

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Ollipekka Hakonen

METSÄKULJETUSMATKAN ARVIOINNIN EROT PUUNOSTAJAN
JA PUUNKORJUUYRITTÄJÄN VÄLILLÄ STORA ENSO METSÄN
ITÄ-SUOMEN HANKINTA-ALUEELLA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2013
Metsätalouden koulutusohjelma

Sirkkalantie 12 A
80100 JOENSUU
p. (013) 260 6900

Tekijä(t)

Ollipekka Hakonen

Metsäkuljetusmatkan arvioinnin erot puunostajan ja puunkorjuuyrittäjän välillä Stora Enso Metsän Itä-Suomen hankinta-alueella

Toimeksiantaja

Stora Enso Metsä

Tiivistelmä

Puunkorjuu koostuu manuaalisesta tai koneellisesta hakkuusta sekä puutavaran metsäkuljetuksesta hakkuualueelta tienvarsivarastolle. Metsäkuljetusmatkan pituus vaikuttaa osaltaan puunkorjuun kustannuksiin, ja siksi sen paikkansapitävyys olisi tärkeää.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, miksi Stora Enson oston hankintaesimiesten arvioimat ja puunkorjuuyrittäjien ilmoittamat metsäkuljetusmatkojen pituudet eroavat toisistaan. Opinnäytetyö toteutettiin kvantitatiivisena tutkimuksena, ja aineisto koostui vuonna 2012 tehdyistä pystykaupoista Itä-Suomen hankinta-alueella. Tutkimus koski yhtä hankintatiimiä ja 16 oston hankintaesimiestä.

Tutkimustulosten perusteella voitiin todeta, että puunostajat arvioivat metsäkuljetusmatkat pystykaupoilla yleensä todellista lyhyemmiksi. Myös eri ostajien välillä havaittiin eroja. Matkoja ei pystytty kuitenkaan tarkastamaan aineiston pohjalta, joten jatkotutkimus olisi hyödyllinen. Opinnäytetyön tulosten perusteella metsäkuljetusmatkan arviointia tulisi kehittää ja yhdenmukaistaa.

Kieli

suomi

Sivuja

41

Asiasanat

Puunkorjuu, puunhankinta, metsäkuljetus



THESIS
May 2013
Degree Programme in Forestry
Sirkkalantie 12 A
FI 80100 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358-13-260 6900

Author(s)

Ollipekka Hakonen

Differences Assessing Forest Extraction Distances Between Procurement Supervisors and Timber Harvesting Entrepreneurs in Stora Enso Eastern Finland Wood Supply

Commissioned by
Stora Enso Metsä

Abstract

Timber harvesting consists of manual or mechanical logging and forest extraction of timber from the logging area to the roadside landing. The distance between the logging area and the landing affects harvesting costs, and therefore, the accuracy of the right distance is important for the forestry company.

The purpose of this thesis was to investigate why the forest extraction distances assessed by Stora Enso Metsä procurement supervisors differ from those of the forest harvesting entrepreneurs. The research method in this thesis was quantitative, and it based on data including all standing sales in the year 2012 in Stora Enso Eastern Finland Supply District. The research involved one supply team and 16 procurement supervisors.

The result of the study was that procurement supervisors usually undervalue the forest extraction distances in standing sales. There were also differences between individual procurement supervisors. Because it was impossible to check the validity of the distances from the data, further study is recommended. On the basis of the results of this research, a method of assessment of forest extraction distances should be developed and standardized.

Language

Finnish

Pages

41

Keywords

Timber harvesting, wood procurement, forest extraction.

Sisältö

Tiivistelmä
Abstract

1	Johdanto	5
2	Puunhankinta	6
2.1	Puukauppa	6
2.1.1	Puukaupamuodot	7
2.1.2	Puukauppasopimus	7
2.2	Puunkorjuu	8
2.3	Optimaalinen metsäkuljetusmatka	8
2.4	Todellinen metsäkuljetusmatka	10
3	Puutavaran metsäkuljetus	12
3.1	Ajourasuunnittelu	12
3.2	Ajourien sijoittelu	13
3.3	Metsäkuljetuksen tuottavuus	13
3.4	Tuottavuuteen vaikuttavat tekijät	14
3.4.1	Hakkuutapa	14
3.4.2	Korjuuolosuhteet	15
4	Metsäkuljetusmatkan pituus	15
4.1	Metsäkuljetusmatkan arviointi	15
4.2	Metsäkuljetusmatkan eron merkitys puunhankintaorganisaatiolle	16
5	Tutkimuksen tavoite ja tausta	17
5.1	Tutkimuksen tavoite	17
5.2	Stora Enso Metsä	17
6	Aineisto ja menetelmät	18
6.1	Aineisto	18
6.2	Tutkimusmenetelmä	19
6.3	Aineiston analysointi	20
6.4	Luotettavuus	21
7	Tulokset ja tulosten tarkastelu	22
7.1	Tutkimusryhmä 1–4	22
7.2	Tutkimusryhmä 5–9	27
7.3	Tutkimusryhmä 10–16	31
7.4	Korrelaatioanalyysi puunostajittain	35
7.5	Tulosten tarkastelu	37
8	Pohdinta	39
	Lähteet	40

1 Johdanto

Puunkorjuusta suoritettiin vuonna 2012 koneellisesti 99,7 prosenttia. Koneelliseen korjuuseen lasketaan puun koneellinen hakkuu, sekä metsäkuljetus varastopaikalle koneellisen hakkuun tai moottorisahahakkuun jälkeen. Puunkorjuun yksikkökustannukset, jotka koostuvat koneellisesta hakkuusta ja metsäkuljetuksesta, ovat nousseet vuosittain muutamia prosentteja. Vuonna 2012 puunkorjuun yksikkökustannukset olivat keskimäärin 11,61 €/m³. (Metsäteho Oy 2013a.)

Metsäkuljetusmatkalla tarkoitetaan leimikon keskimääräisellä puumäärällä painotettua välimatkaa, joka muodostuu hakkuukohteelta puun varastopaikalle (Metsäteho Oy 2010). Metsäkuljetusmatkan pituus vaikuttaa puunkorjuuorganisaatiolle, sekä puun pystykaupassa maksettavaan kantohintaan että korjuutilityksessä puunkorjuuyrittäjälle maksettavaan tiliin. Mitä lyhyempi puun lähikuljetusmatka on, sitä korkeammaksi metsänomistajalle maksettava kantohinta muodostuu. Vastaavasti pidempi lähikuljetusmatka nostaa puunkorjuun kustannuksia ja kantohinta pienenee. Sekä puunostaja että puunkorjuuyrittäjä ilmoittavat metsäkuljetusmatkan jokaisella pystykaupalla.

Puunhankintaorganisaatiolle metsäkuljetusmatkan oikeellisuus on tärkeä, sillä se vaikuttaa kustannuksiin. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Stora Enso Metsä ja tavoitteena oli selvittää, miksi Stora Enso Metsän Itä-Suomen hankinta-alueella puunostajan tekemä metsäkuljetusmatka-arvio ja puunkorjuuyrittäjän mittalistalla antama metsäkuljetusmatka eroavat toisistaan joidenkin puukauppojen kohdalla merkittävästi. Tutkimus keskittyi yhteen hankintatiimiin.

2 Puunhankinta

2.1 Puukauppa

Suomen metsäteollisuus hankkii käyttämänsä puuraaka-aineen valtaosin yksityismetsistä, joiden osuus Suomen metsäpinta-alasta on yli 60 prosenttia. Puuta hankitaan myös muiden metsänomistajien metsistä. Näitä ovat valtio (25 %) ja metsäteollisuus (10 %). Myös kunnat, henkilöryhmittymät ja seurakunnat omistavat metsiä muutaman prosentin verran. Yksityishenkilöiden kanssa solmitaan vuosittain noin 150 000 puukauppaa. (Metsäteollisuus Ry 2013.)

Puukauppa lähtee liikkeelle aloitteesta, jonka tekee metsänomistaja, paikallinen metsänhoitoyhdistys tai puunostaja. Puukauppa kohdistuu puunmyyjän omistamalla maa-alueella olevan metsikkökuvion eli leimikon puuvarantoon. Leimikko voidaan hakata kokonaan, tai siltä voidaan rajata hakkuuseen tietty alue. Puunmyyjä voi myös haluta myydä vain tietyt puut leimikolta. Kaupan sisältö sovitaan yleensä tarkemmin puunostajan kanssa, ja leimikolla tulisikin tehdä maastokäynti, jossa hakattavat kuviot rajataan ja alueen erityispiirteet voidaan havainnoida. Samalla puunostaja saa tarkemman käsityksen kaupan kohteena olevasta puustosta. Kaupanteon apuna voidaan käyttää myös ajan tasalla olevaa metsäsuunnitelmaa, mikäli sellainen on tilalle laadittu. (Uusitalo 2003, 34.)

Kun metsänomistajan kanssa on päästy selvyyteen mitä ja miten hakataan, puunostaja tekee puukaupparjouksen. Tarjouksesta käy ilmi muun muassa leimikon sijainti ja arvioitu puumäärä, hakattavat puutavaralajit mitta- ja laatuvaatimuksineen, sekä puutavaralajikohtaiset yksikköhinnat, jotka lasketaan euroa/kuutiometri. Puun hintaan vaikuttavat monet tekijät kuten korjuuajankohta, hakattavan puuston määrä, järeys ja kokonaismäärä sekä metsäkuljetusmatka. Myös puukauppatapa vaikuttaa. Pystykaupalla puun kuutihinta myyjälle on matalampi kuin hankintakaupalla, johtuen korjuukustannusten sisällyttämisestä ostohintaan. Puunostajan tukena onkin yleensä erillinen hintalaskuri. Puun lopullinen arvo määräytyy kuitenkin vasta hakkuiden jälkeen kun puut on mitattu joko hakkuukoneen mittalaitteella tai tehtaalla puun vastaanotossa. Myös kuormatraktorin kuormainvaakamittaus on yleistymässä. (Metsäteollisuus Ry 2013.)

2.1.1 Puukauppamuodot

Puukauppamuotona käytetään yleisesti hankinta- tai pystykauppaa. Pystykaupassa puunmyyjä luovuttaa metsänhakkuusopimuksella ostajalle oikeuden hakata ja kuljettaa omistamastaan metsästä pois kaupan kohteena olevat puut. Kaupalla rajataan myös hakattava alue eli leimikko. Leimikko muodostetaan metsän hakkuutarpeen (onko tarve harvennukselle vai päätehakkuulle) ja metsänomistajan puunmyyntitavoitteen perusteella. (Metsäteho Oy 2005, 13.) Pystykauppojen osuus yksityismetsien puunkorjuusta oli vuonna 2011 85 prosenttia (Metsäntutkimuslaitos 2012).

Hankintakauppa sitouttaa puunmyyjän toimittamaan puukauppasopimuksessa sovitut puutavaralajit ja -määrät ennalta sovittuihin varastopaikkoihin. Myyjä vastaa myös korjuukustannuksista sekä siitä, että toimitettu puutavara täyttää puunosto-organisaation laatuvaatimukset. (Metsäteho Oy 2010.) Hankintakauppa on pystykauppaa huomattavasti vähemmän käytettävä puukauppamuoto, vuonna 2011 sen osuus oli vain 15 prosenttia yksityismetsien puunkorjuusta (Metsäntutkimuslaitos 2012).

2.1.2 Puukauppasopimus

Kun metsänomistaja on päättänyt tehdä puukaupat, vuorossa on puukauppasopimuksen allekirjoitus. Sopimus tehdään aina ennen hakkuiden aloitusta, oli kyseessä pysty- tai hankintakauppa. Puukauppasopimuksesta tulee käydä ilmi leimikon sijainti, hakkuutapa ja puutavaralajien arvioitu määrä sekä yksikköhinta (€/m³). Tuotantolaitokset määrittelevät puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset, jotka hakkuussa tulee toteuttaa. Sopimukseen kirjataan myös hakkuuajan kohta (hankintakaupalla puuerän luovutusajankohta), puuerän mittausmenetelmä sekä puukaupan maksuaikataulu ennakkorahoitusosuuksineen. (Uusitalo 2003, 35–36; Metsäteollisuus Ry 2013.)

2.2 Puunkorjuu

Koneellisen hakkuun osuus nykypäivän puunkorjuusta on lähes 100 prosenttia. Miestyötä tarvitaan lähinnä tiheillä ensiharvennuskohteilla, ja hankalissa korjuuolosuhteissa kuten erityisen jyrkillä rinteillä. Myös hankintapuu tehdään yleensä manuaalisesti. Puunkorjuumenetelmistä yleisimpänä käytetään tavaralajimenetelmää, jossa puu kaadetaan, karsitaan ja katkotaan vaadittuihin mittoihin eli puutavaralajeihin jo leimikolla. Kuormatraktori kerää hakkuukoneen puutavaralajeittain pinoamat puuniput metsästä, ja kuljettaa ne tien varteen puutavaralajeittaisiin pinoihin. (Metsäteho Oy 2010.)

Puutavaralajimenetelmän lisäksi Suomessa käytetään osarunkomenetelmää, jota hyödynnetään pääosin havupuuvaltaisissa päätehakkuuleimikoissa, johtuen suuremmasta tilan tarpeesta. Menetelmä soveltuu suurten runkojen korjaamiseen. Puu kaadetaan ja karsitaan palstalla, yleensä vain kuitupuuosaa katkaistaan pois. Katkonta tapahtuu 12–20 metrin pituisiksi osarungoiksi. Pitkät rungot juonnetaan eli vedetään osittain maata pitkin varastopaikalle, josta ne kuljetaan suoraan tehtaalle. (Metsäteho Oy 2010; Uusitalo 2003, 54–55.)

2.3 Optimaalinen metsäkuljetusmatka

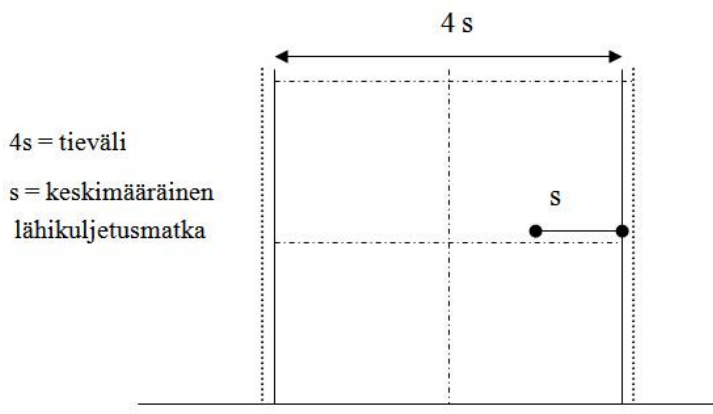
Korjatun puutavaran metsäkuljetusmatka vaikuttaa varastopaikalta leimikolle ja sieltä takaisin ajamisesta koituviin kustannuksiin. Koska varastopaikka pyritään sijoittamaan aina kaukokuljetuskelpoisen tien varteen, myös sen sijainti, sekä tieverkosto vaikuttavat metsäkuljetusmatkan pituuteen. Optimiolosuhteissa puutavara kuljetetaan tien varteen varastopaikalle sen sijainnin molemmin puolin, ja leimikko sijaitsee tasaisesti tienvarsivaraston ympärillä. Tällöin metsäkuljetusmatkan laskennassa otetaan huomioon vain metsätraktorin ajokustannukset, metsätien rakentamisesta aiheutuvat kustannukset, sekä korjattava puumäärä. Teoreettinen kuljetusmalli kuvaa pelkistetyt olosuhteet. (Metsäntutkimuslaitos 1999, 169–170.)

$$L_0 = 50 \sqrt{\frac{C_r}{Q \times a}}$$

Missä:	a	= metsätraktorin ajokustannukset eur/m ³ /100m
	C _r	= tienrakentamisen kustannukset eur/100m
	Q	= tien vaikutusalueelta korjattava puumäärä m ³ /ha

Optimaalisen metsäkuljetusmatkan kaava. (Ovaskainen 2008.)

Optimaalisessa tilanteessa (kuvio 1) metsäkuljetusmatka olisi neljäsosa teiden välisestä etäisyydestä (Ovaskainen 2008).



Kuvio 1. Teoreettinen kuljetusmalli. (Ovaskainen 2008.)

Metsäkuljetusmatka ei koskaan ole viivasuora ajoura leimikolta varastopaikalle, vaan se sisältää aina maastosta johtuvia mutkia. Näin ollen keskimääräisten metsäkuljetusmatkojen laskennassa käytetään ennalta määritettyjä korjauskerroimia. *Maastokorjauskerroin* kuvaa suoraviivaisen ja todellisen metsäkuljetusmatkan eroa, joka aiheutuu kuormatraktorin mutkittelusta maastossa. Maastokorjauskerroin voi vaihdella tutkimuksissa 1,2 ja 1,6 välillä. Kertoimen kasvu kertoo maaston vaikeudesta ja metsäkuljetusmatkan kasvamisesta. Pohjoismaissa käytetään yleisimmin kerrointa 1,4. (Metsäntutkimuslaitos 1999, 170; 2000, 23–24.)

Metsätieverkoston tiheydellä on merkitys metsäkuljetusmatkan pituuteen. Laaja metsätieverkosto leimikon läheisyydessä vähentää puutavaran metsäkuljetus-

matkaa hakkuualueelta tien varteen, mutta myös alentaa esimerkiksi metsänhoitotöiden kustannuksia. Kaluston ja työvoiman kuljettaminen metsätilalle, sekä kulku metsässä helpottuvat. (Metsäntutkimuslaitos 2000.)

Harvoin tilanne on kuitenkaan optimaalinen tieverkoston suhteen, eikä sen vaikutusalue ulotu tasaisesti suhteessa leimikkoon. Tiet mutkittelevat, eivätkä ne sijaitse symmetrisesti suhteessa toisiinsa. Aina puutavaraa ei ole myöskään mahdollista kuljettaa metsästä lähimmälle tielle. Tästä syystä keskimääräisen metsäkuljetusmatkan laskennassa käytetään myös *tieverkon korjauskerrointa*. Se kuvaa teiden vaikutusalueiden päällekkäisyyttä. Tieverkoston korjauskerroin on tutkimuksissa ollut välillä 1,2 - 2,0. (Metsäntutkimuslaitos 2000, 23.)

2.4 Todellinen metsäkuljetusmatka

Realistisempi, tieverkoston sekä maaston vaihtelut huomioon ottava kuljetusmalli lasketaan maastonkorjauskertoimen, sekä tieverkoston korjauskertoimen avulla seuraavilla kaavoilla:

$$L_0 = 50 \sqrt{\frac{Cr \times M_{korj} \times T_{korj}}{Q \times a}}$$

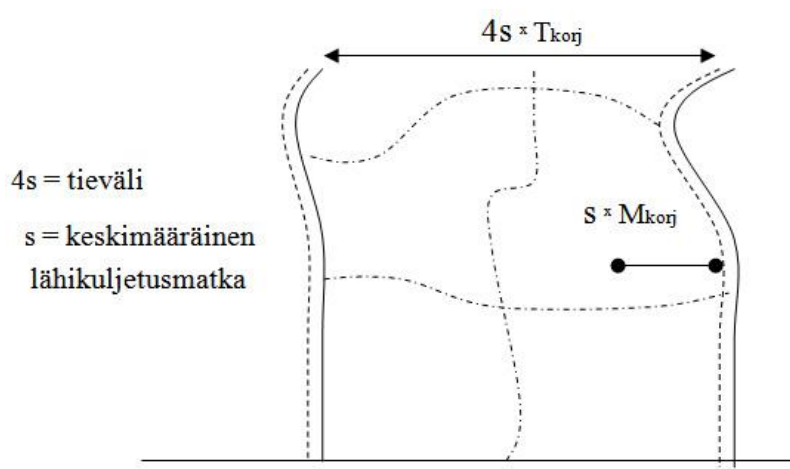
Optimaalinen metsäkuljetusmatkan kaava korjauskertoimilla. (Ovaskainen 2008.)

$$V_0 = 50 \sqrt{\frac{Q \times a \times M_{korj} \times T_{korj}}{Cr}}$$

Missä:	a	= metsätraktorin ajokustannukset eur/m ³ /100m
	Cr	= tienrakentamisen kustannukset eur/100m
	Q	= tien vaikutusalueelta korjattava puumäärä m ³ /ha
	M _{korj}	= maastokorjauskerroin(1,2 – 1,6)
	T _{korj}	= tieverkoston korjauskerroin (1,2 – 2,0)

Optimaalisen tietihyden kaava korjauskertoimilla. (Ovaskainen 2008.)

Edellä kuvattuja kaavoja hyödyntäen joissa on käytetty maastokorjauskerrointa 1,4 ja tieverkon korjauskerrointa 1,7, Metsäntutkimuslaitos on tutkimuksessaan saanut optimaaliseksi tietiheudeksi Etelä-Suomessa 10,5 m/ha ja keskimääräiseksi metsäkuljetusmatkaksi 560 metriä (myös Itä-Suomen hankinta-alue). Pohjois-Suomessa vastaavat arvot ovat 6,1 m/ha (tietiheys) ja 980 metriä (edullisin keskimääräinen lähikuljetusmatka). (Metsäntutkimuslaitos 1999, 172.) Alla oleva kuvio 2 ilmentää korjauskertoimin laskettua, realistista kuljetusmallia.



Kuvio 2. Realistinen kuljetusmalli. (Ovaskainen 2008.)

Metsätien välitön vaikutusalue eli optimaalinen etäisyys metsäkuljetuksen kannattavuutta ajatellen, lasketaan keskimääräisen metsäkuljetusmatkan sekä maastokorjauskertoimen perusteella. Todellinen metsäkuljetusmatka kerrotaan kahdella ja jaetaan maastokorjauskertoimella. Esimerkkinä voidaan käyttää edellisessä kappaleessa käsiteltyä Metsäntutkimuslaitoksen peruslaskelmaa Etelä-Suomen osalta. Tällöin välittömäksi vaikutusalueeksi saadaan 800 metriä. (Metsäntutkimuslaitos 1999, 172.)

3 Puutavaran metsäkuljetus

Hakkuukoneen kaatama puutavara kuljetetaan yleensä metsästä varastopaikalle tien varteen koneellisesti. Metsäkuljetuksessa käytetään pääsääntöisesti puun kuljetukseen suunniteltua kuormatraktoria, jonka kantavuus on 8–17 tonnia riippuen koneen koosta. Harvennuksille riittää kevyempi kuormatraktori, kun taas päätehakkuukohteet joissa kuormat ovat tukkivoittoisia, vaativat järeämmän koneen. Suomalaisessa metsätaloudessa käytetään kuitenkin pääosin niin sanottua yleiskonetta, joka soveltuu sekä harvennus- että päätehakkuukohteille. Kantavuutta koneella on tuolloin noin 10 - 13 tonnia. Myös maataloustraktori johon on lisätty esimerkiksi puun kuljetukseen soveltuva perävaunu, käy metsäkuljetukseen. Maataloustraktorin kantavuus ja konetehto eivät kuitenkaan useimmiten riitä hankintapuun tekoa kovempaan työtahtiin. (Uusitalo 2003, 80–82.)

3.1 Ajourasuunnittelu

Puutavara täytyy kuljettaa hakkuun jälkeen tienvarsivarastolle, josta sen kaukokuljetusmatka tuotantolaitoksille alkaa. Oikeanlaisen varastopaikan määrittäminen on leimikon suunnittelijan vastuulla. Varasto täytyy sijoittaa sekä kuormatraktorin varastotilan purkamisen että puutavara-auton lastauksen kannalta sopivaan paikkaan. Varaston sijainti vaikuttaa myös merkittävästi puunkorjuukustannuksiin, sillä leimikon ja tienvarsivaraston välinen matka ei saisi olla liian pitkä. Puutavara kuljetetaan varastopaikalle ajouria pitkin. (Uusitalo 2003, 48.)

Ajouraverkosto muodostaa puutavaran metsäkuljetusmatkan leimikolta tienvarsivarastolle. Hyvin suunniteltu ajouraverkosto takaa laadukkaan korjuujäljen, sekä lisää puunkorjuun tuottavuutta. Ajourasuunnittelu on tarpeen useimmiten vain kasvatushakkuissa, päätehakkuualueilla ajouraverkosto muodostuu yleensä vapaamuotoisesti. Suunnittelun tekee yleensä pääosin korjuuyrittäjä tai koneenkuljettaja, mutta myös leimikon suunnitellut henkilö voi merkitä hakkuualueen rajauksen yhteydessä ajourat ja reitin varastopaikalle. (Metsäteho Oy 2010; Uusitalo 2003, 48.)

Ajourasuunnittelussa tulee noudattaa Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion suosituksia. Tällöin ajouravälin tulee olla 20 metriä tai enemmän, ja ajouraleveydeksi määritetään 4–4,5 metriä. Edellä mainittuja arvoja noudattamalla metsikön puuston vaatima kasvutila pienenee mahdollisimman vähän. Toisaalta ajouraleveyden jäädessä alle 4 metrin, puustovaurioiden mahdollisuus kasvaa. Ajouraverkosto tulee suunnitella hyvin jo ensiharvennusvaiheessa, sillä sitä tul- laan oletettavasti käyttämään myös myöhemmissä harvennuksissa. (Metsäteho Oy 2003, 18.)

3.2 Ajourien sijoittelu

Ajouraverkoston alku- ja päätepiste sijaitsee tienvarsivarastolla, josta alkaa ver- koston rungon muodostava kokoojaura. Sen tulee kestää mahdollisimman mon- ta ajokertaa toimiessaan metsäkuljetuksen pääväylänä. Kokoojauralta lähtevät keruu-urat, jotka pyritään toteuttamaan läpiajettavin lenkein. Risteysten tekoa on vältettävä. Ajouraverkostossa voi olla myös pieniä pistouria. (Metsäteho Oy 2010.)

Ajourien sijoituksessa on tärkeää, että ne kulkevat mahdollisimman kantavia maita pitkin eikä reitillä ole vaikeita maastonkohtia. Luontaisia maaston tarjo- amia kulkureittejä pyritään käyttämään mahdollisuuksien mukaan. Maisemalli- set arvot otetaan huomioon häivyttämällä urat maaston muotoja mukailleen. Kasvatushakkuuleimikoilla vältetään ajourien avaamista kohtisuoraan tielle. Kuormatraktorin painopiste on kuormattuna korkeammalla, joten sen sivuttaislii- kettä on pyrittävä vähentämään erityisesti puustovaurioiden varalta. Korkeat kivet ja kannot jätetään ajouran keskelle, ja sen kulkureitti pyritään sijoittamaan loivaan maastoon. Rinteet ajetaan kohtisuoraan. Maaston kantavuutta voidaan lisätä, sekä maastovaurioiden määrää vähentää sijoittamalla hakkuutähteitä ajouralle. (Uusitalo 2003, 48–49; Metsäteho Oy 2010.)

3.3 Metsäkuljetuksen tuottavuus

Metsäkuljetukseen voidaan laskea useita työvaiheita. Valtaosa puun lähikulje- tukseen käytetystä ajasta kuluu työpisteillä. Työpisteeksi määritellään leimikolla kuormatraktorin tai hakkuukoneen pysähdys työskentelyn ajaksi. Metsäkuljetuk-

sessä työpisteillä tapahtuvaa toimintaa on puutavaran kuormaaminen leimikolla, sekä kuorman purkaminen pinoihin puutavaralajeittain tienvarsivarastolla. Työaikaan lasketaan mukaan myös ajo tyhjänä varastopaikalta leimikolle, sekä ajo kuormattuna leimikolta varastopaikalle. Lisäksi metsäkuljetuksessa voi tulla lyhyitä keskeytyksiä. (Uusitalo 2003, 80; Metsäteho Oy 2013b.) Tässä tutkimuksessa työpiste-määritelmää käytetään myös tulosten käsittelyn yhteydessä, jolloin kyseessä on yksittäinen, kirjain- tai numerokoodilla eroteltu kuormatraktori. Tulosten yhteydessä tämä ilmaistaan muodossa kuormatraktori x.

3.4 Tuottavuuteen vaikuttavat tekijät

Metsäkuljetuksen tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Tuottavuuden merkittävänä vaikutustekijänä on työpisteeltä eli samalta paikalta yhdellä pysähdyksellä kuormattavissa oleva puumäärä. Tuottavuudella ja kuorman koolla on kiinteä yhteys, sillä työpisteen puumäärään vaikuttavat hakkuutapa (eli onko kyseessä pääte- vai harvennushakkuu), hakkuumenetelmä (koneellinen vai metsurityö) sekä kuormattavat puutavaralajit ja niiden kuutiomäärä ajouran pituusyksikköä kohti ($\text{m}^3/100\text{m}$). (Sirén 2005, 150; Kuitto, P-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994, 23.)

3.4.1 Hakkuutapa

Koneellisen hakkuun jälkeen metsäkuljetuksen tuottavuus on manuaalista hakkuuta korkeampi, sillä työpisteelle muodostuva puutavarakasa on suurempi ja usein myös kuormausta varten sijainniltaan parempi. Puutavaralajien määrän kasvaminen kuitenkin huonontaa metsäkuljetuksen tuottavuutta, sillä yksi lisäpuutavaralaji muodostaa noin kolmen prosentin lisäyksen ajanmenekkiin. Hakkuutavan vaikutus ajanmenekkiin on myös ilmeinen, sillä harvennuksella jäävän puuston varominen hidastaa kuormausta viidenneksellä verrattuna päätehakkuualaan. Kuitenkin runsaspuustoinen yhden puulajin (kuten männikön tai kuusikon) voimakkaasti harvennettava metsikkö on puunkorjuun kannalta ihanteellinen, sillä kertymä on suuri ja puutavaralajeja on vähän. (Sirén 2005, 150–151.)

3.4.2 Korjuuolosuhteet

Myös korjuuolosuhteilla on vaikutus metsäkuljetuksen tuottavuuteen. Talvella lumen ja roudan aikaan puun ajo on nopeampaa kuin kesällä. Kesäkorjuussa maaperä on monin paikoin upottavampi riippumatta siitä, kasataanko hakkuutähteitä uralle. Vuodenajalla ei ole merkitystä kuormausnopeuteen tukkivoittoa päätähakkuuleimikoilla. Harvennushakkuulla kuormaus hidastuu, ja kesäkorjuulla kuormaus on talvikorjuuta hitaampaa. (Kuitto ym. 1994, 24–25.)

4 Metsäkuljetusmatkan pituus

Metsäkuljetusmatkan pituus vaikuttaa puunkorjuun kokonaiskustannuksiin. Metsäkuljetusmatkaan taas vaikuttaa metsätieverkoston laajuus eli tietiheys. Maa- ja metsätalousministeriö, sekä metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, ovat asettaneet tavoitteeksi Etelä-Suomessa 15 m/ha tietiheiden ja 200 - 300 metrin metsäkuljetusmatkan. Pohjois-Suomessa vastaava tietiheys olisi 6 - 7 m/ha jolloin keskimääräinen metsäkuljetusmatka olisi 400 - 600 metriä. (Metsäntutkimuslaitos 1999, 168.) Jos siis tietiheys ylittää edellä mainitut arvot, ja metsäkuljetusmatka muodostuu lyhyemmäksi, ei metsätien rakentaminen ole kustannuksia ajatellen järkevää.

4.1 Metsäkuljetusmatkan arviointi

Oston hankintaesimies arvioi puukauppaa tehdessä metsäkuljetusmatkan suorinta tietä leimikolta tienvarsivarastolle leimikon suunnittelun yhteydessä maastossa, sekä karttaohjelmalta mittauksen perusteella. Arvioitu metsäkuljetusmatka syötetään hintalaskuriin, jossa kunkin puutavaralajin yksikköhinta muodostuu.

Metsäkuljetusmatka on usein vain arvio, sillä esimerkiksi korjuuolosuhteet voivat muuttaa matkan pituutta. Myös varastopaikka voi siirtyä kesken leimikon hakkuun. Leimikolla voi tulla eteen esteitä, kuten jyrkkiä rinteitä tai kallioita, joiden takia ajoreittiä täytyy muuttaa. Myös pehmeä maaperä ja kosteikot, sekä

mahdolliset luonnon monimuotoisuuskohteet jotka havaitaan vasta hakkuiden aikana, voivat lisätä metsäkuljetusmatkaa.

Kuormatraktoriyrittäjän ilmoittama metsäkuljetusmatka perustuu karttamittauksiin sekä kuormatraktorin matkamittariin. Yrittäjä ilmoittaa metsäkuljetusmatkan mittalistalla, jonka hakkuukoneen kuljettaja lähettää aina leimikon jälkeen puunkorjuuorganisaation tietojärjestelmään. Useimmiten matka muodostetaan leimikon keskipisteestä tienvarsivarastolle. Mikäli korjuutilityksen tekevä operaatioiden hankintaesimies epäilee yrittäjän ilmoittamaa metsäkuljetusmatkaa, hän voi tehdä tarkastusmittauksia leimikolla.

4.2 Metsäkuljetusmatkan eron merkitys puunhankintaorganisaatiolle

Metsäkuljetusmatkan pituuden kasvu lisää kustannuksia puunhankintaorganisaatiolle. Kuljetusmatkan todellinen pituus tulisi määrittää jo puukauppatilanteessa mahdollisimman lähelle. Puunkorjuun kustannuksia pystyttäisiin ennakkoimaan näin ollen paremmin.

Todellisuudessa metsäkuljetusmatkojen pituudet eivät poikkea kuin keskimäärin noin neljäsosassa – puolessa tapauksista. Tutkimuksessa ei voida esittää tarkkoja lukuja, mutta esimerkkinä todettakoon, että jokainen 100 metriä lisää metsäkuljetusmatkassa, nostaa kuormatraktoriyrittäjälle maksettavaa korvausta noin 0,10 € per kuutiometri. Jos tällöin yksi kuormatraktori kuljettaa 25 000 m³ puutavaraa vuodessa tienvarsivarastolle, ja näistä välimatkoista virheellisesti ilmoitettuja on noin puolet, saadaan 0,20 €/m³ hinnankorotuksella lisäkustannukseksi 2500 euroa/m³/vuosi (Taulukko 1). Stora Ensolla on useita satoja kuormatraktoreita korjuulla vuosittain, joten kustannusten nousu on tuolloin jo huomattavaa. Siksi metsäkuljetusmatkan oikeellisuus on tärkeää puunhankintaorganisaatiolle.

Taulukko 1. Kustannuslisä, jos puolet metsäkuljetusmatkoista poikkeaa ilmoitusta, vuosi/m³/kuormatraktori.

Metsäkuljetusmatka (m)	Vuosisuorite/ m ³	15000	20000	25000	30000
	Lisä/€/m ³				
100	0,10	750,00	1 000,00	1 250,00	1 500,00
200	0,20	1 500,00	2 000,00	2 500,00	3 000,00
300	0,30	2 250,00	3 000,00	3 750,00	4 500,00
400	0,40	3 000,00	4 000,00	5 000,00	6 000,00

5 Tutkimuksen tavoite ja tausta

5.1 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää miksi puunostajan puukauppatilanteessa arvioima metsäkuljetusmatka eroaa joidenkin pystykauppojen yhteydessä merkittävästi puunkorjuuyrittäjän oletetusti mittaamasta ja mittalistassa ilmoittamasta metsäkuljetusmatkasta. Myös arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan välinen mahdollinen pituusero selvitettiin. Tutkimustyö tehtiin Stora Enso Metsän Itä-Suomen hankinta-alueen vuoden 2012 pystykaupat sisältävän aineiston (ks. luku 6.1) perusteella. Metsäkuljetusmatkan erot huomataan erityisesti korjuutilityksiä tehtäessä.

Tutkimuksessa selvitettiin myös, onko tiettyjen puunostajien tai yrittäjien kohdalla havaittavissa säännöllistä suurta erottuvuutta metsäkuljetusmatkojen arvioinnin suhteen.

5.2 Stora Enso Metsä

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Stora Enso Metsä, joka vastaa Stora Enson Suomen tuotantolaitosten puuhankinnasta ja puutoimituksista. Toimintaan kuuluu myös bioenergian hankinta, sekä metsäneuvontapalveluiden ja metsän-

hoitotöiden tarjoaminen metsänomistajille. Stora Enso Metsä on jakautunut neljään hankinta-alueeseen. (Stora Enso 2012.) Sain tutkimusaiheen sekä tutkimusaineiston Stora Enso Metsän kehityspäällikkö Kalle Kärhältä, ja tutkimusalueena toimi Itä-Suomen hankinta-alue (Kuva 1).



Kuva 1. Stora Enso Metsän hankinta-alueet. (Stora Enso 2012.)

6 Aineisto ja menetelmät

6.1 Aineisto

Opinnäytetyön tutkimusaineistona käytettiin Stora Enson tietojärjestelmästä kerättyä raakadataa, joka käsitti kaikki vuoden 2012 aikana tehdyt pystykaupat ja korjuut runkolajierittäin Stora Enso Metsän Itä-Suomen hankinta-alueella.

Aineisto sisältö koostui seuraavista tiedoista:

- vuoden 2012 pystykaupat ostajittain ja tiimeittäin
- osto- ja korjuuajankohdat
- puutavaran metsäkuljetuksen hoitanut kuormatraktoriyrittäjä
- puunostajan arvioima metsäkuljetusmatka (m)
- kuormatraktoriyrittäjän mittalistassa ilmoittama metsäkuljetusmatka (m)
- metsästä kuljetettu puumäärä kaupoittain (m³)
- hakkuutapa (uudistamishakkuu/harvennushakkuu)
- puukaupan runkolaji (kuitupuu tai tukkipuu)
- leimikon toimituskelpoisuus (kesä/talvi/ympärivuotinen)

Tutkimuksessa ei suoritettu maasto- tai karttamittauksia johtuen tiukasta aikataulusta, vaan kaikki tulokset pohjautuivat Excel-aineistoon.

6.2 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyössä käytettiin tutkimusmenetelmänä pääosin kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusmenetelmää, koska Stora Ensolta saatu aineisto oli numeerista ja tutkimus perustui tilastolliseen analysointiin (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 140). Työstä löytyy myös kvalitatiivisia piirteitä pohdittaessa syitä metsäkuljetusmatkan arvioinnin eroihin.

Tutkimuksen perusjoukkona toimi Stora Enso Metsän Itä-Suomen hankinta-alueella vuonna 2012 puuta ostaneet hankintaesimiehet, sekä samaisella alueella toimineet kuormatraktoriyrittäjät. Itä-Suomessa oston hankintaesimiehiä on 77 ja puunkorjuuyrittäjiä 27. Tutkimuksessa käsiteltiin yhtä Itä-Suomen hankinta-alueen tiimiä, jolloin otoskooksi muodostui 16 oston hankintaesimiestä sekä 9 kuormatraktoriyrittäjää. Työpisteitä eli tässä tapauksessa yksittäisiä kuormatraktoreita tutkimuksessa oli 32. Pystykauppoja Stora Enson Itä-Suomen hankinta-alueella tehtiin kokonaisuudessaan 2032 kappaletta vuonna 2012.

6.3 Aineiston analysointi

Tutkimuksen kohteet jaoteltiin kolmeen ryhmään aineiston läpikäynnin helpottamiseksi. Aineisto analysoitiin Microsoft Office Excel - taulukkolaskentaohjelmalla, josta löytyivät tarvittavat työkalut tilastoanalyysien tekoon. Tutkimuksen kannalta olennaista oli analysoida metsäkuljetusmatkojen eroja absoluuttisesti sekä suhteellisesti.

Jokaisen oston hankintaesimiehen vuonna 2012 tekemistä puukaupoista laskettiin arvioidun metsäkuljetusmatkan puumäärällä painotettu keskiarvo runkolajeittain (tukki sekä kuitupuu). Sama laskelma tehtiin myös jokaisella puukaupalla työpisteen ilmoittamalle metsäkuljetusmatkalle. Näistä tuloksista laskettiin erikseen runkolajeittainen prosenttiero arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan välillä. Mikäli kyseinen prosenttiluku oli negatiivinen, kuormatraktorin kuljettajan ilmoittama toteutunut metsäkuljetusmatka oli pidempi kuin puunostajan arvioima. Vastaavasti prosentuaalisen eron ollessa positiivinen, oli puunostajan arvioima metsäkuljetusmatka työpisteen ilmoittamaa pidempi. Puunhankintaorganisaation kannalta ihanteellista olisi, että prosentit olisivat lähellä nollaa, jolloin arvioidut ja toteutuneet metsäkuljetusmatkat täsmäisivät.

Tutkimusaineistosta laadittiin myös jokaiselle tutkimusryhmälle hajontakuviot, josta nähdään suuntaa mahdolliselle riippuvuudelle. Kuvioihin on lisätty suora $y = x$ jossa arvioitu ja toteutunut metsäkuljetusmatka ovat samoja. Kun hajontakuvion pisteet osuvat lähelle tätä suoraa, arvioidut ja toteutuneet metsäkuljetusmatkat ovat lähellä toisiaan.

Havaintokuvioiden perusteella oli järkevää tutkia metsäkuljetusmatkojen välisen riippuvuuden voimakkuutta myös korrelaatioanalyysin avulla. Korrelaatioanalyysi suoritettiin Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelman korrelaatiofunktion avulla ja tutkimuksessa käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa. Kertoimen avulla pystytään arvioimaan toteutuneen ja arvioidun metsäkuljetusmatkan lineaarista riippuvuutta. Toisin sanoen sitä, kuinka hyvin toteutunut metsäkuljetusmatka vastaa arvioitua. Korrelaatiota tutkittiin sekä puunostajien että vuodenajan osalta. Korrelaatioanalyysi ei kuitenkaan kerro mitään arvioidun ja toteutuneen met-

säkuljetusmatkan erojen syistä, vaan sen avulla voidaan ainoastaan todeta niiden välinen yhteys.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

Missä: $s_x s_y$ = x:n ja y:n keskihajonnat
 \bar{x} = x-havaintojen aritmeettinen keskiarvo
 \bar{y} = y-havaintojen aritmeettinen keskiarvo

Pearsonin korrelaatiokertoimen kaava.

Korrelaatiokertoimen itseisarvo vaihtelee välillä [0,1], jolloin kyseessä on joko positiivinen tai negatiivinen korrelaatio. Tässä tutkimuksessa arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan välillä vallitsi positiivinen lineaarinen riippuvuus, jolloin Pearsonin korrelaatiokertoimet vaihtelevat 0 ja 1 välillä. Kertoimille on annettu suuntaa-antavia rajoja tulkintaa varten:

Voimakas korrelaatio	$ r \geq 0,8$
Huomattava korrelaatio	$0,6 \leq r \leq 0,8$
Kohtalainen korrelaatio	$0,3 \leq r \leq 0,6$
Merkityksetön korrelaatio	$ r \leq 0,3$

(Valtanen 2007, 147–148.)

6.4 Luotettavuus

Koska opinnäytetyön tutkimukseen liittyvä aineisto oli kerätty Stora Enson tietojärjestelmästä, sitä voitiin pitää luotettavana. Tutkimuksen yleiseen luotettavuuteen voi kuitenkin vaikuttaa, että tutkimusaineisto koostui vain vuonna 2012 tehdyistä pystykaupoista ja hakkuista, jolloin esimerkiksi vertailu aiempiin vuo-

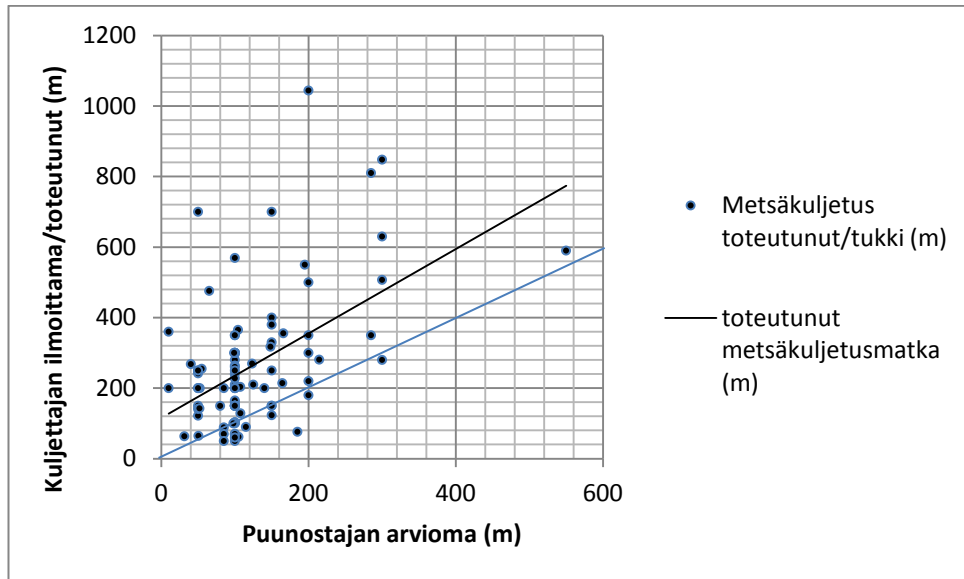
siin ei onnistunut. Ainoastaan yhden hankintatiimin käsittely supistaa vertailtavuutta. Myöskään tutkimukseen liittyviä tarkistusmittauksia maastossa tai kartalta ei suoritettu, joten matkojen pituudet otettiin vain puunostajien ja työpisteiden ilmoittamina.

7 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa käsiteltiin 16 oston hankintaesimiehen vuoden 2012 aikana tekemiä pystykauppoja, joita oli 511. Pystykaupoilla puutavaran metsäkuljetuksesta vastasi yhdeksän puunkorjuuyrittäjää ja 32 työpistettä eli tässä yhteydessä kuormatraktoria (tulokuvioissa lyhenteellä Ktr). Työpisteistä useat toimivat monen ostajan pystykauppojen hakkuilla. Tutkimuksessa haluttiin selvittää, miksi puunostajan arvioiman ja työpisteen mittalistalla ilmoittama metsäkuljetusmatka eroaa toisistaan, ja minkä verran eroa on. Tutkimuksen avulla selvitettiin myös, onko tiettyjen oston hankintaesimiesten tai tiettyjen työpisteiden kohdalla havaittavissa selkeitä johdonmukaisia eroja metsäkuljetusmatkojen välillä. Myös korjuuajankohdan merkitystä metsäkuljetusmatkojen eroihin tutkittiin.

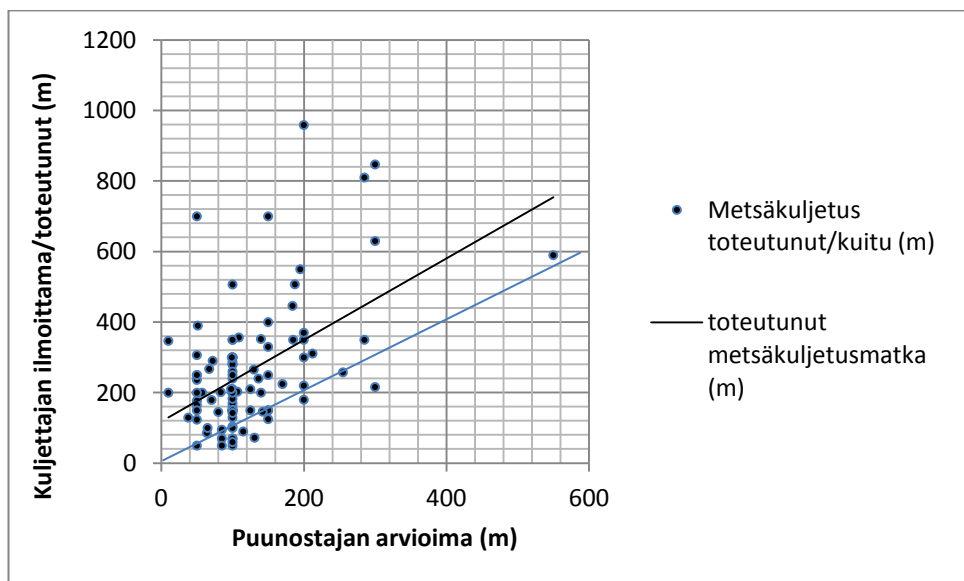
7.1 Tutkimusryhmä 1–4

Tutkimusryhmä 1–4 käsitti neljä puunostajaa sekä 11 työpistettä, jotka toimivat Stora Enson Itä-Suomen hankinta-alueella yhdessä hankintatiimissä. Kun ensimmäisen ryhmän hajontakuviota (kuviot 3 ja 4) tutkittiin sekä tukkien että kuitupuun osalta, voitiin tehdä havaintoja, että pääosin puunostajan arvioima metsäkuljetusmatka on pienempi kuin työpisteen ilmoittama.



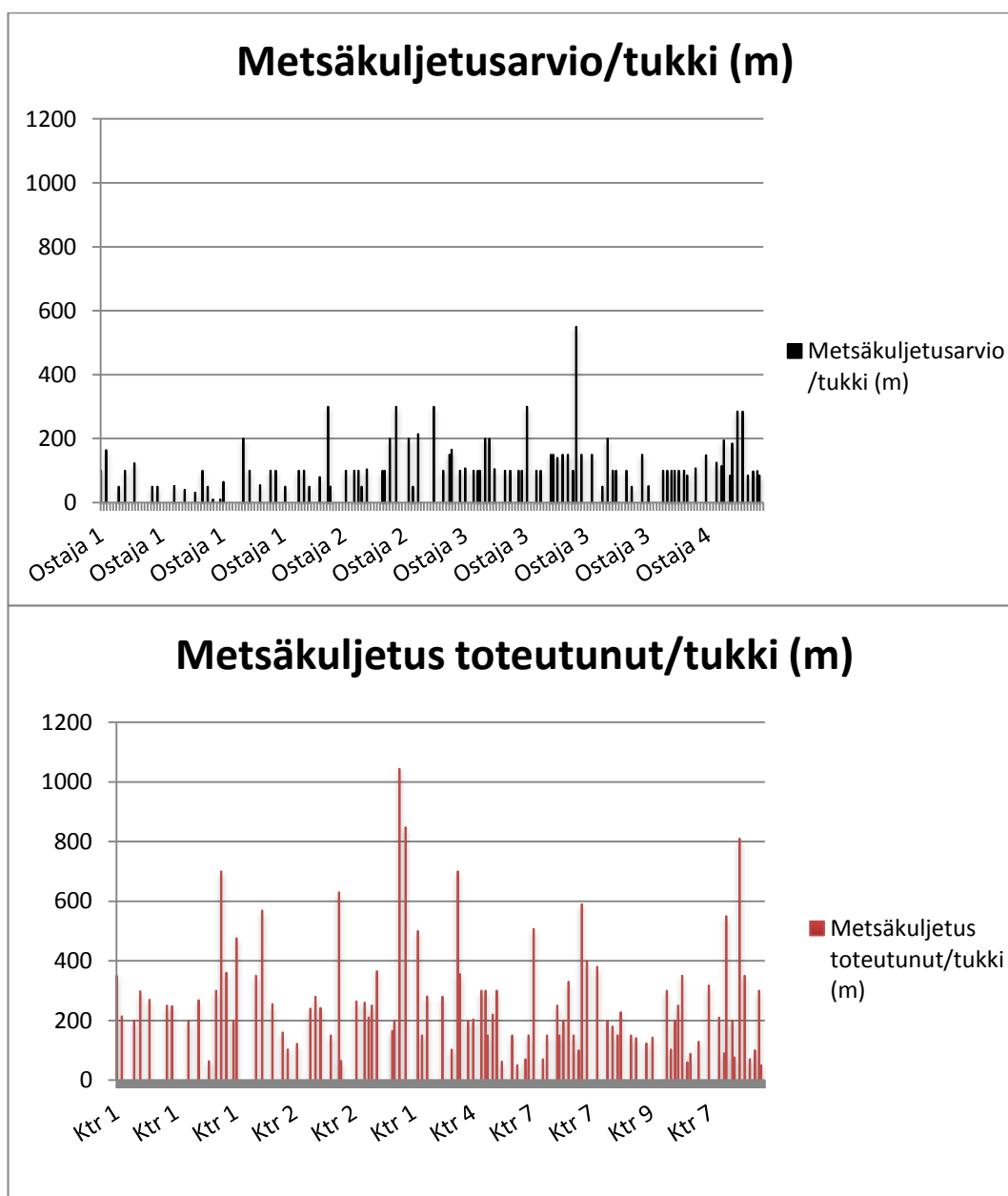
Kuvio 3. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan hajontakuviotukki.

Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan välinen ero on valtaosin 0 – 300 metriä. Hajontakuviosta (kuviot 3 ja 4) on havaittavissa myös muutamia yksittäisiä suurempia eroja, ja että puunostajat 1–4 ovat arvioineet metsäkuljetusmatkan useimmiten 100, 200 tai 300 metrin mittaiseksi. Hajontakuviioon lisätyn suoran $y = x$ läheisyydessä olevat pisteet kuvaavat arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan täydellistä tai lähes täydellistä osuvuutta keskenään.



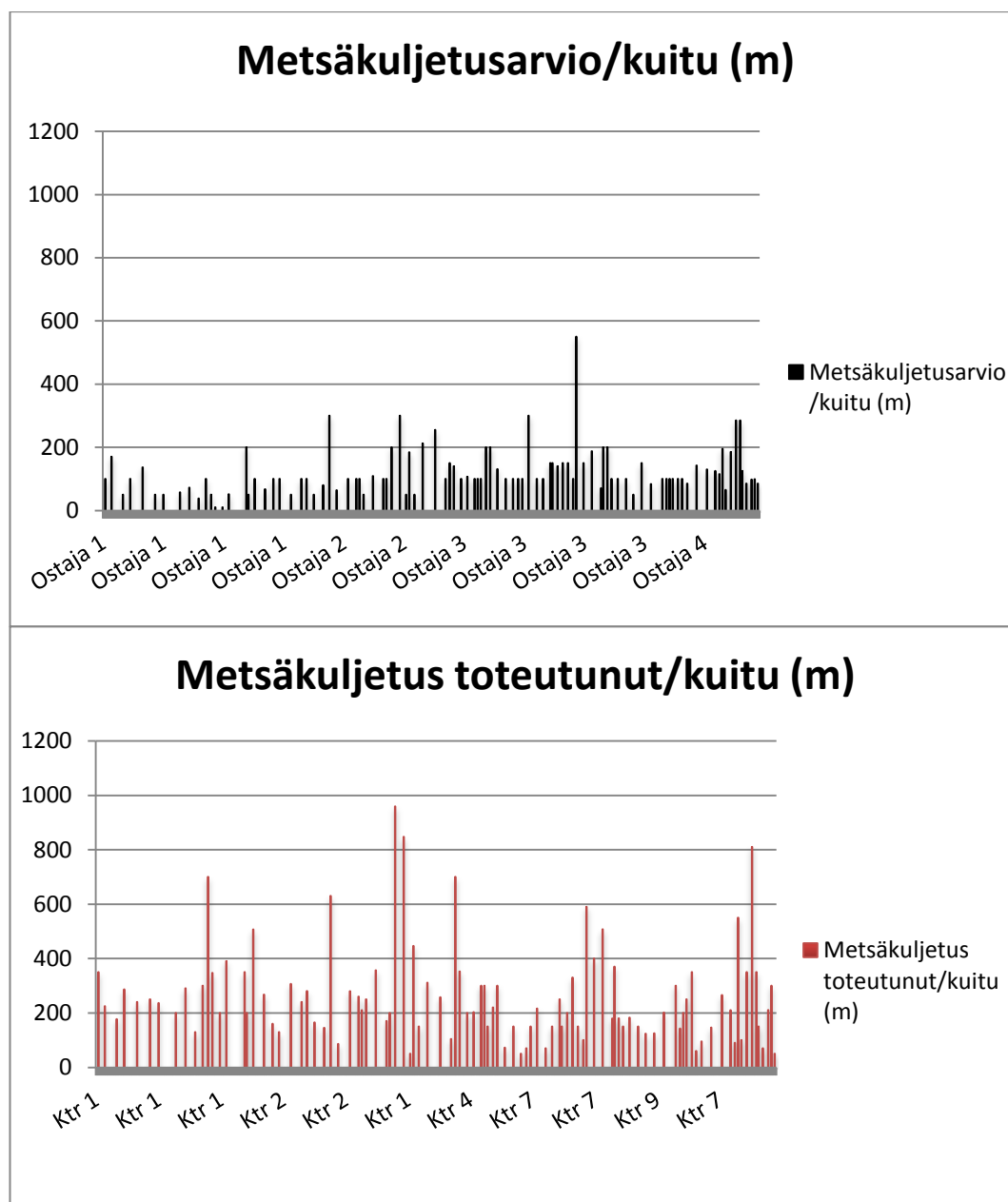
Kuvio 4. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan hajontakuviokuitupu.

Hajontakuviosta (kuviot 3 ja 4) tehtyjä havaintoja ja päätelmiä tukevat kuviot 5 ja 6, joissa eroja löytyi jo yksittäisten puunostajien sekä kuormatraktorikuljettajien välillä. Yksi palkki kuvaa yhtä puukauppaa. Vertailu paljastaa, että lähes poikkeuksetta tutkimusryhmässä 1–4 olevat oston hankintaesimiehet arvioivat metsäkuljetusmatkan lyhyemmäksi, kuin mitä työpisteen mittalistalla ilmoittama toteutunut metsäkuljetusmatka on. Suurin yksittäinen ero arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan välillä on yli 800 metriä.



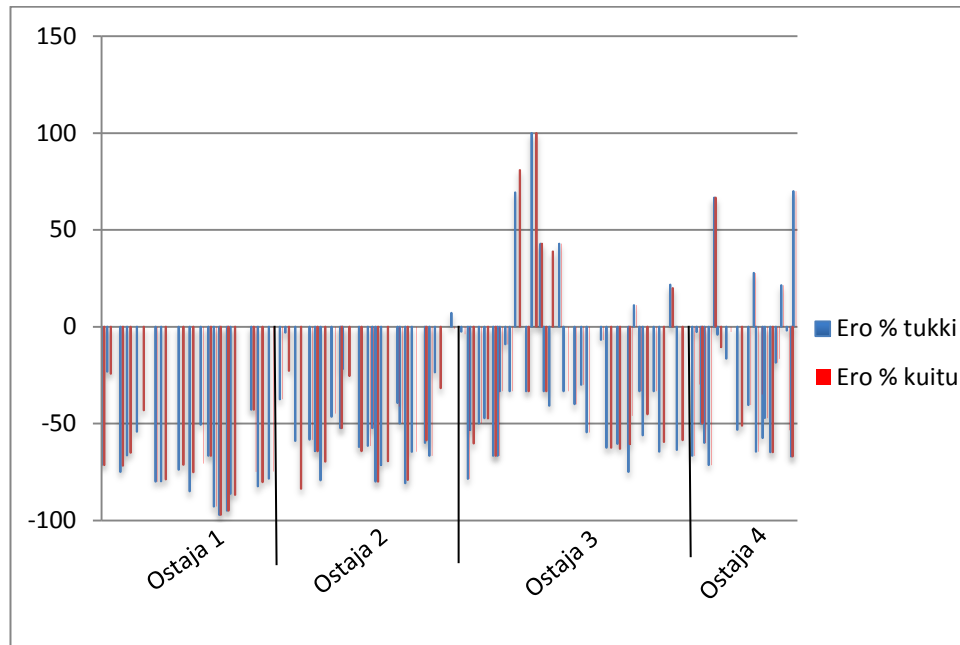
Kuvio 5. Arvioidut ja toteutuneet metsäkuljetusmatkat/tukki (m).

Joidenkin ostajien kohdalla oli huomattava, että he arvioivat metsäkuljetusmatkan usein tasaluvulla, kuten 100 metriä (kuviot 5 ja 6). Luku ei ole muuttunut painotuksen myötä. Näin esimerkiksi ostajan 3 kohdalla, jossa havaittavissa on selkeitä tasaisia palkkiryhmiä. Metsäkuljetusarvio ei ylitä 200 metriä kovinkaan monessa puukaupassa, mutta toteutuneita metsäkuljetusmatkoja on selvästi enemmän sellaisia, jotka menevät yli 200 metrin rajan.



Kuvio 6. Arvioidut ja toteutuneet metsäkuljetusmatkat/kuitupuu (m).

Kuitupuun metsäkuljetuksen (kuvio 6) osalta ei ole havaittavissa suuria eroja verrattuna tukkipuun metsäkuljetukseen (kuvio 5). Paremmin pienet eroavaisuudet havaitaan kuitenkin hajontakuviosta (kuvio 3 ja 4), jolloin tukin ja kuitupuun välillä näyttää olevan vain yksittäisiä piste-eroja.



Kuvio 7. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan ero (%).

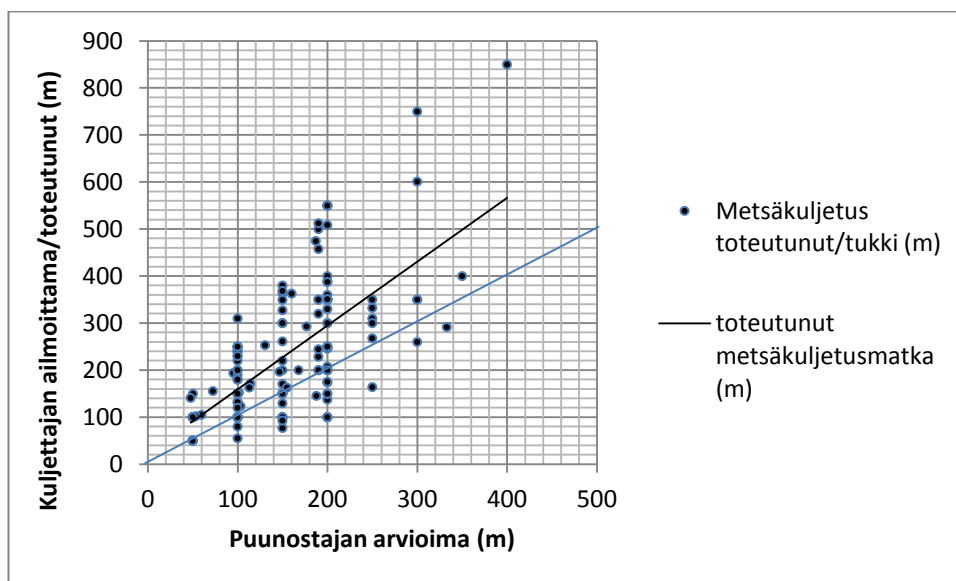
Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan välille laskettiin prosenttimääräinen ero eli kuinka paljon puukaupalla arvioitu metsäkuljetusmatka poikkeaa suhteellisesti hakkuun jälkeen mittalistalla ilmoitetusta välimatkasta. Jos luku on negatiivinen, puunostaja on arvioinut metsäkuljetusmatkan pienemmäksi verrattuna toteutuneeseen. Mikäli suhteellinen ero on positiivinen, on arvioitu metsäkuljetusmatka puukaupalla työpisteen ilmoittamaa pidempi. Optimitilanteessa luku olisi lähellä nollaa, jolloin arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan välillä ei ole heittoa. Prosenttikuvio paljastaa hyvin puunostajien väliset erot.

Kuviossa 7 nähdään jokaisen puukaupan arvioidun, sekä toteutuneen metsäkuljetusmatkan suhteellinen ero, sekä kuitu- että tukkipuun osalta. Kuviossa 7 voidaan tehdä havaintoja, että ensimmäisen tutkimusryhmän ostajat 1 ja 2 ovat arvioineet kaikki metsäkuljetusmatkat alakanttiin, valtaosassa kaupoista ero on yli 50 prosenttia. Lopuilla ostajista taas arviot kulkevat molempiin suuntiin eli puukaupalla metsäkuljetusmatka on arvioitu toteutunutta matkaa lyhemmäksi,

tai vastaavasti myös pidemmäksi. Näiden ostajien kohdalla on huomattava myös, että muutamalla puukaupalla heidän arvonsa liikkuvat lähellä optimia eli nolaa.

7.2 Tutkimusryhmä 5–9

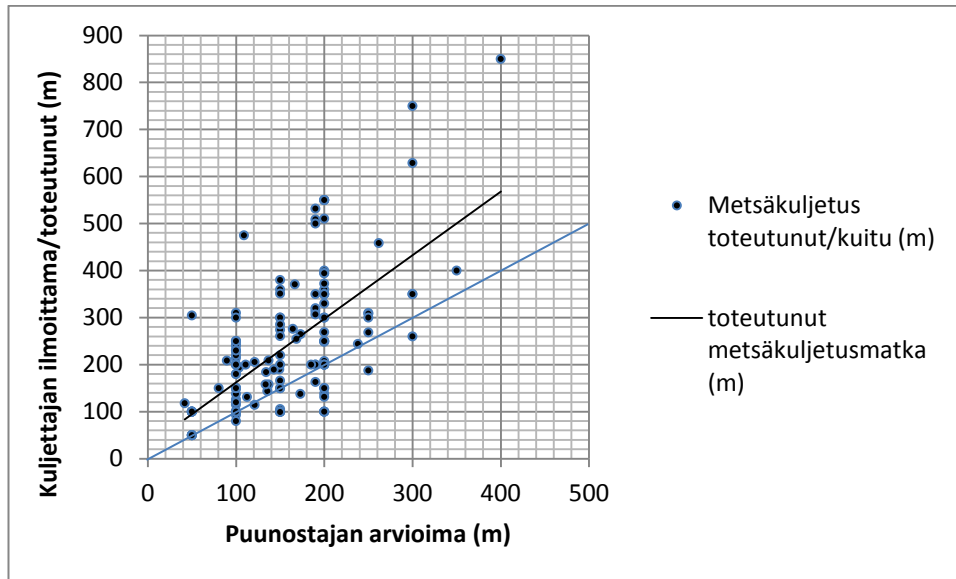
Seuraava tutkimusryhmä sisälsi viisi oston hankintaesimiestä. Heidän tekemillä kaupoilla puunkorjuuta suoritti 17 työpistettä. Myös tälle ryhmälle laadittiin edeltävänkaltaiset kuviot.



Kuvio 8. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan hajontakuviot/tukki.

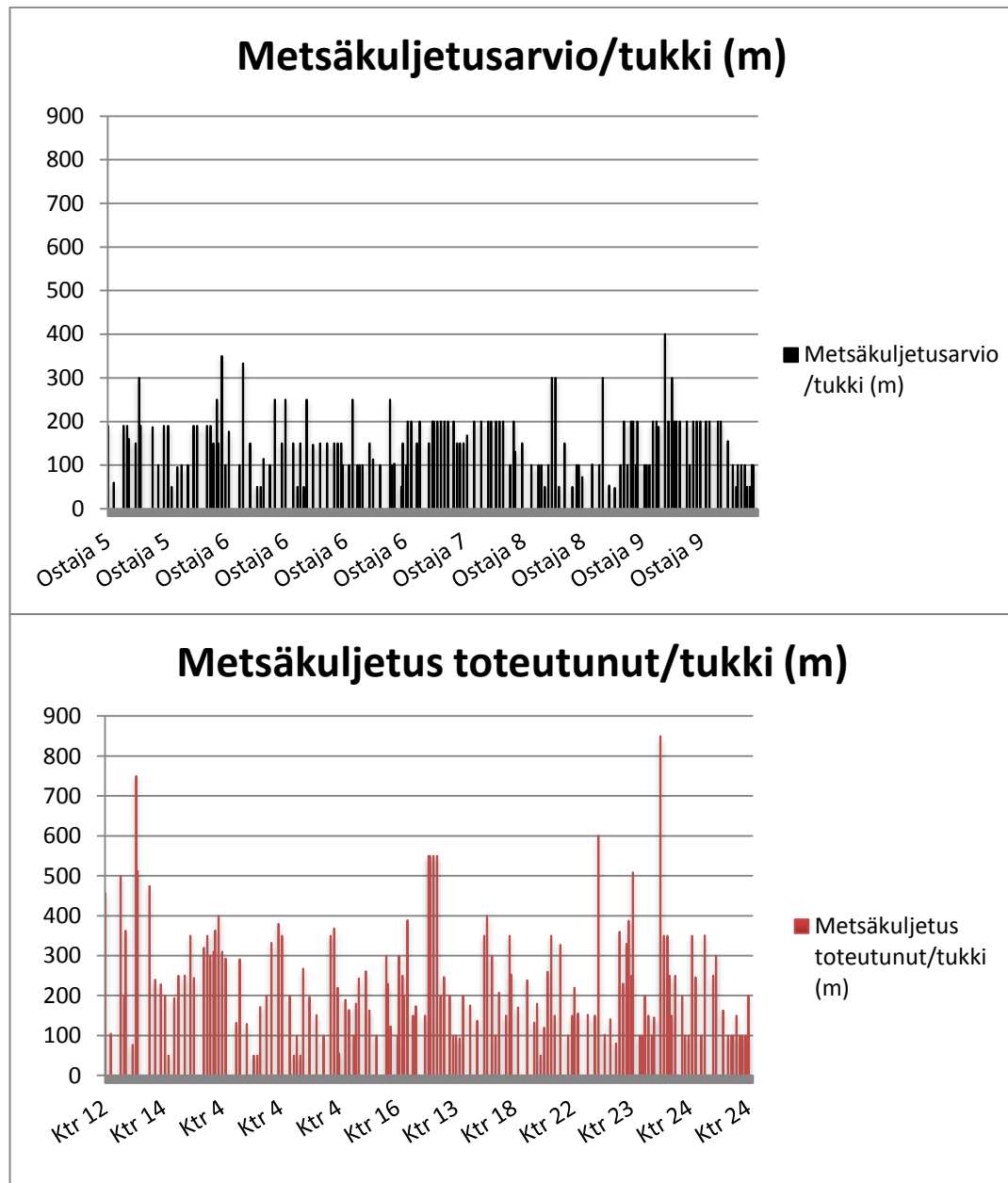
Tutkimusryhmästä 5–9 oli tehtävissä samankaltaisia huomioita kuin ensimmäisestä tutkimusryhmästä kuvion 8 perusteella eli metsäkuljetusmatka arvioitiin myös tässä tapauksessa pääosin toteutunutta lyhyemmäksi. Myös tällä ryhmällä voidaan sanoa matka-arvioiden heiton olevan 0–300 metriä. Muutama yksittäinen piste kuvastaa satunnaisia suurempia matka-arvioeroja. Hajontakuviot suoralle $y = x$ tai sen välittömään läheisyyteen on myös osunut pisteitä eli arvio ja toteutunut metsäkuljetusmatka on täsmännyt lähes täydellisesti keskenään.

Kuvioista 8 ja 9 huomataan lisäksi, että puunostajat arvioivat metsäkuljetusmatkat useimmiten 50 metrin välein aina 50 metristä 350 metriin.



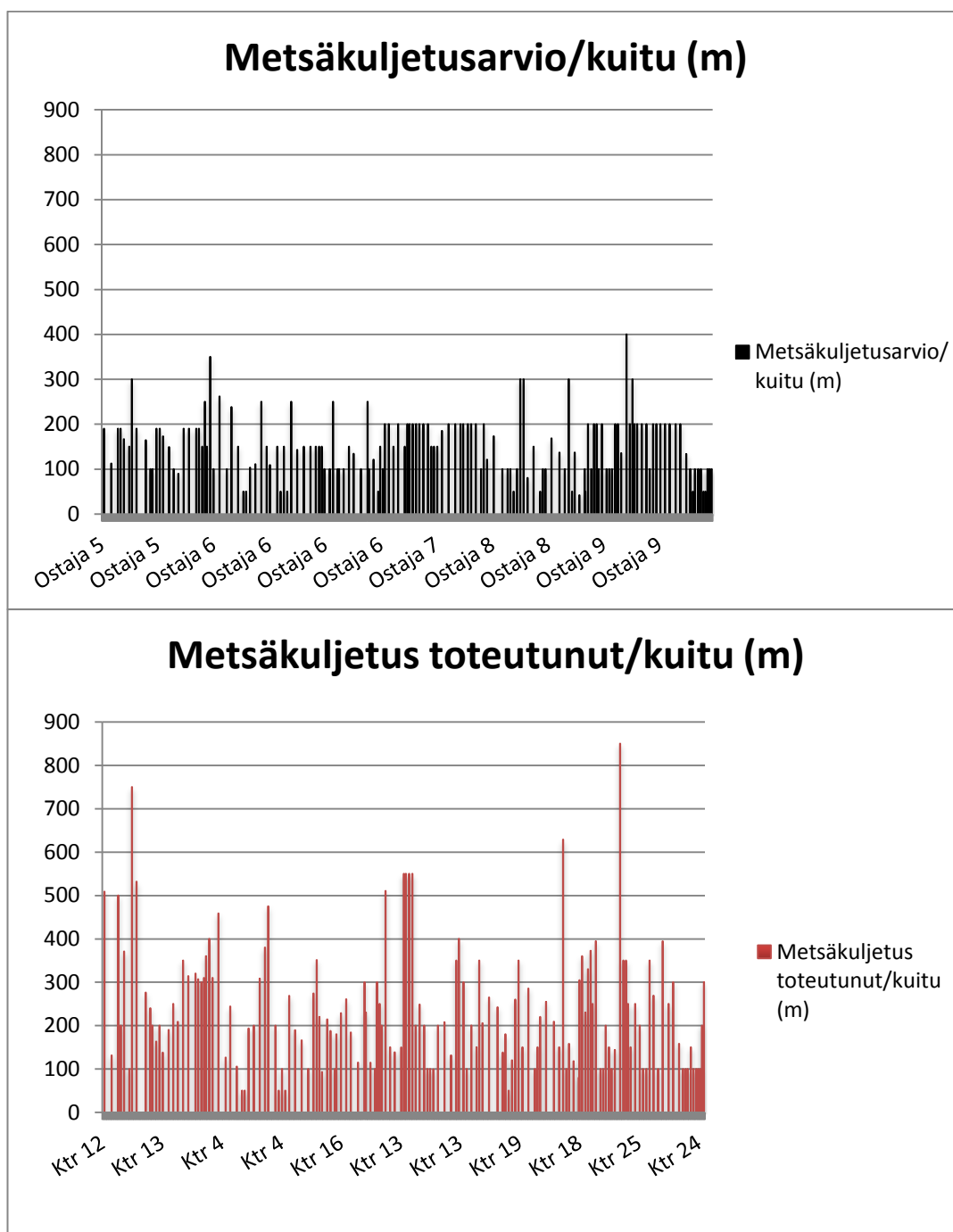
Kuvio 9. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan hajontakuvio/kuitupuu.

Kuitupuun metsäkuljetuksen osalta ei myöskään tässä ryhmässä ollut merkittäviä eroja suhteessa tukkipuuhun.

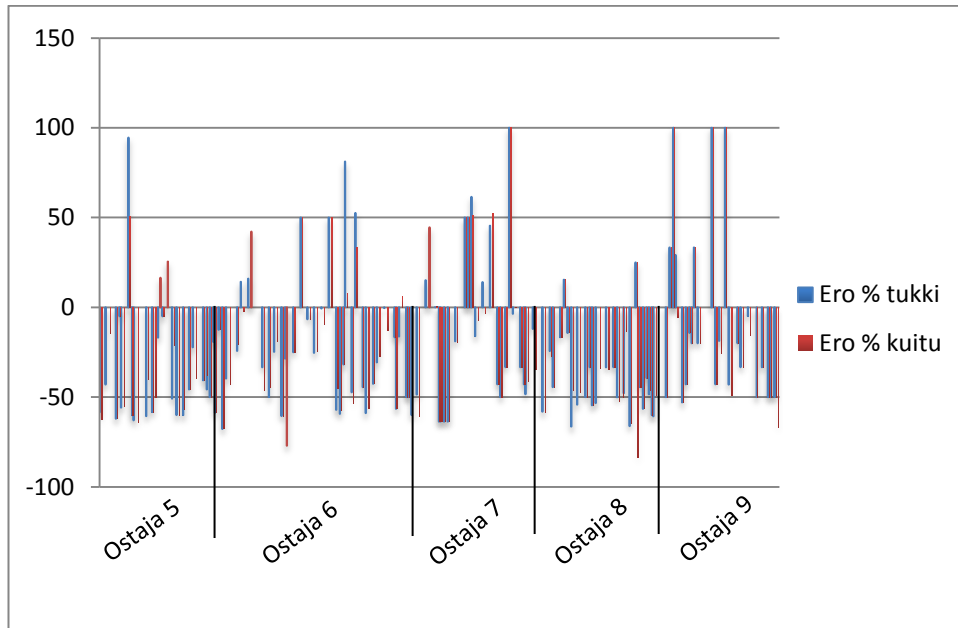


Kuvio 10. Arvioidut ja toteutuneet metsäkuljetusmatkat /tukki (m).

Kun verrataan toisen tutkimusryhmän hajontakuviota (kuviot 8 ja 9), sekä arvioidujen ja toteutuneiden metsäkuljetusmatkojen kuvioita 10 ja 11, voidaan tehdä päätelmä, etteivät puunostajat mielellään arvioi metsäkuljetusmatkaa yli 200 metrin pituiseksi. Tutkimusryhmässä ostajat 6, 7 ja 9 ovat arvioineet metsäkuljetusmatkan lähes joka kaupalla tasaisesti 150 ja 200 metriin. Tämä on havaittavissa diagrammissa pylväiden tasaisuutena. Toisaalta samat ostajat näyttävät arvioineen kuvion 12 perusteella metsäkuljetusmatkan myös yläkanttiin.



Kuvio 11. Arvioidut ja toteutuneet metsäkuljetusmatkat /kuitupuu (m).

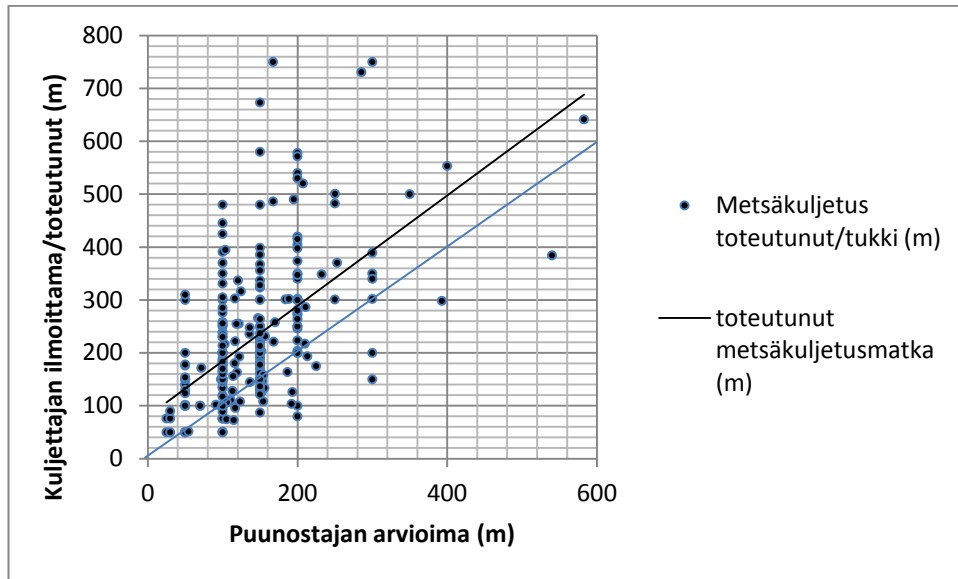


Kuvio 12. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan ero (%).

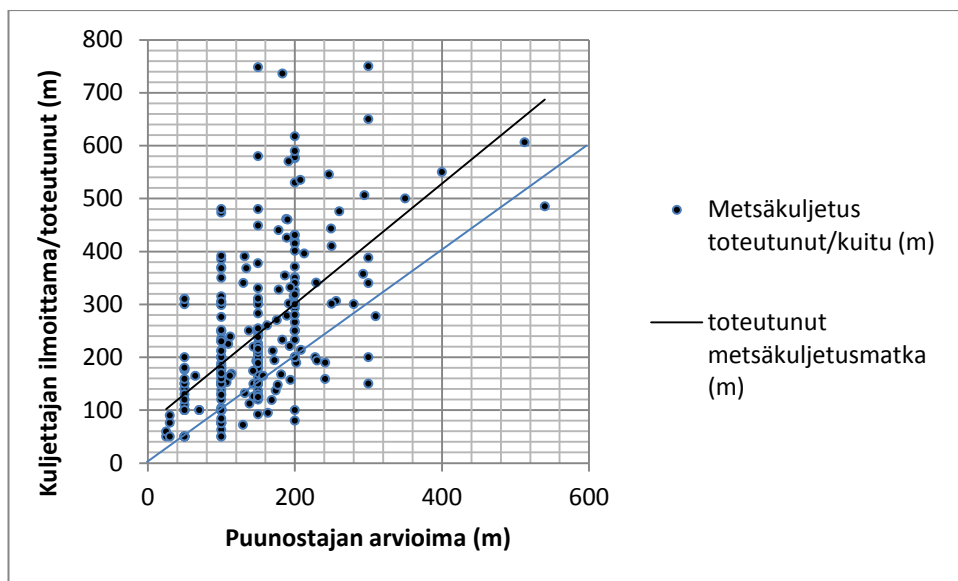
Kun tarkastellaan puukaupoittain arvioitujen ja toteutuneiden metsäkuljetusmatkojen eroja suhteellisesti tutkimusryhmän 5–9 kohdalla kuviosta 12 huomataan, että arviot ovat huomattavasti tasaisempia kuin ensimmäisellä ryhmällä. Jokaisella ostajalla arviot näyttävät olevan pääsääntöisesti [50 %] eli arvioiden heittoa on optimirajan eli nollan molemmiin puolin. Kuviosta 12 havaitaan myös se, että verrattuna ensimmäiseen tutkimusryhmään ostajilla 5–9 metsäkuljetusmatkan arvio täsmää toteutuneen leimikon ja tienvarsivaraston välisen matkan kanssa useammin kuin ostajilla 1–4.

7.3 Tutkimusryhmä 10–16

Kolmas tutkimusryhmä muodostui seitsemästä Itä-Suomen hankinta-alueen hankintatiimin oston hankintaesimiehestä. Heidän vuonna 2012 tekemillään pystykaupoilla metsäkuljetusta suoritti 19 työpistettä.

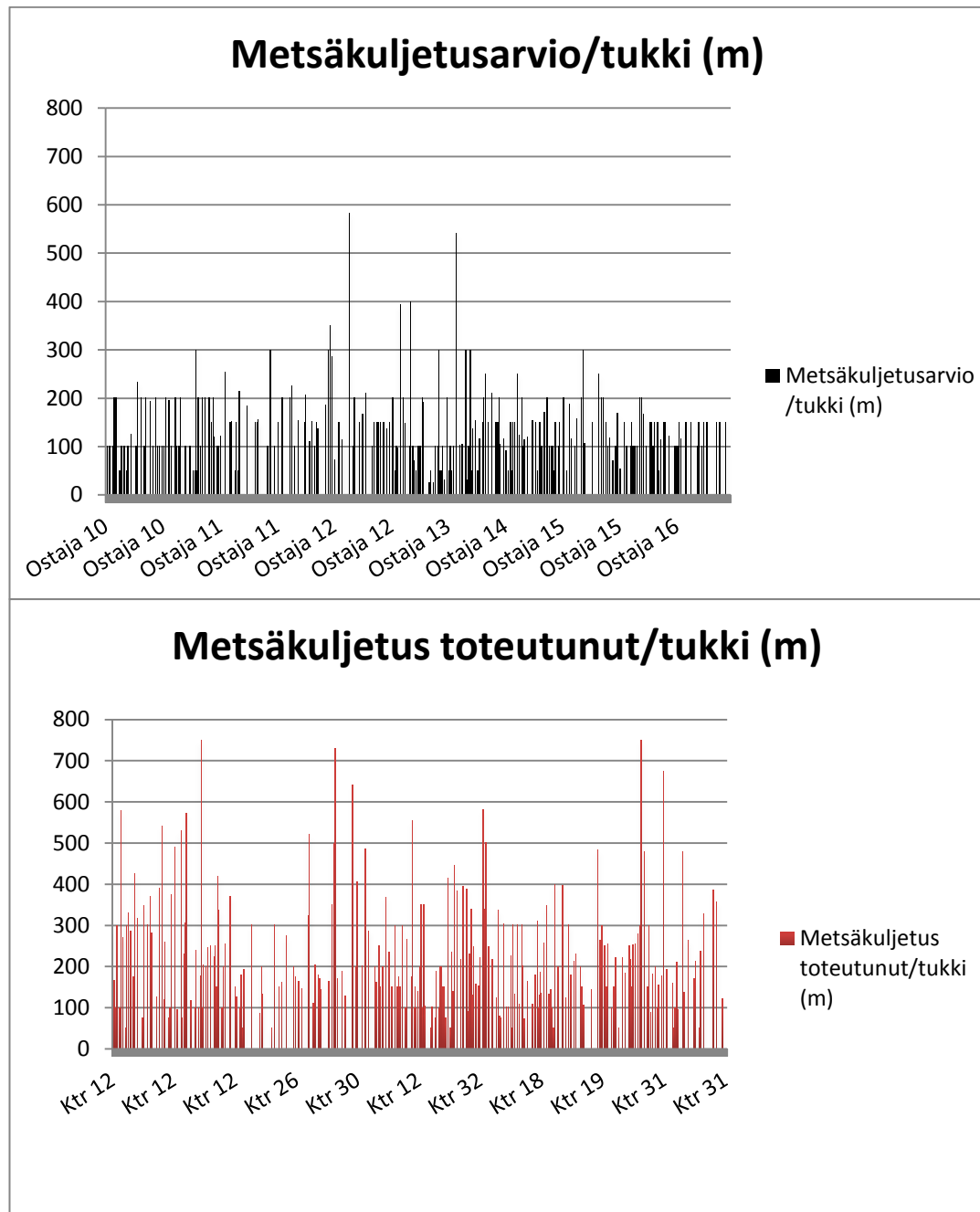


Kuvio 13. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan hajontakuvio/tukki.



Kuvio 14. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan hajontakuvio/kuitupuu.

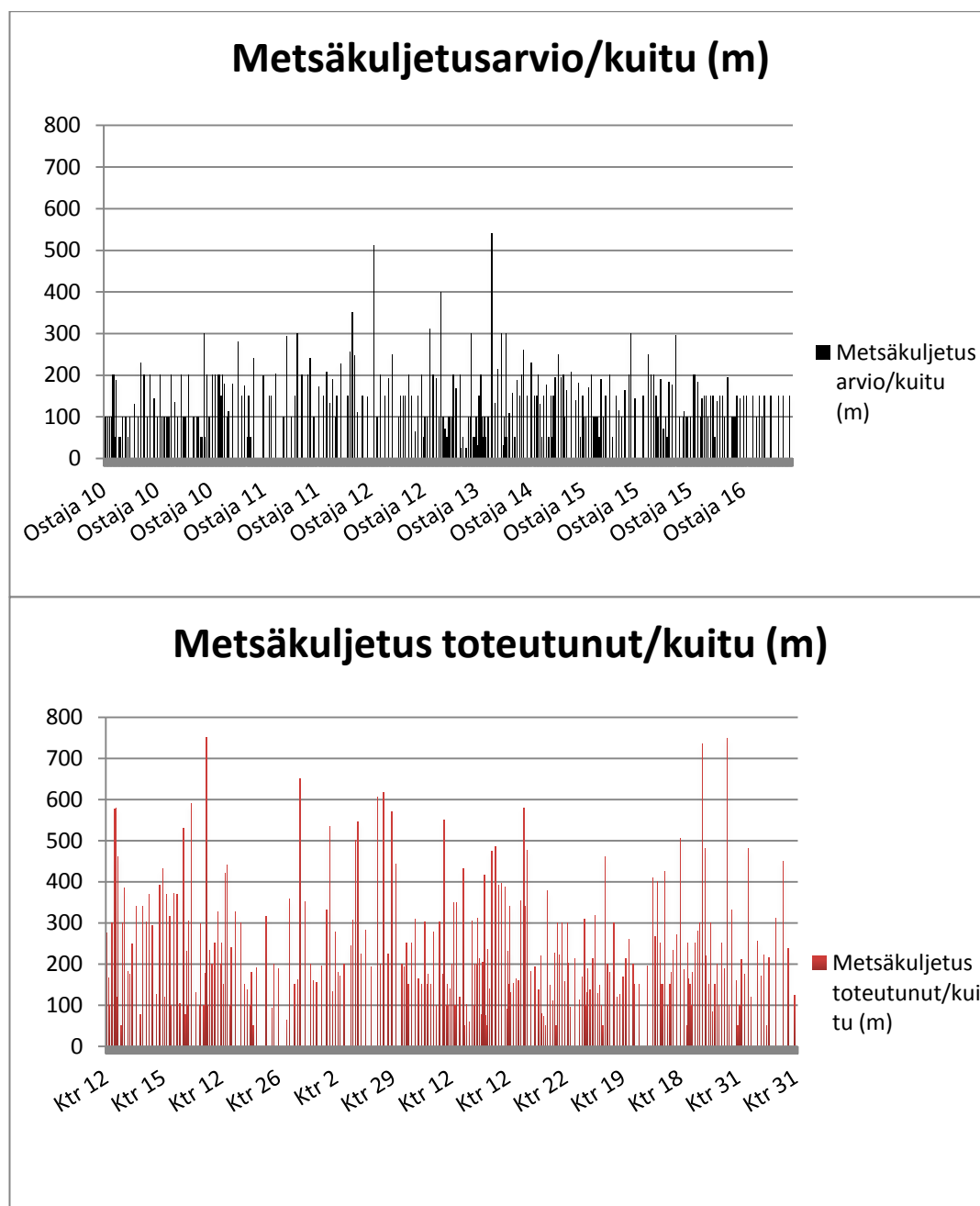
Kolmannen eli viimeisen tutkimusryhmän hajontakuvioita tutkimalla havaittiin, että puunostajat 10–16 jatkavat kahden aikaisemman tutkimusryhmän metsäkuljetusmatkojen arviointimallia. Metsäkuljetusmatka arvioitiin toteutunutta lyhyemmäksi enemmistössä puukaupoista. Ryhmän trendinä näytti olevan jälleen tasalukuarviointi, pääosin 50 metrin ja 200 metrin välillä.



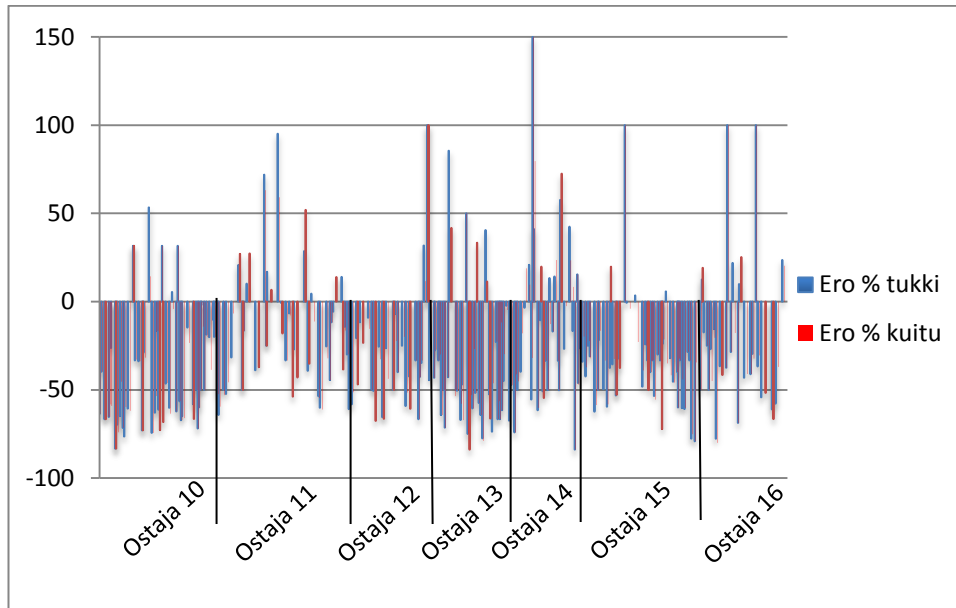
Kuvio 15. Arvioidut ja toteutuneet metsäkuljetusmatkat /tukki (m).

Kuviot 15 ja 16 tukevat hyvin kolmannen tutkimusryhmän hajontakuviota 13 ja 14. Harva puunostaja on arvioinut metsäkuljetusmatkaa yli 200 metrin, mutta toteutunut metsäkuljetusmatka nousee korkeammaksi. Pylväsdiagrammeista on huomattava, että ostajan 11 arvioimat metsäkuljetusmatkat ja työpisteiden ilmoittamat toteutuneet metsäkuljetusmatkat osuvat melko hyvin kohdalleen lähes joka kaupalla. Kolmannen tutkimusryhmän ostajalla 10 ja 13 tapana arvioi-

da tasalukuja 100 tai 200 metriä, ja ostajalla 16 trendinä on ollut arvioida metsäkuljetusmatka tasaisesti 150 metriin.



Kuvio 16. Arvioidut ja toteutuneet metsäkuljetusmatkat /kuitupuu (m).



Kuvio 17. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan ero (%).

Suhteellista eroa tarkastellessa voidaan tutkimusryhmästä 10–16 tehdä havainto, että usean ostajan arviointiero pysyy pääsääntöisesti alle 50 prosentin. Arviot menevät osittain sekä positiiviseen että negatiiviseen suuntaan suhteessa toteutuneeseen metsäkuljetusmatkaan, kuitenkin harvemmin positiiviseen suuntaan. Erityisesti ostaja 11 erottuu muista ostajista.

7.4 Korrelaatioanalyysi puunostajittain

Taulukkoon 2 on koottu ostajien 1–16 arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan korrelaatiokerroimet runkolajeittain. Taulukon loppuun on laskettu kaikkien ostajien yhteinen korrelaatiokerroin, joka on tukille $r = 0,527$ ja kuitupuulle $r = 0,557$. Korrelaatiokerroimien välinen ero on niin pieni, että myös tästä voidaan päätellä, ettei tukin ja kuitupuun kuljetusmatkalla ole eroa.

Aikaisemmin määriteltyjen rajojen mukaan tukin ja kuitupuun korrelaatiokerroin asettuu kohtalaisen korrelaation ($0,3 \leq |r| \leq 0,6$) alueelle. Koska kyseessä on kuitenkin kaikki vuonna 2012 yhden hankintatiimin alueella tehdyt pystykaupat, korrelaation soisi olevan suurempi. Edelleen taulukkoa 2 tarkastellessa huomataan, että ostaja 1 eroaa muista oston hankintaesimiehistä. Koska korrelaatiokerroin on herkkä poikkeaville havainnoille, on korrelaatiokerroin laskettu myös ilman kyseistä ostajaa. Tällöin sekä tukille että kuitupuulle saatiin korre-

laatiokertoimeksi $r = 0,596$, joka on lähes huomattavan korrelaation rajalla. Muistettava on, että korrelaatioalueet ovat sovittuja, joten on lukijasta kiinni minkä korrelaation katsoo olevan hyväksyttävä.

Taulukko 2. Arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan korrelaatiokerroin ostajittain.

Tilittäjä	r/Tukki	r/Kuitupuu
Ostaja 1	0,078	0,036
Ostaja 2	0,630	0,709
Ostaja 3	0,331	0,610
Ostaja 4	0,756	0,818
Ostaja 5	0,755	0,671
Ostaja 6	0,650	0,600
Ostaja 7	0,423	0,413
Ostaja 8	0,811	0,761
Ostaja 9	0,749	0,751
Ostaja 10	0,634	0,687
Ostaja 11	0,613	0,643
Ostaja 12	0,736	0,724
Ostaja 13	0,644	0,675
Ostaja 14	0,530	0,481
Ostaja 15	0,627	0,677
Ostaja 16	0,476	0,477
Ostajat 1-16	0,527	0,557

Yksittäisiä ostajia vertaillen valtaosa osuu huomattavan korrelaation alueelle. Kolme ostajaa (ja ostajan 3 korrelaatiokerroin tukille) ovat kohtalaisen korrelaatiokertoimen alueella ja yksi ostaja merkityksettömän, jolloin arvioidut ja toteutuneet metsäkuljetusmatkat eivät ole täsmänneet ollenkaan. Korrelaatioanalyysi ei kerro kuitenkaan koko totuutta, vaan korrelaatiokertoimen oikeellisuutta tulisi pohtia. Valitettavaa on, että heikoille alueille osuneet ostajat tiputtavat kokonaiskorrelaatiokerrointa.

Syitä sille, miksi ostajan 3 korrelaatiokertoimet tukille ja kuitupuulle eroavat niin paljon on vaikea selittää, sillä aikaisemmin on tehty havainto, että tukilla ja kui-

tupuulla ei ole eroa. Myös ostajilla 4 ja 8 tukin ja kuitupuun korrelaatiokertoimet asettuvat eri alueille, mutta ovat kuitenkin melko lähekkäin verrattuna ostajan 3 korrelaatiokerroineroon. Näin ollen ostajien 4 ja 8 voidaan katsoa onnistuneen korrelaatioanalyysin perusteella hyvin metsäkuljetusmatkan arvioinnissa. Näiden lisäksi ostajien (5, 9 ja 12), joiden korrelaatiokerroin on yli $r \geq 0,7$ voidaan katsoa onnistuneen muita paremmin metsäkuljetusmatkan arvioinnissa.

Korrelaatioanalyysin avulla haluttiin tutkia lisäksi onko vuodenajalla (kesä/talvi) merkitystä metsäkuljetusmatkan arvioinnissa. Kesäkuukausiksi katsottiin huhti–lokakuu ja talvikuukausiksi marras–maaliskuu.

Taulukko 3. Korrelaatiokerroin kesä/talvi runkolajeittain.

Vuodenaika	r/Tukki	r/Kuitupuu
Kesä	0,585	0,575
Talvi	0,550	0,557

Taulukosta 3 huomataan, että molemmille runkolajeille kesäaikaan tapahtuvalle korjuulle korrelaatiokerroin on hieman suurempi kuin talvikorjuulle. Erot ovat kuitenkin niin pienet, ettei talven ja kesän välillä metsäkuljetusmatkan arvioinnissa voida katsoa olevan eroa. Kyseiset korrelaatiokertoimet asettuvat lisäksi ostajien 1–16 mukaan laskettujen kokonaiskorrelaatiokertoimien kanssa samaan mittaluokkaan.

7.5 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen perusteella saatiin selville, että Stora Enson Itä-Suomen hankinta-alueen erään hankintatiimin oston hankintaesimiehet arvioivat vuonna 2012 tehdyissä pystykaupoissa metsäkuljetusmatkan pääosin alle työpisteen mittalisella ilmoittaman todellisen metsäkuljetusmatkan. Joukossa oli myös puukauppoja, joilla sekä arvioitu että ilmoitettu metsäkuljetusmatka täsmäävät täysin, tai lähes täysin keskenään. Tällaisia tuloksia pitäisi kuitenkin olla enemmän. Tutkimusjoukosta erottui muutama puunostaja, jotka selvästi ilmoittivat muita useammin metsäkuljetusmatkan arvionsa, tai mittausten perusteella lähelle todellista metsäkuljetusmatkaa. Muutamalla puukaupalla arvioidun ja toteutuneen met-

säkuljetusmatkan välillä oli huomattavakin ero eli useita satoja metrejä. Tällaisissa tilanteissa yksittäistä kauppaa pitäisi pystyä tutkimaan tarkemmin, jotta selviäisi syy sille miksi eroa on muodostunut. Nyt voidaan vain pohtia johtuiko suuri matkaero arvioidun ja toteutuneen välillä esimerkiksi vaikeasta maastonkohdasta. Myös varastopaikan muutos voi lisätä metsäkuljetusmatkaa. Puunostaja voi olla myös arvioinut metsäkuljetusmatkan tarkoituksella väärin parantaakseen kantohintaa puukaupparjouksessa. Yksi muutaman sadan metrin ero yksittäisessä pystykaupassa arvioidun ja toteutuneen metsäkuljetusmatkan välillä ei ole vielä kriittinen. Mutta kun pystykauppoja tehdään useita tuhansia vuodessa, vaikuttaa se jo huomattavasti metsäkuljetuskustannuksiin puunhankintaorganisaation osalta.

Tutkimus ei kerro aivan luotettavasti kuitenkaan sitä, onko jollain hankintaesimiehellä tapana ilmoittaa metsäkuljetusmatka alakanttiin. Puunostaja on voinut esimerkiksi vaihtua jollain alueella kesken vuoden. Näin ollen hän ei ole tehnyt puukauppoja, jotka kuitenkin esiintyvät hänen nykyisten kauppojen alla yrityksen tietojärjestelmässä. Siksi pelkkä numeerisen aineiston pohjalta tehty tutkimus ilman tarkempia taustatietoja ei anna täysin kattavaa kuvaa.

Metsäkuljetusmatkan arvioinnissa oli myös havaittavaa, että matka ilmoitettiin usein tasan sataluvuin. Tämä voi kertoa, ettei metsäkuljetusmatkaa ole esimerkiksi mitattu karttaohjelmalta riittävän tarkasti. Välimatkalla voitiin myös haluta taas vaikuttaa metsänomistajalle tarjottavaan kantohintaan. Toteutunut metsäkuljetusmatka ilmoitettiin työpisteen toimesta pääsääntöisesti mittalistalla kymmenen metrin tarkkuudella.

Tutkimus perustui ainoastaan Stora Enson tietojärjestelmästä kerättyyn numeeriseen dataan. Näin ollen työssä ei pystytty tuomaan tutkimuksellisesti esille sitä, miten puunostajat todellisuudessa arvioivat metsäkuljetusmatkan puukaupan yhteydessä. Aineiston pohjalta ei voitu myöskään todistaa, miten puunkorjuuyrittäjä määrittää toteutuneen metsäkuljetusmatkan mittalistalle. Listan perusteella yrittäjälle maksetaan korjuutili. Näin ollen syitä tutkimuksen tuloksiin jouduttiin pohtimaan opitun ja harjoitteluissa tehtyjen havaintojen perusteella. Mikäli työhön olisi ollut käytettävissä enemmän aikaa, haastattelu- tai kenttätut-

kimuksen avulla olisi voitu selvittää arvioinnin taustoja ja mahdollisia syitä arvioinnin epäonnistumiselle.

8 Pohdinta

Tutkimuksessa saatiin esille eroja oston hankintaesimiesten ja puunkorjuuyrittäjien välille. Myös yksittäisiä puunostajia havaittiin, joilla metsäkuljetusmatkojen arvioinnissa paljon on epätarkkuutta. Siltä osin työ onnistui siis hyvin. Varsinaisia metsäkuljetuksen arvioinnin ongelmakohtia tutkimus ei kuitenkaan paljastanut pelkän numeerisen tutkimusaineiston perusteella. Kuormatraktoriyrittäjien ilmoittamia, toteutuneita metsäkuljetusmatkoja on hankala epäillä ilman maastotai karttatutkimusta. Aineiston perusteella metsäkuljetusmatka on ilmoitettu yleensä tarkemmin, kuin puunostajan ilmoittama matka.

Osan tutkimuksessa esitettyjen kuvioden ulkoasu ja luettavuus olisivat voineet olla selkeämpiä, koska suuren numeerisen aineiston pohjalta ei saatu muodostettua riittävän tarkkoja diagrammeja. Kaikki tehdyt puukaupat tuli kuitenkin saada vertailuun mukaan, sillä metsäkuljetusmatkat ovat puukaupakohtaisia. Kuvioden keskinäistä vertailua pyrittiin parantamaan sijoittamalla ne päällekkäin, jolloin ostajat ja työpisteet osuivat kohdakkain.

Metsäkuljetusmatkojen analysoinnista ja mittauksesta on saatavilla hyvin vähän aikaisempia tutkimuksia. Myös lähdeaineiston laajuus on melko suppea. Stora Enso Metsällä on valmistumassa vastaava tutkimus opinnäytetyönä metsäkuljetusmatkojen arvioinnin eroista Länsi-Suomen hankinta-alueella. Näin ollen vertailuaineistoa ei opinnäytetyön tekohetkellä vielä ollut saatavilla edellä mainitusta, tai aikaisemmista tutkimuksista. Tämä opinnäytetyö voikin tarjota taustaineistoa metsäkuljetusmatkan arvioinnin jatkotutkimuksille

Opinnäytetyön toimeksiantaja eli Stora Enso Metsä voi käyttää tätä tutkimusta, sekä tutkimuksesta saatuja tuloksia, metsäkuljetusmatkojen arvioinnin tarkkuuden kehittämiseen oston hankintaesimiesten osalta. Kehittämistä voi olla esimerkiksi metsäkuljetusmatkan määrittämisen yhtenäistämässä.

Lähteet

- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Metsätehon tiedotus 410.
- Metsäntutkimuslaitos 1999. Optimaalinen tietiheys yksityismetsätalouden kannalta. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff99/ff992167.pdf> 12.4.2013.
- Metsäntutkimuslaitos 2000. Tietiheys metsätalouden maalla. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff00/ff001019.pdf> 12.4.2013.
- Metsäntutkimuslaitos 2012. Metsätilastotiedote 22/2012. <http://www.metla.fi/tiedotteet/metsatilastotiedotteet/2012/hakpoi11.htm> 11.4.2013.
- Metsäteho Oy, 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus -opas. http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Opas/Korjuun_suunnittelu_ja_toteutus_ver02.pdf 9.4.2013.
- Metsäteho Oy, 2010. Korjuun suunnittelu -opas. http://www.metsateho.fi/files/metsateho/korjuun_suunnittelu/start.html 14.4.2013.
- Metsäteho Oy, 2013a. Metsätehon katsaus nro. 49. http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Katsaus/Katsaus_049_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2012_ms.pdf 11.4.2013.
- Metsäteho Oy, 2013b. Koneellinen puunkorjuu -opas. http://www.metsateho.fi/puuhuolto-opas/koneellinen_puunkorjuu/lahikuljetus 15.4.2013.
- Metsäteollisuus Ry, 2013. Miten teen puukaupan?. <http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/puukaupanteko/Sivut/default.aspx> 16.4.2013.
- Ovaskainen, H. 2008. Tietiheys ja metsätien rakentamisen kannattavuus. Powerpoint-esitys.
- Sirén, M. 2005. Tuottava metsänkasvatus. Teoksessa Hynynen, J., Valkonen, S. & Rantala, S. (toim.) Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.

Stora Enso, 2012. Stora Enson toiminta. <http://www.storaenso.com/wood-forest/stora-enso-metsa/stora-enso-metsan-toiminta/Pages/toiminta.aspx> 26.4.2013.

Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Helsinki: Metsälehti Kustannus..

Valtanen, E. 2007. Matematiikan ja fysiikan käsikirja. Jyväskylä: Genesis-kirjat Oy.

