky-hannu-lamminen.pdf>

Lindeman, H. (2020). Koneiden telatietoja ja kuvia. Sähköpostiviesti tekijälle 31.3.2020

Lindeman, H. (2019). Koealojen mittaustuloksia, kuvia ja massoja. Sähköpostiviestit tekijälle 15.8.2019 ja 25.9.2019

Luke. (2019). Kotimaisen raakapuun käyttö uuteen ennätykseen 2018. Tilasto. Haettu 11.3.2020 osoitteesta <https://www.luke.fi/uutinen/kotimaisen-raakapuun-kaytto-uuteen-ennatukseen-2018/>

Lyytikäinen, S. (2019). *Laserkeilaukseen, maastokoealoihin ja hakkuukonemittauksiin perustuvien runkolukusarjojen ennustusmenetelmien tarkkuus kuusivaltaisissa uudistuskypsissä leimikoissa Etelä-Suomessa*. Pro gradu -tutkielma. Metsävarojen hallinta. Helsingin yliopisto. Haettu 13.4.2020 osoitteesta [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/305186/Lyytikainen\\_Satulotta\\_Pro\\_gradu\\_2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/305186/Lyytikainen_Satulotta_Pro_gradu_2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Metsä Group. (n.d.). Investoinnit. Haettu 25.1.2020 osoitteesta <https://www.metsagroup.com/fi/yhtio/Investoinnit/Pages/default.aspx>

Metsäkeskus. (2017). Korjuukelpoisuuskartta, korjuukelpoisuusalueet. Tuotekuvaus. Haettu 12.3.2020 osoitteesta <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/korjuukelpoisuuskartat-tietotuotekuvaus.pdf>

Metsälaki 1093/1996 ja Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä 1308/2013.

Haettu 28.1.2020 osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131308>

Metsälehti. (n.d.). Metsäsanasto. Metsäsanastoon on koottu ja selitetty alan käytetyimmät termit. Haettu 19.4.2020 osoitteesta

<https://www.metsalehti.fi/metsanomistus/metsasanasto/>

Ovaskainen, H., Hämäläinen, J., Poikela, A., Räsänen, T., Määttä, M., Sarjakoski, Sakari., Lahti, M. & Salo, M. (2019). Ajourakone – hakkuukoneen kuljettajan apuväline korjuun suunnitteluun. Metsätehon tulosalvosarja 11/2019. Haettu 7.2.2020 osoitteesta

[http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja\\_2019\\_11\\_Ajourakone\\_Hakkuukoneen\\_kuljettajan\\_apuväline.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja_2019_11_Ajourakone_Hakkuukoneen_kuljettajan_apuväline.pdf)

Ovaskainen, H. (2012a). Koneellinen puunkorjuu Metsätehon opas.

Ajourasto. Haettu 1.2.2020 osoitteesta

<http://puuhuolto.fi/koneellinen-puunkorjuu/koneellinen-puutavaran-valmistus/hakkuukonetyon-suunnittelun-tyomalli/ajourasto/>

Ovaskainen, H. (2012b). Koneellinen puunkorjuu Metsätehon opas. Puutavaran lähikuljetus. Haettu 18.4.2020 osoitteesta

<http://puuhuolto.fi/koneellinen-puunkorjuu/puutavaran-lahikuljetus/>

Palokallio, J. (2020) Metsien hiilivarasto kasvaa vaikka hakkuut nousisivat 90 miljoonaan kuutioon vuoteen 2045 mennessä. Maaseudun Tulevaisuus. Haettu 17.4.2020 osoitteesta

<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/artikkeli-1.1066738>

Remes, M. (2017). Suometsien merkitys puuhuollossa markku remes.

Suomen Metsäkeskus diaesitys. Haettu 2.3.2020 osoitteesta

<https://www.slideshare.net/Metsakeskus/suometsien-merkitys-puuhuollossa-markku-remes>

Salo, P. (2017). *Pehmeiden maiden koneellisen puunkorjuun nykytila.*

Opinnäytetyö. Metsätalouden koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Haettu 21.2.2020 osoitteesta

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017052610377>

Sirén, M. (2019). Suometsien puuntuotannollinen merkitys ja suometsien puunkorjuu. Tapio Oy. Haettu 17.1.2020 osoitteesta

<https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/04/Suometsien-puuntuotannollinen-merkitys-ja-suometsien-puunkorjuu-%E2%80%93-yhteenveto-Mets%C3%A4politiikkafoorumi-17.4.2019-Matti-Sir%C3%A9n-LUKE.pdf>

Suomen metsäkeskus. (2018). Maanmittauslaitos 2018 korjuukelpoisuus-kartta. Haettu 14.1.2020 osoitteesta

<https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ede3c15b78da423bb15e3b62af5ce85f>

Suomen metsäkeskus. (2016). Etelä- ja Keski-Pohjanmaan metsäohjelma 2016-2020. Haettu 11.12.2019 osoitteesta

<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/smk-alueellinen-metsa-ohjelma-etela-ja-keski-pohjanmaa.pdf>

Suomen metsäkeskus. (2014). Suometsien puunkorjuu. Suometsien kokonaisvaltainen käsittely - hanke 2013-2014. Haettu 31.3.2020 osoitteesta

<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/suometsien-puunkorjuu.pdf>

Syke. (2017). Pohjaveden pinnan korkeuden ja havaintoputken syvyyden mittaaminen. julkaisu päivitetty 2.3.2020. Haettu 12.3.2020 osoitteesta

[https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Vesi/Mallit\\_ja\\_tyokalut/Pohjaveden\\_nayteenotto/Pohjaveden\\_pinnan\\_korkeuden\\_ja\\_havaintop\(41643\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Vesi/Mallit_ja_tyokalut/Pohjaveden_nayteenotto/Pohjaveden_pinnan_korkeuden_ja_havaintop(41643))

Törnqvist, J., Kurkela, J, (VTT) Kärhä, K & Metsäteho Oy. (2010) Metsäkoneen pintapaineen ja raiteen muodostuksen laskentamalli. Metsätehon tulosalvosarja 3/2010. Haettu 31.3.2020 osoitteesta

[http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja\\_2010\\_03\\_Mets%C3%A4koneen\\_pintapaineen\\_ja\\_raiteen\\_muodostuksen\\_kk\\_jt.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2010_03_Mets%C3%A4koneen_pintapaineen_ja_raiteen_muodostuksen_kk_jt.pdf)

Vanhatalo, K., Väisänen, P., Joensuu, S., Sved, J., Koistinen, A. & Äijälä, O. (2015) Metsänhoidon suositukset suometsien hoitoon, työopas. Tapio Oy. Haettu 25.2.2020 osoitteesta

[https://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/06/MHS\\_opas\\_suometsien\\_hoitoon\\_20150222\\_TAPIO1.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/06/MHS_opas_suometsien_hoitoon_20150222_TAPIO1.pdf)

Vierula, J. (2018). Suometsien Sadonkorjuu -hankesuunnitelma. Julkaisematon lähde 17.5.2018, Seinäjoki.

Vierula, J. (2017). Pehmeiden maiden puunkorjuun kehittämistyöryhmän kokous. Kokouspöytäkirja 6.4.2017, Huhtalantie 2 Seinäjoki.

Väätäinen, K., Lamminen, S., Siren, M., Ala-Ilomäki & Asikainen, A. (2010). Ympärivuotisen puunkorjuun kustannusvaikutukset ojitetuilla turvemailla – korjuuyrittäjätason simulointitutkimus. Metlan työraportteja 184. Haettu 24.2.2020 osoitteesta

<https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/536093/mwp184.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## HAASTATTELUT

Jyväskylä, J. (2019). Toimitusjohtaja, Jyväskylä & Pojat Oy. Haastattelu 28.8.2019

## AMMATTISANASTO

Akselimassa	Kertoo paljonko painoa kohdistuu yhdelle akselille, josta paino jakautuu eteenpäin telien pyörille.
Havuttaminen	Ajouralle pyritään saamaan mahdollisimman paljon puiden latvusmassaa sekä oksia, jotka lisäävät maaperän kanta- vuutta.
Humus	Pienelijöiden sekä kasvien jätteistä syntynyt maanpintaker- ros (Metsälehti, n.d.).
Karikka	Tehtävänä on pitää puut kuormatilan sisäpuolella.
Kasvupaikkatyyppi	Kuvastaa metsämaan viljavuutta sekä puuntuotoskykyä, jonka perusteella määritetään eri kasvupaikkatyyppit (Metsä- lehti, n.d.).
Kausivaihtelu	Puunkorjuuta ei ole mahdollista toteuttaa aina huonojen ke- liolosuhteiden aikana maan heikon kantavuuden vuoksi.
Kemera	Kestävän metsätalouden rahoituslaki, jossa säädetään yh- teiskunnan myöntämästä rahoituksesta laissa määritettyihin metsänhoitotöihin. Tuen määrä vaihtelee tehtävien työlajien perusteella kolmella eri rahoitusvyöhykkeellä. (Metsälehti, n.d.)
Keruu-ura	Uralta kerätään ajokoneelle kuorma kyytiin, urat alkavat sekä päätyvät kokoojauriin.
Kokoojaura	Sitä pitkin kuljetetaan hakatut puumäärät varastopaikoille tai varsiteiden varrelle.
Kuivavara	Kuvastaa maanpinnan ja vesipinnan välistä korkeuseroa (Heikkilä, 2007, s. 8).
Kuolinpesä	Tarkoittaa ihmisiä, joilla on oikeus osallistua jäämistön yh- teishallintoon. Perilliset, eloonjäänyt puoliso tietyin rajoituk- sin ja yleistestamentin saajat ovat kuolinpesän osakkaita. (Metsälehti, n.d.)
Kuormatila	Siihen kuormataan ajettavat pöllit.

Leimikko	Puunkorjuuta varten merkitty/rajattu alue tai puusto. Tarkoittaa puunmyyntisuunnitelmaa (Metsälehti, n.d.).
Puittaminen/kapulasilta	Ajoura on päällystetty ajouraan nähden poikittain asetetuilla kuitupuilla. Asetettujen pölkkyjen täytyy olla peräkkäin, että niistä muodostuu tiivis sekä yhtenäinen puitettu kulku-ura. Pölkkyjen muodostama iso pinta-ala pienentää maaperään kohdistuvaa ajokoneen pintapainetta.
Raakapuu	Teollisuuden jalostamaton raaka-ainepuu.
Runkolukusarja	Eli läpimittajakauma kuvastaa metsikön puiden kokojakaumaa (Lyytikäinen, 2019, s. 2).
Sarka	Tarkoittaa kahden ojan väliin jäävää aluetta.
Tavaralaji	Puutavara päätetään maastossa jatkokäyttöä varten tarvittaviin mittoihin sekä laatuihin.
Tela	Taka-akselin pyörien ympärillä on tela, jonka tarkoituksena on suojata pyöriä rikkoutumiselta ja parantaa pitoa/kantavuutta.
Telalappu	Tela koostuu useista telalapuista, jotka kulkevat poikittain pyörien päällä.
Teli	Tarkoituksena on tasata ja vakauttaa ajokoneen etenemistä.
Turvekangas	Ojituksen jälkeen suo on muuttunut kuivuessaan kangasmaata muistuttavaksi (Metsälehti, n.d.).

## KUORMATRAKTORIN OSIA



Kuvassa kerrotaan ajokoneen eli kuormatraktorin osien nimiä (Kuva: Ovaskainen, 2012b).