



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JUHO VILJAMAA
PUUTAVARATIETOJÄRJESTELMIEN TOIMINTA JOHN DEEREN
METSÄKONEISSA

Kandidaatintyö

Tarkastaja: Tohtorikoulutettava Olli Usenius

TIIVISTELMÄ

JUHO VILJAMAA: Puutavaratietojärjestelmien toiminta John Deeren metsäkoneissa

Tampereen teknillinen yliopisto

Kandidaatintyö, 22 sivua

Toukokuu 2018

Tekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Kone- ja tuotantotekniikka

Työn tarkastaja: Tohtorikoulutettava Olli Usenius

Avainsanat: John Deere, puutavara, mittaustekniikka, tietojärjestelmä, tiedonsiirto

Tässä kandidaatintyössä selvitetään puutavaratietojärjestelmien toimintaa John Deeren metsäkoneissa. Työn tarkoituksena on selvittää, miten metsäkoneet keräävät mittaustietoa käsiteltävästä puutavarasta ja miten puutavaratietoja käsitellään John Deerellä. Lisäksi työssä selvitetään metsäkoneiden keskinäistä, sekä metsäkoneiden ja metsäyhtiöiden välistä tiedonsiirtoa puutavaratiedon osalta. Työn lopussa esitetään muutamia mielenkiintoisia tulevaisuuden visioita metsäkoneiden kehitykseen liittyen.

Työn aineistoina käytettiin John Deeren omia internet-sivuja, tieteellisiä julkaisuja ja artikkeleita, kirjallisuutta ja John Deeren simulaattorista saatua kokemusta. Työ on tyypiltään kirjallisuusselvitys aiheesta. Erillään olevista tiedoista on koottu yhtenäinen kokonaisuus John Deeren puutavaratietojärjestelmien toiminnasta ja visioituista kehitysideoista.

Työssä saatiin selville, että metsäkoneet mittaavat käsiteltävää puuta jatkuvasti sahaus- ja karsinnan ja katkonnan aikana. Puutavaratietoihin tallennetaan puiden pituudet, paksuudet ja tilavuudet. Mittaustarkkuus on lailla säädettyä, sillä metsäkoneen tuotantotietoja voidaan käyttää laskutuksessa. Metsäkoneiden mittaustarkkuus ei ole parantunut merkittävästi 20 vuoden aikana.

John Deeren käyttämät puutavaraa käsittelevät tietojärjestelmät voidaan jakaa kolmeen järjestelmään. Metsäkoneen ohjauksjärjestelmä on TimberMatic ja metsäkoneiden hallintajärjestelmiä ovat TimberOffice ja JDLink. TimberMatic on metsäkoneessa oleva ohjauksjärjestelmä, jolla ohjataan ja säädetään metsäkoneita. TimberOffice ja JDLink ovat konekannan hallintaan ja seurantaan tarkoitettuja järjestelmiä. TimberOffice on toimiston tietokoneelle asennettava ohjelma. JDLink on web-pohjainen järjestelmä. Hakkuukone ja kuormatraktori siirtävät tietoa TimberMatic:n kautta. Metsäyhtiö on yhteydessä leimikoiden työ- ja korjuuohjeiden osalta hakkuukoneeseen ja kuormatraktoriin pilvipalvelimen kautta. Metsäkoneet lähettävät saman pilvipalvelun kautta tietoa projektin etenemisestä metsäyhtiölle.

Yhtenä isona haasteena tulevaisuuden visioissa esiintyi monta kertaa metsäkoneiden huono paikannustarkkuus metsän keskellä. Se hidastaa muun muassa autonomisten järjestelmien kehittämistä ja testausta. Useamman satelliittipaikannusjärjestelmän, kosenäön ja inertiamittalaitteiden tietojen yhdistämisellä ollaan kuitenkin päästy jo parempiin tuloksiin paikannustarkkuudessa.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	PUUTAVARAN MITTAUSTEKNIikka JOHN DEEREN METSÄKONEISSA	2
2.1	Puutavaran mittaus metsäkoneissa	2
2.2	Mittaustekniikan tarkkuus	4
3.	JOHN DEEREN PUUTAVARATIETOJÄRJESTELMÄT	7
3.1	John Deeren tietojärjestelmät	7
3.1.1	TimberMatic.....	7
3.1.2	TimberOffice™ 5.....	8
3.1.3	JDLink™	10
3.2	Tiedonsiirtostandardi ja metsäkoneiden välinen kommunikointi	11
3.3	Kommunikointi metsäkoneiden ja metsäyhtiön välillä kokonaiskuvassa....	13
4.	METSÄKONEIDEN TIETOJÄRJESTELMIEN TULEVAISUUDEN VISIOITA	15
4.1	Yksittäisen puun paikkatiedon tarkentaminen	15
4.2	Autonomisien metsäkoneiden kehityksen alkuvaiheet	16
4.3	Forest Big Data	16
5.	YHTEENVETO	18
	LÄHTEET.....	20

LYHENTEET JA MERKINNÄT

alikasvos: pääpuuston alla kasvava luonnostaan syntynyt nuorempi ja lyhyempi puusto

apteeraus: puun rungon katkonta tietyn mittaisiksi pölkyiksi

avainbiotooppi: luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokas alue

CAN-väylä: digitaalinen tiedonsiirtoväylä, jonka kautta voidaan siirtää rinnakkaista tietoa monille eri komponenteille samoissa johdoissa

GPS: yhdysvaltalainen satelliittipaikannusjärjestelmä (global positioning system)

GALILEO: eurooppalainen satelliittipaikannusjärjestelmä

GLONASS: venäläinen satelliittipaikannusjärjestelmä

pölky: apteerausohjeiden mukaisesti mitataan katkaistu puunrungon osa

1. JOHDANTO

Metsäteollisuus on jo pitkään ollut iso osa Suomen teollisuutta. Siihen on vaikuttanut Suomen suuri metsäpinta-ala sekä suomalaisten taito hoitaa ja hyödyntää metsiä. Koska metsäteollisuus on niin iso osa Suomen teollisuutta, tarvitaan Suomessa myös koneita metsien hoitoon. Koska osaaminen ja koneiden vaatimusten ymmärtäminen löytyvät läheltä, on Suomessa aloitettu valmistamaan metsäkoneita. Tällä hetkellä Suomessa valmistetaan kolmea maailman suurinta metsäkonemerkkiä, John Deereä, Ponssea ja Komatsuja, sekä muita pienempiä merkkejä.

Nykyajan trendinä kaikkien työkoneiden ja yleensäkin ajoneuvojen parissa on tietotekniikan lisääminen ja automatisoiminen. Metsäkoneissa tietotekniikkaa on hyödynnetty jo monta kymmentä vuotta. Tässä työssä selvitetään John Deeren metsäkoneiden tietojärjestelmien toimintaa puutavaratiedon osalta. Työn tarkoituksena on kerätä John Deeren metsäkoneiden puutavaratietojärjestelmistä saatava julkinen tieto yhteen dokumenttiin, sillä tällä hetkellä tietoa ei ole kerätty yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Dokumentin avulla voidaan tutustua John Deeren puutavaratietojärjestelmien toimintaan. Lisäksi työ antaa riittävän määrän taustatietoa metsäkoneiden mittaustekniikasta ja sen tarkkuudesta sekä tällä hetkellä olevista tulevaisuuden visioista metsäkoneiden kehittämisessä. Työn lähteinä käytetään John Deeren omia internet-sivuja, tieteellisiä julkaisuja ja artikkeleita sekä kirjallisuutta metsäkoneisiin liittyen sekä John Deeren simulaattorista saatavaa henkilökohtaista kokemusta.

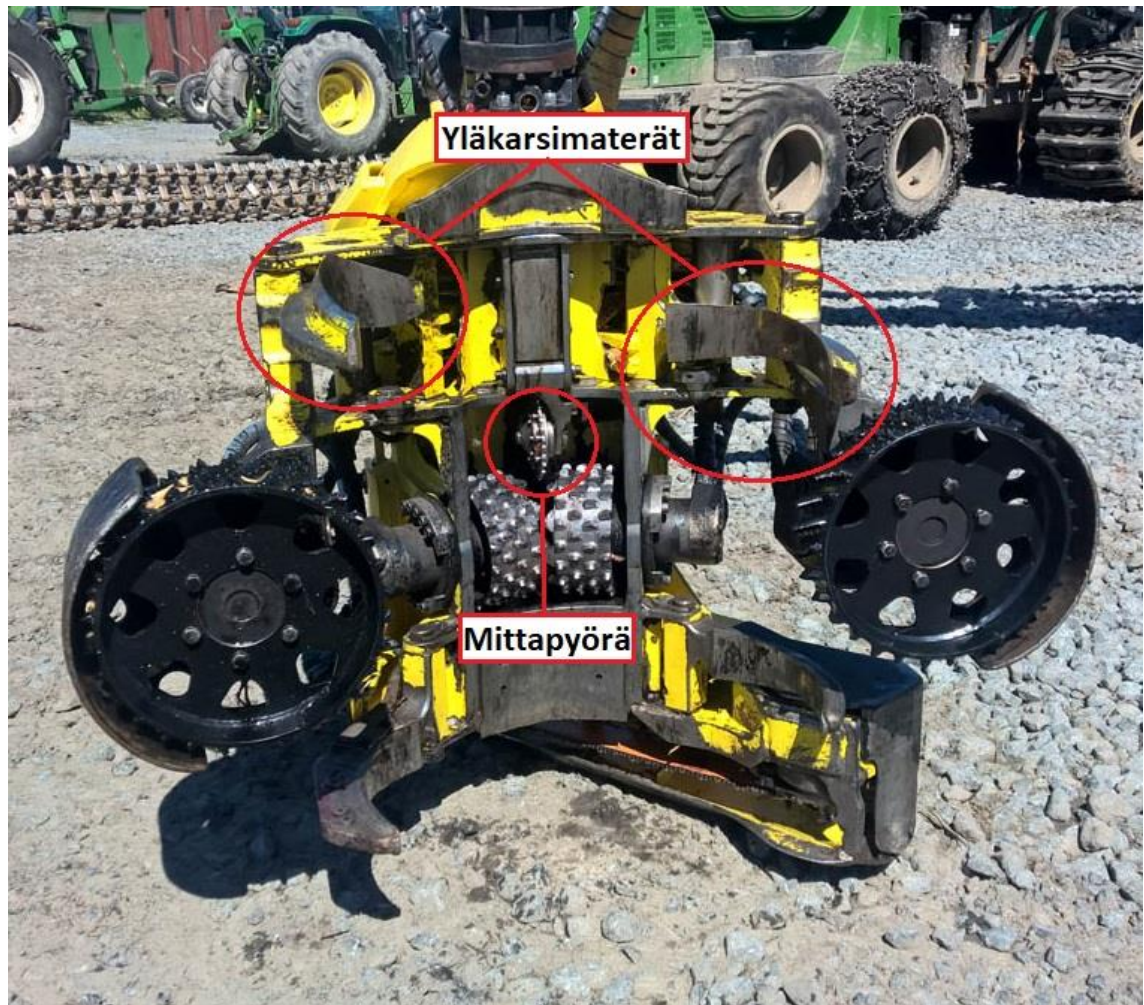
Työn tavoitteena on saada selville, miten kerättyä puutavaratietoa hyödynnetään metsäkoneiden välillä sekä metsäkoneiden ja metsäyhtiöiden välillä. Työn alussa käydään läpi, miten John Deeren metsäkoneissa kerätään mittatietoa käsiteltävistä puista. Tarkemmin selvitetään, millaista sensoritekniikkaa metsäkoneista löytyy ja miten ne toimivat sekä kuinka tarkkoja mittauksia mittalaitteilla saadaan. Tiedonkeräysmenetelmien selvittämisen jälkeen keskitytään tiedonhyödyntämiseen ja siinä käytettäviin järjestelmiin sekä ohjelmiin. Samalla käydään läpi metsäkoneiden välistä sekä metsäkoneiden ja metsäyhtiöiden välistä viestintää puutavaratiedon suhteen. Työn lopussa selvitetään metsäkoneiden puutavaratiedon tulevaisuuden visioita sekä visioiden uusia vaatimuksia nykyisille tietojärjestelmille.

2. PUUTAVARAN MITTAUSTEKNIikka JOHN DEEREN METSÄKONEISSA

Nykyaikaisissa metsäkoneissa on erittäin paljon erilaisia tietokonejärjestelmiä, jotka auttavat kuljettajaa työskentelemään tehokkaammin ja taloudellisemmin. Metsäkoneista löytyy katkaisuautomaatiikkaa, automaattisia toimintoja hakkuun eri kohdissa ja paljon näytöissä näkyvää hyödyllistä tietoa. Jotta käsiteltävästä puusta saadaan suurin mahdollinen hyöty irti, metsäkoneen tietokone auttaa valitsemaan sopivan katkaisukohdan puunrungosta. Tietokone perustaa päätöksensä aiempiin saman puulajin katkaisutietoihin ja koneelle määrättyihin apteeraustietoihin. (John Deeren simulaattori 2018) Seuraavaksi selvitetään, mitä ja miten metsäkone mittaa käsiteltävästä puusta sekä miten tarkkoja mittauksia nykyaikaisilla tekniikoilla saadaan.

2.1 Puutavaran mittaus metsäkoneissa

Puutavara mitataan metsäkoneissa puomissa ja kourassa olevien antureiden avulla. Hakkuukoneessa antureita on enemmän kuin ajokoneessa. Hakkuukoneen koura eli harvesteripää mittaa jatkuvasti käsiteltävän puun paksuutta ja pituutta edellisestä sahauskohdasta harvesteripään sahanterään. Hakkuukone laskee myös puun tilavuuden sahauskohtien välille. Puun paksuus mitataan harvesteripäässä olevien yläkarsimaterien asentojen perusteella. Asentotunnistimet ovat kulmapotentiometrejä. Ne tuottavat analogista asentotietoa harvesteripään mittalaitteelle, joka muuttaa sen digitaalseksi ja lähettää sen CAN-väylää pitkin metsäkoneen tietokoneelle, joka laskee puun halkaisijan. Puun halkaisija eli läpimitta lasketaan kolmen mittapisteen avulla. Tietokone näyttää läpimitan lukuarvona kuljettajalle näytöllä. Kaksi liikkuvaa yläkarsimaterää antavat mittapisteen puun ulkokuorelta, ja kouran sisäpinta tuottaa mittauksen kolmannen pisteen. Puun pituus mitataan harvesteripään sisäreunalla olevaan mittapyörään kiinnitetyllä pulssianturilla. Mittapyörä on teräväpiikkinen ratas, joka rullaa puun karsittua pintaa pitkin ja tuottaa pyöriessään pulssianturille pulsseja. Pulssianturi lähettää pulssitiedot mittalaitteen kautta metsäkoneen tietokoneelle, joka laskee puulle pituuden ja näyttää pituuden näytön kautta kuljettajalle lukuarvona. Puun läpimitta mitataan noin 1 mm:n tarkkuudella ja pituus noin 1 cm:n tarkkuudella. Mittaustuloksia voidaan vielä kalibroida erilaisilla kalibrointi-arvoilla ennen kuin ne näkyvät kuljettajan näytössä, jolloin mahdolliset mittausvirheet saadaan pienennettyä. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008, s. 386; Sipi 2009, s. 65, 112–115) Kuvassa 1 ovat merkittynä John Deere H480C -mallisen harvesteripään yläkarsimaterät sekä mittapyörä.



Kuva 1. Puun mittaukseen liittyvät John Deeren H480C -harvesteripään yläkarsimaterät ja mittapyörä. Kuva perustuu lähteeseen (John Deere H480C 2018).

Hakkuukone mittaa puun tilavuuden läpimitta-arvojen perusteella 1–10 cm:n osissa puun karsinta- ja katkontavaiheessa. Kaatosahauksessa puun tyven tilavuus 0,0–1,3 m:n matkalta kaatosahauksesta lasketaan erillisen tyvifunktion avulla, sillä harvesteripään läpimitta-anturit sijaitsevat tavallisesti 0,3–1,5 m:n etäisyydellä sahauskohdasta. Pölkyn lopullinen kiintotilavuus koostuu useista pienistä ympyrälieriömäisistä tai leikatuista kartiomaisista rungon osista. Kuljettajan vastuulle jää oikean puulajin valitseminen kaatosahauksen jälkeen. Puulajin valitsemisen jälkeen tietokonejärjestelmä osaa käyttää oikeita arvoja tyvifunktiossa sekä sahatut pölkkyt kirjautuvat oikein puutavaratietojärjestelmään. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008, s. 386–287; Sipi 2009, s. 115–118; Asetus puutavaran mittauksesta (12/2013))

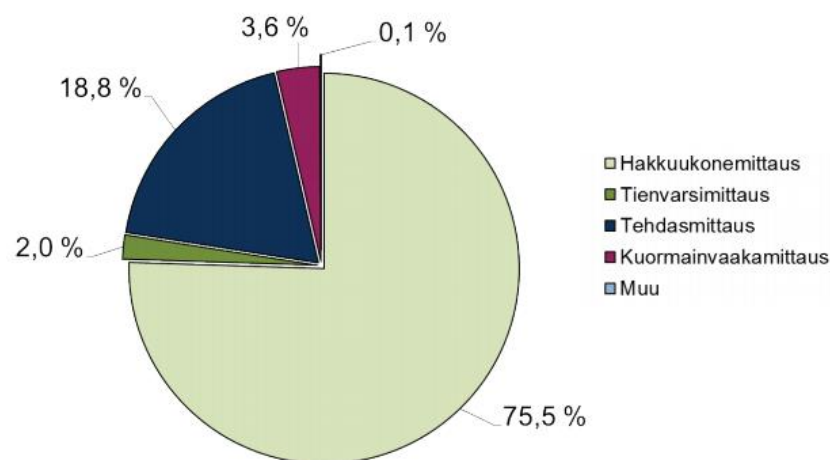
Ajokoneessa mitataan kuormattavien pölkkyjen massaa ja tilavuutta. Pölkkyjen massaa mitataan ajokoneesta löytyvän kuormainvaan avulla. Kuormainvaakoja on kahdella eri mittauserialla, venymäliuskamittauksella ja hydraulisen paineen mittauksella. Kuormainvaaka mittaa kourassa olevaa massaa mitta-anturin avulla. Kuormaan lisättyjen ja kuormasta poistettujen pölkkyjen massat rekisteröityvät automaattisesti metsäkoneen

tietokoneohjelmaan hetkellä, jolloin puomin liike on vaakasuuntaista. Joillakin kuormainvaakamalleilla kuljettaja joutuu itse painamaan massan rekisteröintinappia. Metsäkoneen tietokoneohjelman kautta kuljettaja näkee kuorman kokonaismassan sekä kourassa olevan massan reaaliaikaisesti. Tietokoneohjelma voi laskea kuorman tilavuuden kuorman massan ja puulajin muuntokertoimen avulla. Ohjelma valitsee muuntokertoimen oikean puulajin mukaan, kun kuljettaja on ilmoittanut ohjelmalle napilla, minkä puulajin pölkkyjä kourassa sillä hetkellä on. (Melkas 2010; Viljamaa 2018)

2.2 Mittaustekniikan tarkkuus

Mittaustarkkuudella on suuri merkitys nykyään. Voimassa olevan puutavaran mittauslain (414/2013) mukaan hakkuukone- ja kuormainvaakamittauksiin perustuvat laskutukset ovat sallittuja (Asetus puutavaran mittauksesta (12/2013)). Metsäkoneiden mittalaitteiden parantuessa menetelmää on myös aloitettu käyttämään hyvin laajasti (Melkas 2015). Kuvasta 2 nähdään vuoden 2014 markkinahakkuiden luovutusmittausmenetelmien osuudet.

Luovutusmittausmenetelmien osuudet markkinahakkuissa 2014 (kaikki omistajaryhmät, n. 44,9 milj. m³)



Kuva 2 Luovutusmittausmenetelmät markkinahakkuissa 2014 (Melkas 2015)

Kuvan 2 mukaan vuonna 2014 luovutusmittauksista suoritettiin 79,1 % hakkuukone- ja kuormainvaakamittauksina. Metsäkonemittausmenetelmien osuus on hyvin merkittävä, joten mittaustarkkuus on tärkeä tekijä taloudellisesti. Täytyy kuitenkin huomioida, ettei kuormainvaakamittaus tarkoita vain ajokoneella suoritettuja kuormainvaakamittauksia, vaan mittausmenetelmään kuuluvat myös tukkirekkojen tekemät kuormainvaakamittaukset.

Puutavaran mittauslakiin on kirjattu vaaditut mittaustarkkuudet sekä hakkuukonemittaukselle että kuormainvaakamittaukselle. Hakkuukonemittauksessa tilavuuden suurin sallittu

poikkeama on 4 %, kun mittauserän tilavuus on vähintään kymmenen kuutiometriä. Kuormainvaakamittauksessa poikkeama muuttuu mittauserän suuruuden mukaan. Mittauserän kasvaessa suurin sallittu poikkeama pienenee. (Asetus puutavaran mittauksesta (12/2013), 3 §) Taulukosta 1 nähdään, että suurin sallittu poikkeama kuormainvaaoilla vaihtelee 4 %:n ja 8 %:n välillä.

Taulukko 1 Puutavaran mittauslain määräämät arvot suurimmille poikkeamille mittauserän mukaan kuormainvaakamittauksessa (Asetus puutavaran mittauksesta (12/2013), 3 §).

Mittausten menetelmä	Mittauserän paino, kg			
	10000–30000	30000–50000	50000–100000	>100000
	Suurin sallittu poikkeama, %			
Kuormainvaat ja muut vaat	8	7	6	4

Mittaustarkkuuteen vaikuttavat monta eri tekijää. Pituusmittauksessa merkittävä epätarkkuustekijä on mittapyörän laskennallisen halkaisijan muuttuminen. Puun pinnan kovuu-den vaihteluiden vuoksi mittapyörä saattaa välillä painua enemmän puunrunkoon. Kun mittapyörä painuu puunrunkoon, mittapyörän laskennallinen halkaisija pienenee ja se aiheuttaa virheen mittaukseen. (Sipi 2009, s. 118–119) Mittauselementeille haastavissa olosuhteissa mittapyörän laskennallinen halkaisija voi myös kasvaa. Kesähakkuissa havupuista irtoavaa pihkaa voi tarttua mittapyörään niin paljon, että laskennallinen halkaisija kasvaa ja mittatulos väärentyy (Viljamaa 2018). Pituusmittaukseen aiheuttaa virhettä myös puun lenkous sekä tylsien karsimateriaalien aiheuttamat tai muut puun epätasaisuudet. Mikäli mittapyörä kulkee monen oksan tyngän tai epätasaisuuden yli, on pölkyn todellisen ja mittapyörän mittaaman pituuden välillä selvä ero. Toisinaan mittapyörän alle saattaa jäädä jumiin karsinnassa irronnutta kaarnaa, joka vaikeuttaa tai estää kokonaan mittapyörän pyörimisen. Lisäksi mikäli käsiteltävä puunrunko pyörii karsittaessa oman akselinsa ympäri, pyörii mittapyörä hieman enemmän kuin pölkyn todellisen mitan verran. (Sipi 2009, s. 118–119)

Läpimittauksessa virhettä aiheuttavat pääasiassa puun epätasaisuudet. Puun epätasaisuuksia ovat muun muassa oksan tyngät ja oksakyhmyt. Ulkonevat epätasaisuudet aiheuttavat todellista suurempia läpimittatuloja. Myös liian pieni läpimittatulos on mahdollinen. Karsimateriat saattavat välillä karsia liian syvältä kaarnan alapuolelta puunrunkoa, ja tällöin mitattu läpimitta on todellista läpimittaa pienempi. Mekaanisten virhetekijöiden lisäksi mittaukseen vaikuttavat myös antureiden sisäiset virheet sekä mittakomponenttien kulumisesta aiheutuvat virheet. (Sipi 2009, s. 119)

Tilavuusmittauksen virheeseen vaikuttaa enemmän läpimittauksen virhe kuin pituusmittausvirhe. Kun 1 %:n systemaattinen virhe pituuden mittauksessa aiheuttaa noin 1 % virheen tilavuusmittaukseen, aiheuttaa saman suuruinen systemaattinen virhe läpimittauksessa jopa 2 % virheen tilavuusmittaukseen. Virheet perusmitoissa ja sitä kautta myös tilavuudessa huonontavat apteraustulosta, eikä apterauksen lopputulos välttämättä täytä puunjalostajan puutavaralle asettamaa tavoitetta. (Sipi 2009, s. 120)

Metsäkoneiden pituusmittaustarkkuus ei ole parantunut merkittävästi vuoden 1995 jälkeen. Skogforskin vuonna 1995 tekemän selvityksen mukaan hakkuukoneiden ilmoittamat pituusmitat olivat 83 % tapauksista ± 2 cm:n vaihteluvälin päässä todellisesta mitasta. 11 vuoden päästä vuonna 2006 vastaavassa selvityksessä tulokseksi saatiin 84%. Sen sijaan läpimittatarkkuus on parantunut hieman. Skogforskin vuoden 2001 selvityksessä 64 % hakkuukoneiden läpimittatuloksista olivat ± 4 mm:n marginaalin sisällä. Vuonna 2006 Skogforskin selvityksessä saatiin osuudeksi 68 %. (Sipi 2009, s. 121–122)

3. JOHN DEEREN PUUTAVARATIETOJÄRJESTELMÄT

John Deere on maailman suurin metsäkonevalmistaja (Malin 2017). Johtavana metsäkonevalmistajana myös metsäkoneen tietojärjestelmien on oltava huippuluokkaa. Ovaskaisen ja Kivilinna-Korholan (2016) vertailun perusteella kärkekkien, Ponssen ja John Deeren, käyttämät ohjelmistot tarjoavatkin hyvin samanlaiset hyödyt tehokkaaseen ja tuottavaan työskentelyyn. Suomen kolmanneksi käytetyimmässä metsäkonemerkin Komatsu sen sijaan ohjelmistoilla ei ole niin monenlaista tarjontaa kuin John Deeren ja Ponssen ohjelmistoilla (Ovaskainen & Kivilinna-Korhola 2016).

3.1 John Deeren tietojärjestelmät

John Deeren puutavaraa käsittelevät järjestelmät voidaan jakaa metsäkoneiden ohjaus- ja hallintajärjestelmiin. Metsäkoneiden ohjausjärjestelmänä käytetään TimberMatic-ohjelmaa (John Deeren simulaattori 2018). John Deeren käyttämät viralliset hallintajärjestelmät sen sijaan ovat TimberOffice™ 5 ja JDLINK™. Isoimmat erot näiden kahden hallintajärjestelmän välillä ovat käyttöjärjestelmäpohja ja käyttötarkoitus. TimberOffice™ 5 asennetaan toimiston tietokoneelle ja ohjelmistolla seurataan ja hallinnoidaan metsäkoneiden toimintoja. JDLINK™ -ohjelmaa sen sijaan käytetään web-selaimen kautta TimberOffice™ 5:n rinnalla etähallintajärjestelmänä. Sen avulla koneen omistaja tai huoltohenkilökunta saavat tietoa internetin välityksellä koneen käytöstä sekä esimerkiksi vikailmoituksista. (Ovaskainen & Kivilinna-Korhola 2016)

3.1.1 TimberMatic

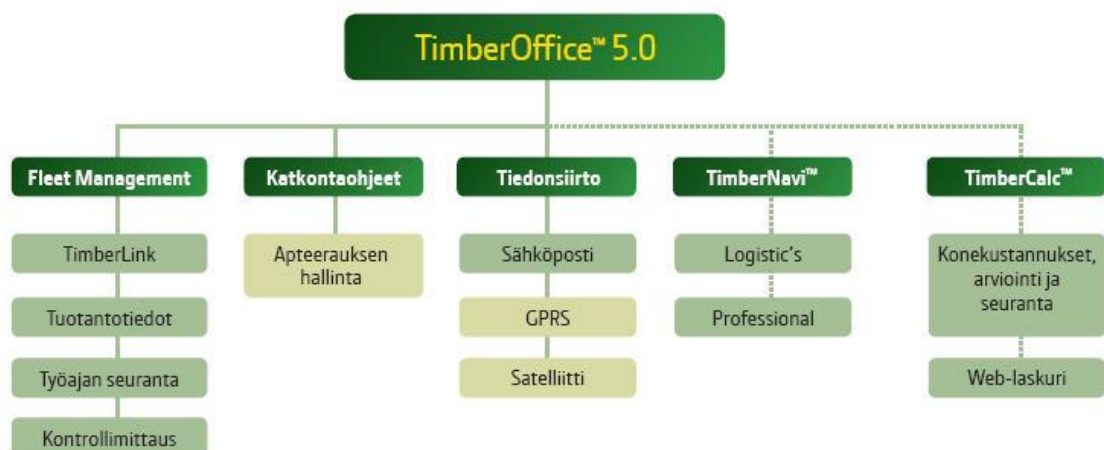
TimberMatic on John Deeren metsäkoneisiin asennettava ohjausjärjestelmä. Harvesteille ja kuormatraktorille on omat versionsa TimberMatic:sta. Uusin ohjausjärjestelmän versio harvesteille on TimberMatic H-16 ja kuormatraktoreille TimberMatic F-16. Ohjausjärjestelmät ohjaavat metsäkoneiden mittaus- ja automaatiotoimintoja. Mittaus- ja automaatiotoimintoja voidaan säätää ohjausjärjestelmän muokattavan käyttöliittymän avulla. Käyttöliittymän avulla voidaan esimerkiksi kalibroida mittaustuloksia, säätää puomin liikkeen nopeuksia ja muokata apterausohjeita. Säätoimenpiteitä voidaan myös suorittaa etäyhteyden kautta toimistosta. (TimberMatic F-16 2018; TimberMatic H-16 2018) Internet-yhteyttä varten metsäkoneesta löytyy MTG-modeemi (Modular Telematics Gateway) tai jokin muu modeemi (Timbermatic H-16 2018). MTG 4G LTE -modeemi on John Deeren uusi modeemi, joka toimii 4G-verkossa. Siinä on myös tuki aiemmin pääkäytössä olleille 2G- ja 3G-verkoille. (MTG 4G 2018) Tietoa voidaan kuitenkin siirtää myös USB-muistitikun avulla. Muistitikun avulla tieto saadaan siirrettyä,

vaikka internet-yhteys olisi huono tai sitä ei olisi ollenkaan. (John Deeren simulaattori 2018) Lisäksi John Deeren vuoden 2017 joulukuussa julkaiseman puhelinsovelluksen ja siihen tarkoitettun USB-laitteen avulla tietoja voidaan ottaa metsäkoneen TimberMatic-ohjelmasta, tutkia dataa puhelimen näytöltä sekä siirtää tieto toimiston TimberOffice-ohjelmaan (Jones 2017).

TimberMatic:sta on tehty toisistaan eroavat H- ja F-mallit metsäkonetyypin takia. Eri metsäkonetyypissä kuljettajalle oleelliset tiedot ovat erilaisia. TimberMatic H -ohjausjärjestelmän näytöstä harvesterin kuljettaja näkee muun muassa käsittelyssä olevan pölkyn pituuden, läpimitan terän kohdalla, tietokoneen ehdottama sahattava puutavaralaji käsiteltävästä puunrungosta ja metsäkoneen mittaristotietoja. Kuormatraktoriin tarkoitettu TimberMatic F-ohjausjärjestelmän näyttö sen sijaan näyttää kuormatilassa olevan massan, kourassa olevan massan ja puulajin sekä metsäkoneen mittaristotietoja. (John Deeren simulaattori 2018)

3.1.2 TimberOffice™ 5

TimberOffice™ 5 on John Deeren nykyinen toimisto-ohjelmisto, joka on kehitetty metsäkoneiden hallintaa varten. Ohjelman avulla metsäkoneyrittäjät ja metsäyhtiöt pystyvät hallitsemaan puunkorjuuta ja konekalustoa. Ohjelmisto sisältää yhteensä viisi eri aliohjelmaa. Kuvassa 3 on esiteltyä TimberOffice™ 5:n sisältämät aliohjelmat, jotka ovat Fleet Management, Katkentaohjeet, Tiedonsiirto, TimberNavi™ ja TimberCalc™.



Kuva 3 TimberOffice™ 5 -ohjelmiston sisältämät aliohjelmat (TimberOffice™ 5 -ohjelmiston sisältö 2018)

TimberOffice™:n nykyiseen peruspakettiin kuuluvat aliohjelmat ovat Fleet Management ja Tiedonsiirto. Katkentaohjeet, TimberNavi™ ja TimberCalc™ ovat saatavilla tois- taiseksi erillisinä ohjelmina TimberOffice™ 5 -ohjelmiston alaisuuteen. TimberNavi™ ja TimberCalc™ tullaan kuitenkin tulevaisuudessa integroimaan TimberOffice™-ohjel- mistoon. TimberOffice™ 5 -ohjelmiston ensimmäinen versio 5.0 on julkaistu 1.11.2013.

Ohjelmiston uusin versio 5.9 on julkaistu 18.1.2018. (TimberOffice™ 5 -ohjelmisto 2018)

Fleet Management on konekaluston hallintajärjestelmä. Sen avulla ohjelman käyttäjä näkee koneryhmä- tai konekohtaisesti tietoja työajoista, tuotannoista, kontrollimittauksista sekä TimberLinkistä. TimberLink on TimberOfficeen liitetty erillinen ohjelma, joka on yhdistetty laajaan tietopankkiin, johon muiden metsäkoneiden käyttäjien lähettämää tietoa on tallennettu. Lähetetty ja tallennettu tieto sisältää erilaisia tunnuslukuja koneen suorituskyvystä ja kunnosta. Timberlinkin vertailuarvojen avulla kuljettaja voi parantaa omaa työskentelyään, jolloin tuottavuus paranee ja käyttökustannukset pienenevät. Myös koneen käyttöaste paranee, kun ohjelman keräämän datan perusteella voidaan huomata mahdollisesti pian vikaantuva osa ja huolto saadaan ajoitettua paremmin. Kun huolto saadaan ajoitettua hyvin, eivät työt keskeydy yllättävän koneen rikkoontumisen takia niin suurella todennäköisyydellä. (TimberLink™ 2018)

Katkontaohjeet sisältävät apterauksen ohjaustiedostot. Ohjelman avulla voidaan luoda ja säätää apterausparametreja. (TimberOffice™ 5 -ohjelmisto 2018) Apterausta voidaan ohjata arvo- tai jakaumaperusteisesti. Arvoperusteinen apteraus tarkoittaa puutavaran parhaan mahdollisen arvon saamista katkontavaiheessa. Silloin kaadetusta puusta pyritään saamaan mahdollisimman monta tukkia arvottomamman kuitupuun sijasta. Jakumaperusteisessa apterauksessa puutavarasta saatava arvo ei ole tärkeimpänä apterausperusteena vaan tuotantolaitoksen tai ostajan määräämä tavoitejakauma. Tavoitejakauma perusteisessa hakkuussa pyritään puut katkomaan jakauman mukaisesti, mutta samalla hyödynnetään runkojen arvokkaat tukkiosuudet. (Vuorenpää *et al.* 1999)

Tiedonsiirto hoidetaan pääsääntöisesti langattomasti, mutta myös tallennuslaitteiden, kuten USB-muistitikkujen, avulla tietoa voidaan siirtää ilman verkkoyhteyttä. Ohjelma sisältää sähköpostin, jolla ohjelman käyttäjä pystyy lähettämään ja vastaanottamaan erilaisia tiedostoja helposti internetin välityksellä. (TimberOffice™ 5 -ohjelmisto 2018)

TimberNavi™ on paikkatietojärjestelmä. Se käyttää GPS-yhteyttä paikannustietojen luomisessa. Ohjelman avulla käyttäjä näkee metsäkoneen sijainnin reaaliaikaisesti kartalla. TimberNavi™-ohjelman käyttäjiä ovat sekä metsäkoneiden kuljettajat että toimistohenkilöt. Näytöstä käyttäjä näkee myös leimikon rajat sekä erilaiset kuljettajalle tärkeät merkit työalueella olevista huomioitavista asioista. Huomioitavia asioita ovat muun muassa voimalinjat, avainbiotoopit ja ajourat. Ohjelmasta löytyy kaksi eri käyttötilaa, ajo- ja hallintatila. Ajotilassa ohjelma näyttää metsäkoneen sijainnin kartalla sekä tuottaa informaatiota kartalle merkityistä asioista tarvittaessa myös äänimerkkien avulla. Hallintatilassa pystytään muokkaamaan kartan sisältämiä tietoja. Tietoihin kuuluvat edellä mainittujen huomioitavien asioiden lisäksi puutavarapinojen sijainnit ja varastopaikat. Karttaa pystyvät hallintatilan avulla muokkaamaan sekä metsäkoneiden kuljettajat että toimistohenkilöt, kuten puutavarayhtiöt. Tiedonsiirto suoritetaan sähköpostin avulla. Lisäksi TimberNavi™-ohjelman avulla voidaan lähettää harvesterin tiedot puutavaratuotoksesta ja

ajourista kuormatraktorille, jolloin kuormatraktorin kuljettaja pystyy tutkimaan puutavaratuotosten ja ajourien sijaintia kartalla. Tarvittaessa tiedot voivat sisältää jopa yksittäisten pölkkyjen puutavarylajit ja sijainnit. Puutavaran paikkatietojen avulla kuormatraktorin kuljettaja pystyy suunnittelemaan oman ajoreittinsä tehokkaammaksi ja tuottavammaksi. Lisäksi kuormatraktorin kuljettaja voi lähettää tietoa puutavarayhtiölle maastosta varastopaikalle siirretystä puutavarasta. (TimberNavi™ 2018)

TimberCalc™ on laskentaa helpottava ohjelma. Se sisältää kolmen aliohjelman kokonaisuuden, johon kuuluvat Machine cost, Follow up ja Estimate. Machine cost -aliohjelmalla lasketaan käytettävien metsäkoneiden ja niiden muodostamien koneketjujen kustannuksia työaikojen ja tilavuustuotoksien pohjalta. Aliohjelman tulosten perusteella voidaan arvioida kustannuserien muutoksien vaikutuksia liiketoimintaan sekä analysoida käyttökustannuksia. Sillä voidaan myös vertailla koneita ja koneketjuja keskenään kustannuksien osalta. Follow up -aliohjelmalla voidaan seurata ja myös jäljittää kustannuksia ja tuloja. Ohjelma tuottaa erilaisia tulo- ja kuluraportteja laskujen ja laskelmien pohjalta. Kolmas aliohjelma, Estimate, on suunniteltu budjettien ja tarjousten laadintaa varten. Ohjelmalla voidaan myös seurata laaditun budjetin toteutumista. (TimberCalc™ 2018)

3.1.3 JDLink™

JDLink™ on John Deeren koneiden web-pohjainen etähallintaohjelma. Sen avulla koneenomistaja sekä huoltohenkilökunta saavat reaaliaikaista tietoa metsäkoneen sijainnista ja kunnosta. Uuden John Deeren metsäkoneen oston yhteydessä ohjelman saa kolmeksi vuodeksi ilmaiseksi. Ohjelman päänäytössä näkyy käyttäjätunnukselle kuuluvat koneet listana. Lisäksi päänäytössä näkyy koneiden sijainnit kartalla, hälytykset, moottorin käyttötunnit sekä edellisen huollon ajankohta. Ohjelman Ultimate-välilehdestä näkee laajemmin tietoa valituista koneista. (JDLink™ 2018) Kuvassa 4 on kuvakaappaus JDLink™ -ohjelman Ultimate-välilehdestä. Kerättyä ja esitettyä tietoa löytyy muun muassa polttoaineen kulutuksesta ja sen kulutuksen jakaumasta eri työvaiheisiin sekä tuottavuudesta

puutavaran tuntituotannon, keskirunkokoon ja runkojen tuotannon lukumäärän osalta. Jo-kaista pientä kuvaketta pystyy tarkastelemaan tarvittaessa kokonäyttötilassa (JDLINK™ 2018).



Kuva 4 JDLink™-ohjelman Ultimate-välilehti (JDLink™ 2018).

Edellä mainittujen kulutus- ja tuottavuustietojen lisäksi ohjelman etäyhteyden avulla pystytään päivittämään koneen moottorinohjainyksikkö ilman huoltomiehen käyntiä koneen luona. Lisäksi ohjelman sisältämä hälytysloki nopeuttaa vianetsinnässä. Mikäli vika onnistutaan paikantamaan etäyhteyden avulla, huoltomies voi tuoda oikeat varaosat ja työkalut jo ensimmäisellä kerralla tullessaan koneen luokse. (JDLink™ 2018)

3.2 Tiedonsiirtostandardi ja metsäkoneiden välinen kommunikointi

Metsäkoneiden välinen kommunikointi tapahtuu nykyisin langattomasti. Viljamaan (2018) mukaan hänen hakkuukonekuljettaja-aikoina 2000-luvun alussa esimerkiksi puutavaran tuotantotiedot tulostettiin paperille ja tieto toimitettiin paperiversiona eteenpäin joko kuormatraktorikuljettajalle tai metsäyhtiölle. Myöhemmin metsäkoneille on kehitetty yhteinen tiedonsiirtostandardi nimeltään StanFord 2010. StanFord 2010 -standardia käyttävät ja kehittävät suuret metsäkonevalmistajat, kuten John Deere, Ponsse ja Komatsu. Standardin kehittämiseen osallistuvat lisäksi Metsäteho, Skogforsk ja metsäyhtiöt. StanFord 2010 -tiedonsiirtostandardi selkeyttää tiedon tallentamista ja hallintaa sekä helpottaa tiedonsiirtämistä eri metsäkonemerkkien ja metsäyhtiöiden välillä. (Skogforsk

2013, s. 5, 16) Standardoidut tiedonsiirtotavat varmistavat sen, että tieto siirtyy oikeanlaisena ja käyttökelpoisena sen vastaanottajalle.

StanFord 2010 -standardi tallentaa tiedot XML-formaatissa erilaisiin sanomiin. Sanomat (englanniksi messages) ovat standardin määrittämän tyyppisiä tiedostoja, jotka sisältävät tietoa kyseessä olevan sanoman sisällöstä. Sanomat jaetaan neljään eri alueeseen, tuotannon kontrollointiin, tuotannon raportointiin, laadun valvontaan ja operatiiviseen tarkkailuun. Tuotannon kontrolloinnin sanomat ovat:

- product instruction (.pin): Apteerausohjeet, joita ei sidota mihinkään leimikkoon.
- object instruction (.oin): Leimikkotiedot, sisältää tiedot leimikon nimestä, hakkuorganisaatiosta, myyjästä ja puutavarasuosituksista.
- species group instruction (.spi): Puulajiohjeet sisältävät tietoja eri puulajeista. Tietoihin kuuluvat muun muassa puulajin runkokäyriä.
- object geographical instruction (.ogi): Leimikon karttatiedot sisältävät ohjeita metsäkoneen GIS-järjestelmälle, kuinka leimikon rajat ja symbolit näytetään sekä leimikon eri karttanäkymät.
- forwarding object instruction (.foi): Leimikkotietoja kuormatraktorille, kuten varastointipaikat ja leimikon tiedot
- forwarding delivery instruction (.fdi): Laajemmin voimassa olevia puutavaran kuljetukseen liittyviä ohjeita. Ei vain tietylle leimikolle.
- user-defined data instruction (.udi): Käyttäjän määrittämiä omia tietoja. Sisältävät valmiita taulukoita, joita voidaan täyttää manuaalisesti. Tiedot voivat olla esimerkiksi polttoaineen kulutuksesta, varastoinnista tai alikasvoksesta. (Skogforsk 2013, s. 7, 12)

Tuotannon raportoinnin sanomat ovat:

- harvested production (.hpr): Harvesterin tuotantotiedot. Sisältää jokaisen yksittäisen pölkyn tiedot.
- total harvested production (.thp): Harvesterin kokonaistuotantotiedot leimikolta. Sisältää vähemmän tietoa yksittäisistä pölkkyistä ja helpottaa näin pienemmällä tiedostokoolla tiedonsiirtoa, kun yhteys ei ole hyvä.
- forwarded production (.fpr): Kuormatraktorin kuljetustiedot. Sisältää kuljetettujen pölkkyjen lukumäärän, tilavuuden, painon ja purkupaikan. Sisältää myös aikaleimat kuormille ja leimikon kokonaiskuljetustilanteen.
- object geographical report (.ogr); Leimikon karttaraportti sisältää tiedot karttoihin tehdyistä muutoksista ja muutosten tekijöistä. (Skogforsk 2013, s. 13)

Laadun valvonnan sanomat ovat:

- harvesting quality control (.hqc): Harvesterin mittalaatutiedot. Sisältää tiedot mittalaitteiden kalibroinnissa käytettävistä pölkkyistä sekä kalibroijan käsin ottamista kalibroitimittauksista.

- forwarding quality control (.fqc): Kuormatraktorin mittalaatutiedot. Sisältää mit-
talaiteen tiedot, kalibroinnin päivämäärän, kalibroinnissa käytetyt painot sekä ka-
librointitavan. (Skogforsk 2013, s. 7, 14)

Operatiivisen tarkkailun sanoma on operational monitoring (.mom). Sanoma sisältää tie-
toa ajankäytöstä koneen ja kuljettajan osalta. Ajankäyttö voidaan jakaa moniin eri alaka-
tegorioihin, kuten taukoihin, korjaukseen, huoltoon, suunnitteluun, lastaukseen ja purka-
miseen. (Skogforsk 2013, s. 15)

Metsäkoneiden välinen tiedonsiirtosuunta on useimmiten hakkuukoneelta kuormatrakto-
rille. Hakkuukoneelta lähetetään puutavaratuotantotiedot kuormatraktorille. Kuormatrak-
torinkuljettaja näkee tuotantotiedoista kokonaistuotannon ja tarkemmat runkokohtaiset
tiedot. Tiedot lähetetään John Deeren metsäkoneissa TimberMatic-ohjausjärjestelmän
kautta tai karttapohjaiset tiedot TimberNavi-ohjelman kautta. Tuotantotietoja voidaan
kuitenkin tutkia myös JDLinkin kautta, sillä tiedot päivittyvät sinne automaattisesti.

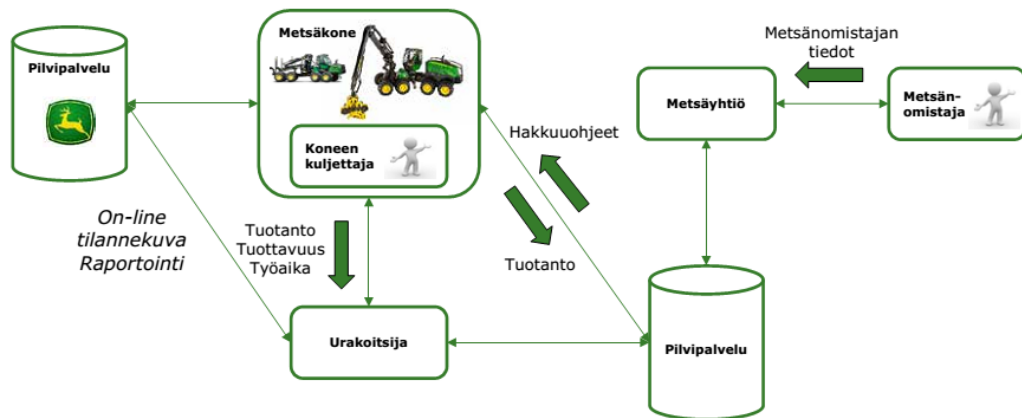
3.3 Kommunikointi metsäkoneiden ja metsäyhtiön välillä koko- naiskuvassa

Metsänhakkuuprosessi alkaa siitä, kun metsäyhtiölle tulee tarve puutavarasta. Metsäyh-
tiön puutavaran hankintaprosessi alkaa. Mikäli metsäyhtiö päätyy hankkimaan tarvittavan
puutavaran pystykaupasta, tehdään ostoprosessin yhteydessä arvio hakattavasta leimi-
kosta saatavien puutavaroiden määrät. Näihin arvioihin perustuen metsäyhtiö lähettää lei-
mikön hakkaavalle hakkuukoneelle ennakkotietoja. Ennakkotietoihin kuuluvat työmaa-
ja korjuuohjeet sekä puutavaralajiohjeet. Työmaa- ja korjuuohjeisiin kuuluvat leimikon
karttatiedot ja korjuutyön yleiset ohjeet. Puutavaralajiohjeisiin kuuluvat puutavaralajitie-
dot ja katkonnan ohjaustiedot eli apteerausohjeet. Nämä ohjeet perustuvat metsäyhtiöiden
tarpeisiin sekä leimikosta tehtyihin arvioihin, mitä puutavaralajeja leimikosta kannattaa
hakata. Lisäksi puutavaralajiohjeisiin kuuluu tehtaiden laatuvaatimukset eri puutavarala-
jeille. Riippuen urakointisopimuksen sisällöstä urakoitsijan ja metsäyhtiön välillä, hak-
kuukone lähettää hakkuuprojektin etenemisestä tuotantotietoja metsäyhtiölle sähköpos-
titse tai metsäyhtiö voi seurata hakkuun edistymistä pilvipalvelun avulla. Reaaliaikainen
hakkuuprosessin seuranta on nykyään tärkeää, sillä metsäyhtiöt ohjaavat puutavaralogis-
tiikkaa usein dynaamisesti. Metsäyhtiö saattaa myös haluta säätää hakattavasta leimikosta
saatavaa puutavaraa hakkuun aikana. Se onnistuu John Deeren metsäkoneilla helposti.
Kuljettajan on mahdollista säätää TimberMatic-järjestelmä niin, että metsäyhtiö voi lä-
hettää uudet apteerausohjeet metsäkoneeseen, ja järjestelmä päivittää uudet apteerausoh-
jeet käyttöön ilman kuljettajan tarvetta keskeyttää työskentelyä. (Metsätalouden kehiti-
tämiskeskus Tapio 2008, s. 396–398)

Myös kuormatraktori saa metsäyhtiöltä leimikkokohtaisia ennakkotietoja. Kuormatrakto-
rin metsäyhtiöltä saamiin ennakkotietoihin kuuluvat leimikon työmaaohjeet ja korjuu-
ohje. Niissä kerrotaan pölkkyjen varastointi- ja merkitsemisohjeet. (Ovaskainen 2012)

Kuormatraktori lähettää kuljetuksen edistymisestä informaatiota metsäyhtiölle ja puutavara-autoille, jolloin tarvittaessa puutavara saadaan noudettua nopeasti sitä tarvitsevalle tehtaalle. Informaatio lähetetään joko sanomina tai jonkin yhteisen pilvipalvelun avulla. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008, s. 396–398) Kuvan 5 tiedonsiirtokaavio näyttää, miten John Deeren metsäkoneet ja metsäyhtiöt välittävät tietoa keskenään.

Metsäkonetieto puunkorjuussa



Kuva 5. John Deeren metsäkonetiedon tiedonsiirtokaavio puunkorjuussa (Törmä 2018).

Kuvasta 5 nähdään, että metsäyhtiö lähettää metsäkoneille hakkuuohjeet pilvipalvelun kautta. Hakkuuohjeet tarkoittavat aiemmin käsiteltyjä ennakkotietoja. Metsäkoneet puolestaan lähettävät tuotantotietoja metsäyhtiölle saman pilvipalvelun kautta.

4. METSÄKONEIDEN TIETOJÄRJESTELMIEN TULEVAISUUDEN VISIOITA

Metsäteollisuutta halutaan kehittää tuottavammaksi, ja digitalisointi onkin alkanut kiinnostaa kehityksen mahdollistavana tekijänä. Digitalisointi vaikuttaa jo monissa metsäteollisuuteen liittyvissä toiminnoissa, kuten puukaupassa (Kuutio.fi) ja metsäkoneen mitaustietoihin perustuvissa laskutusperiaatteissa. Puukauppapaikka Kuutio.fi on toukuussa 2017 avattu ilmainen puukaupankäynnin internet-sivusto, jossa metsänomistajat ja puunostajat voivat ilmoittaa myytävistä puista sekä tehdä tarjouksia niistä.

Tämä luku sisältää muutamia mielenkiintoisia tulevaisuuden visioita, jotka liittyvät metsäkoneiden ja niiden tietojärjestelmien kehittämiseen. Taloudellisesta näkökulmasta metsäteollisuuden kehittäminen mahdollistaa suuria säästöjä. Metsätehon vuoden 2017 arvioiden mukaan uusien järjestelmien ja metsätiedon hyödyntämisen kehittäminen voi tuottaa jopa 100 miljoonan euron vuosittaisia säästöjä, kun metsätietoon liittyvä vuosittainen kokonaisliiketoiminta on Suomessa yli 7 miljardin euron arvoinen (Räsänen *et al.* 2017).

4.1 Yksittäisen puun paikkatiedon tarkentaminen

Vuonna 2014 tehdyn tutkimuksen mukaan metsäkoneiden paikannustarkkuus on ollut 3–4 metriä. Eron hakkuukoneen ja todellisen sijainnin välille tekee huonot GPS-yhteydet metsien keskellä. Isot korkeus erot ja tiheät puustot aiheuttavat katvealueita metsien keskellä. Parempiin tuloksiin päästäisiin käyttämällä GLONASS- ja GALILEO-satelliittipaikannusjärjestelmiä yhdessä GPS-paikannuksen kanssa. 3–4 metrin paikannustarkkuus riittää ajourien paikantamiseen, muttei yksittäisten työpisteiden tai pölkkyjen paikantamiseen. (Melkas & Hämäläinen 2015) Melkaksen ja Riekin (2017) tekemän tutkimuksen mukaan yksittäisen puun keskimääräiseksi paikannustarkkuudeksi saatiin 4,9–6,7 metriä, kun se oli aiempien tutkimuksien mukaan noin 8 metriä. Parhaimmilla koelaloilla yksittäisen pölkyn paikannustarkkuus oli jopa 3,6 metriä. Tutkimuksessa paikannustarkkuutta saatiin parannettua anturoimalla puomia ja kouraa sekä käyttämällä algoritmiä kouran paikantamisen tarkennuksessa. (Melkas & Rieki 2017) Inertiamittalaitteiden ja satelliittipaikannuksen yhteispaikannuksella ollaan päästy jopa 0,7 metrin paikannustarkkuuteen (Hyyti 2016). Inertiamittalaitteilla seurataan koneen asentoa ja kiihtyvyyksiä.

Vaikka paikannustarkkuutta on saatu paremmaksi, ei se silti edelleenkään riitä yksittäisen puun paikantamiseen. Tärkeimmiksi parannusehdotuksiksi Melkaksen ja Riekin (2017) tutkimuksessa todettiin puomin parempi anturointi sekä paremmat satelliittiyhteydet. Kyseisessä tutkimuksessa hakkuukoneen puomi oli anturoitu muuten, mutta puomin jatkoa ei oltu anturoitu. Puomin täydellinen anturointi varmasti parantaisi tarkkuutta. Puolestaan

satelliittipaikannustarkkuus parantuisi, kun järjestelmä pystyisi hyödyntämään useamman satelliittipaikannusjärjestelmän tietoja sekä maassa olevien virtuaalitukiasemien tietoja paikannuksen korjauksessa. Pölkkyjen paikannustarkkuutta parantaisi myös yksittäisten työpisteiden paikkojen tallentaminen sekä pölkkyjen yhdistäminen tiettyyn työpisteeseen. Tutkimustulosten perusteella StanFord-työryhmälle tehtiin esitys hakkuukoneen koordinaattien tallennusdesimaalien kasvattamista 5 desimaalista 7 desimaaliin. (Melkas & Riecki 2017)

4.2 Autonomisien metsäkoneiden kehityksen alkuvaiheet

Metsäteollisuuden halutaan kehittää autonomisia järjestelmiä tehostamaan metsätöitä, avustamaan kuljettajaa sekä keräämään metsävaratietoja. Hyyti (2016) on maininnut autonomisuuden haasteiksi metsäkoneen paikannustarkkuuden, ympäristön havainnoinnin metsässä sekä metsäkoneen asennon mittaamisen ja säätämisen. Tarkempaan paikannustarkkuuteen päästäisiin Hyytin mukaan yhdistämällä metsäkoneen inertiamittalaitteiden ja konenäön tiedot navigoinnin kanssa. Koneenäkö luodaan autonomisten järjestelmien kehitysvaiheessa laserkeilauksen ja siitä saatavien pistepilvien avulla. Laserkeilauksen avulla metsästä voidaan luoda 3D-kartta, jossa näkyy muun muassa puut ja niiden mittoja. Kartat toimisivat samalla metsävaratietona, johon tallennettaisiin metsässä olevat puut sekä sieltä kaadettujen puiden kantojen paikat. Myös maaston muotoja voitaisiin tallentaa. Karttatietojen avulla metsänhoidon suunnittelu ja esimerkiksi metsänhoitotapojen valitseminen helpottuisi. (Hyyti 2016)

Metsäkonekuljettajille olisi hyötyä uusista lisätiedoista. Metsäkoneen tietokone voisi suunnitella metsäkonekuljettajalle optimoidun ajouran ja automatisoiduilla toiminnoilla kuljettajalle jäisi enemmän aikaa suunnitella työn etenemistä. Kuljettajaa avustavat järjestelmät täytyy kuitenkin olla selkeitä ja nopea käyttöisiä, ettei kuljettaja joudu käyttämään aikaa tietokoneen hallinointiin. Kuljettajille on suunnitteilla myös lisätyn todellisuuden järjestelmiä. Lisätyn todellisuuden avulla kuljettaja voisi nähdä puomin taakse esimerkiksi silmille asetettavien lisätyn todellisuuden lasien avulla. Lasien avulla kuljettaja näkisi, missä koura liikkuu ja missä puomin takana piilossa oleva puunrunko sijaitsee. Näkymä muodostetaan 2-D – tai 3D -laserkeilaimen pistepilven avulla. Lisätyn todellisuuden näkymästä kuljettajalle voitaisiin myös näyttää, mikä puu olisiärkevintä kaataa esimerkiksi harvennuksessa. (Hyyti 2016).

4.3 Forest Big Data

Big data -käsitteellä tarkoitetaan suurien aineistojen kokoamista ja käsittelemistä. Nopeasti kehittyneet aineistojen keruu- ja käsittelymenetelmät sekä tallennuskapasiteettien kasvu ovat luoneet uuden käsitteen käytännössä tavallisesta tiedonkäsittelystä. Nykyisessä metsäteollisuudessa kerätään dataa suuria määriä ja niiden hyödyntämiseksi on luotu Forest Big Data -hanke. Hankkeen päätarkoituksena on kehittää olemassa olevaa

metsävaratietoa tulevia sukupolvia varten. Nykyiset metsäkoneet tuottavat todella suuren määrän dataa vuosittain. Vuonna 2014 on arvioitu, että Suomessa noin 1500 hakkuukonetta tuottavat mittausdataa noin miljoonasta puun rungosta päivittäin ympäri vuoden. Kuten luvussa kaksi todettiin, metsäkoneet mittaavat jokaisen rungon läpimittaa 1–10 cm:n välein sekä puun pituutta ja tilavuutta. Lisäksi jokaiseen runkoon liitetään erilaisia tietoja ja tunnuksia. Jo näistä koostuu erittäin suuret aineistot dataa. Lisäksi dataa kertyy kuormatraktoreilta ja sahoilta suuria määriä. (Hämäläinen *et al.* 2014)

Forest Big Data -hanke toteutettiin vuosina 2014–2016 osana laajempaa Data to Intelligence (D2I) -tutkimusohjelmaa. D2I-tutkimusohjelmassa kehitettiin big data -tyyppisten aineistojen käsittelyä, analysointia ja hyödyntämistä. Hanke tuotti useita pilotoitavia konsepteja ja sovelluksia. Metsäkoneisiin liittyviä konsepteja ovat ainakin kehittynyt katkonnan ohjaus ja simulointi, korjuukelpoisuusluokitus ja ajourakone. Kehittynyt katkonnan ohjaus ja simulointi pohjautuvat uusiin metsävaratietoihin. Metsävaratietoihin kuuluvien runkotietovarastojen avulla puunhankkija voi simuloida leimikoita ja luoda leimikkoon paremmin soveltuvat katkonnanohjaustiedostot. Korjuukelpoisuusluokitus tarkoittaa karttaa, johon päivitetään metsälohkojen maaperän kantavuuteen perustuvat korjuukelpoisuudet. Korjuukelpoisuusluokituksen avulla voidaan suunnitella metsänhoidon ajankohdat paremmin. Luokitukset muodostetaan avoimien paikkatietoaineistojen, laserkeilausainestojen ja MML:n maatotietokantojen avulla. Ajourakone on puunkorjuun eri toimijoille tarkoitettu sovellus, joka auttaa toimijaa luomaan leimikon ajouraverkoston ja varastointipaikat. Sovellus käyttää arvion luomiseen apunaan korjuukelpoisuusluokituskarttoja, maaston korkeusmalleja, hilatasoista metsävaratietoa ja alueen rajoja. Sovellus pyrkii muodostamaan ajourat niin, että kokoojaurat ovat kantavuudeltaan parhaimmissa paikoissa, mutta samalla myös järkevässä paikassa metsäkuljetusmatkan minimoinnin kannalta. (Räsänen *et al.* 2017)

5. YHTEENVETO

Tässä työssä tutkittiin John Deeren metsäkoneiden tietojärjestelmiä ja niiden toimintaa puutavaratiedon suhteen. Työssä saatiin selville, että metsäkoneet mittaavat käsiteltävistä puunrungoista läpimittaa ja pituutta jatkuvasti rungon syötön aikana. Mittojen perusteella jokaiselle pölkylle mitataan myös halkaisija. Pituusmitta saadaan hammasratasmaiselta mittapyörältä, joka pyörii puunrunkoa vasten, ja tyviosan mitta arvioidaan tyvifunktion avulla. Tyviosaa täytyy arvioida erikseen, sillä mittapyörän sijainti on usein 0,3–1,5 metrin etäisyydellä sahauskohdasta. Läpimitta saadaan laskettua harvesteripään karsimateriaalien asennoista. Mittojen lisäksi puutavaran tietoihin tallennetaan pölkyn sijainti ajouralla. Metsäkoneiden mittaustarkkuus on pysynyt lähes samana jo noin 20 vuotta. Aineistoihin perehtyessä huomattiin, että mittaustekniikoita kuitenkin kehitetään edelleen. Nyt kehiteltävinä olevia menetelmiä ovat muun muassa puita koskematon mittaaminen sekä koneiden tekemät laatumittaukset hakkuunaikana. Puita koskemattomaan mittaamiseen pyritään pääsemään laserkeilauksien ja kuvien analysoinnin avulla. Laatumittalaitteilla pyritään tunnistamaan puiden lahoisuudet, oksaisuudet ja tuholaisten määrät.

John Deeren metsäkoneissa käytetään TimberMatic-ohjausjärjestelmää koneen käytön ja säätämisen apulaitteena. Hakkuukoneella ja kuormatraktorilla ovat omat versionsa ohjausjärjestelmästä, sillä ohjausjärjestelmän kautta saatava informaatio sekä säädettävät komponentit vaihtuvat metsäkonetyypin mukaan. TimberMatic:lla kuljettaja voi seurata tuotantotietoja ja lähettää puutavaratietoja eteenpäin. John Deeren kalustonhallintajärjestelmät ovat TimberOffice™ ja JDLink™. TimberOffice on toimiston tietokoneelle asennettava ohjelma, jolla hallitaan ja seurataan konekannan työskentelyä. Ohjelman käyttäjät voivat seurata muun muassa yksittäisten koneiden tuotantotietoja, tuottavuutta sekä metsäkoneen kuntoa. TimberOffice:lla voidaan myös säätää apteerausparametrejä ja lähettää ne metsäkoneeseen. JDLink on web-pohjainen etähallintaohjelma. Sen avulla voidaan seurata konekantaan, niiden sijaintia kartalla, tuotantoa, tuottavuutta ja vikailmoituksia. Ohjelmaa käyttävät koneiden omistajat sekä huoltomiehet. Etäyhteyden avulla huoltomiehet voivat päivittää koneen moottoriohjaimia sekä paikantaa mahdollisia vikoja.

John Deeren metsäkoneet siirtävät tietoa toisilleen TimberMatic-ohjausjärjestelmän sähköpostin avulla. Karttatiedostot lähetetään TimberNavi-ohjelmalla. Siirrettävät tiedot ovat harvesterin tuotantotiedot, jotka pitävät sisällään hakattujen puutavaroiden lajit ja määrät sekä karttatiedostossa puutavaroiden sijainnit ja käytetyt ajourat.

Metsäyhtiöt lähettävät metsäkoneille leimikkokohtaiset ennakkotiedot. Hakkuukoneen ennakkotietoihin kuuluvat leimikon työmaa- ja korjuuohjeet sekä puutavaralajiohjeet. Ohjeet sisältävät tiedot leimikon korjuusta sekä metsäyhtiön luomat apteerausohjeet. Kuormatraktorin ennakkotietoihin kuuluvat myös leimikon työmaa- ja korjuuohjeet, mutta ohjeet liittyvät puutavaran kuljettamiseen ja varastointiin. Metsäkoneet lähettävät

metsäyhtiöille urakointisopimuksen mukaisesti tietoja projektin etenemisestä ja tuotantotiedoista.

Työssä esiteltiin myös muutamia tulevaisuuden visioita metsäkoneiden kehittämisestä. Yksi nykyisin pinnalla oleva aihe, ei pelkästään metsäkoneiden parissa vaan yleisesti kaikkien ajoneuvojen ja työkoneiden parissa, on automatisointi ja autonomisten järjestelmien kehittäminen. Metsäkonepuolella yksi useimmiten esille tullut haaste on huono paikannustarkkuus metsän keskellä. Jotta autonomisia koneita voitaisiin käyttää, täytyisi koneen paikannustarkkuuden parantua huomattavasti. Nykyisillä paikannusmenetelmillä päästään usein noin 5 metrin paikannustarkkuuteen, joka ei riitä mitenkään autonomisille järjestelmille. Parhaimmillaan nykyteknologialla ollaan kuitenkin päästy 0,7 metrin paikannustarkkuuteen, joka on hyvä merkki tulevaisuuden kannalta. Paikannustarkkuutta pyritään parantamaan yhdistämällä useamman satelliittipaikannusjärjestelmän tietoja metsäkoneen konenäön ja inertiamittalaitteiden tietojen kanssa.

Vaikka paikannustarkkuus saataisiin riittävän tarkaksi, on autonomisten järjestelmien toiminta metsässä edelleen erittäin haastavaa. Metsä ympäristönä on hyvin epäsäännöllinen. Toimivan, tuottavan ja kannattavuudeltaan järkevän autonomisen metsäkoneen valmistaminen on erittäin kallista. Ainakaan tämän hetken tietojen perusteella autonomisista järjestelmistä ei olisi kovinkaan suurta hyötyä taloudellisesti. Vaikka autonomiset järjestelmät saattavat vähentää metsäkonekuljettajien määrää, todennäköisesti kalliimmat työkooneet eivät kuitenkaan ole taloudellisesti kannattavampia kuin tavalliset metsäkoneet. Autonomisten järjestelmien kehittäminen on kuitenkin mielenkiintoinen mahdollisuus ihmiskunnan käyttämien ajoneuvoteknologioiden kehittymisen kannalta.

LÄHTEET

Asetus puutavaran mittauksesta, A 17.6.2013/12. (2013) Maa- ja metsätalousministeriön asetus puutavaran mittauksen mittausmenetelmäryhmien ja mittausmenetelmien tarkemmasta sisällöstä sekä mittauslaitteuden käytöstä. Saatavissa (viitattu 8.3.2018): <https://www.finlex.fi/data/normit/41198/13012fi.pdf>

Hyyti, H. (2016). Autonomisuus metsässä. Studia Militaria 2016 -seminaari. Tieteiden talo, Helsinki 26.11.2017. Saatavissa (viitattu 30.4.2018): http://www.sotatieteet.fi/sites/sotatieteet.fi/files/Hyyti_1.pdf

Hämäläinen, J., Holopainen, M., Hynynen, J., Jyrkilä, J., Rajala, P. T., Ritala, R., Räsänen, T. & Visala, A. (2014). Perusteita seuraavan sukupolven metsävarajärjestelmälle – Forest Big Data -hanke. Metsätieteen aikakauskirja 4/2014. Saatavissa (viitattu 1.5.2018): <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff14/ff144235.pdf>

JDLINK™ (2018). John Deere. Saatavissa (viitattu 29.3.2018): <http://www.timberoffice.com/suomi/tuotteet/timberoffice-5/jdlink/>

John Deere H480C (2018). Kuva John Deeren H480C harvesteripäästä. Saatavissa (viitattu 11.3.2018): <https://forestrywebshop.com/verkkokauppa/documents/594a63f689a85/6a.jpg>

John Deeren simulaattori (2018). 2016 vuoden versio. Käyttöpäivämäärä 19.1.2018

Jones, A (2017). New John Deere TimberOffice data transfer app simplifies data collection from Cut-to-length forestry machines. John Deere News Release. 7.12.2017. Saatavissa (viitattu 4.5.2018): <https://www.deere.com/en/our-company/news-and-announcements/news-releases/2017/forestry/2017dec07-timber-office-data-transfer/>

Malin, R. (2017). Bisnes on tulikuuma – Kolmas metsäkonevalmistaja tutkii pörssiin menoa. Talouselämä. Saatavissa (viitattu 18.2.2018): <https://www.talouselama.fi/uutiset/bisnes-on-tulikuuma-kolmas-metsakonevalmistaja-tutkii-porssiin-menoa/9da37147-9499-36ce-a86c-be4cf435ec5d>

Melkas, T. (2010). Markkinoilla olevat kuormainvaat ja niiden ominaisuudet. Metsätehon tulosalvosarjat 4/2010. Metsäteho Oy. Saatavissa (viitattu 8.3.2018): http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tulosalvosarja_2010_04_Markkinoilla_olevat_kuormainvaat_ja_niiden_ominaisuudet_tm.pdf

Melkas, T. (2015). Puutavaran mittausmenetelmien osuudet vuonna 2014. Metsätehon tulosalvosarja 11a/2015. Metsäteho Oy. Saatavissa (viitattu 10.3.2018):

http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2015_11a_Puutavaran_mittausmenetelmien_osuudet_2014_tm.pdf

Melkas, T. & Hämäläinen, J. (2015). Hakkuukoneella kerätyn puustotiedon hyödyntäminen – Menetelmäkuvaus kaukokartoitukseen referenssitiedon keräämiseen ja metsävaratietojen päivitykseen. Metsätehon raportti 237. Metsäteho Oy. Saatavissa (viitattu 30.4.18): http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti_237_Hakkuukoneella_keratyn_puustotiedon_hyodyntaminen_tm_jh.pdf

Melkas, T. & Riekk, K. (2017). Puiden paikannustarkkuus hakkuukoneen tallennettuun sijaintiin ja kouran anturointiin perustuen – laskennallinen algoritmi kouran sijainnin tarkentamiseksi. Metsätehon tuloskalvosarja 9/2017. Metsäteho Oy. Saatavissa (viitattu 30.4.2018): http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2017_09_Puiden_paikannustarkkuus_hakkuukoneen_tallennettuun_sijaintiin.pdf

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio (2008). Tapion taskukirja. Metsäkustannus Oy. 490 s.

MTG 4G (2018). John Deere. Saatavissa (viitattu 26.4.2018): <https://www.deere.com/en/telematics/mtg4g/>

Ovaskainen, H (2012). Koneellinen puunkorjuu -opas. Metsäteho Oy. Saatavissa (viitattu 30.4.18): <http://puuhuolto.fi/koneellinen-puunkorjuu/>

Ovaskainen, H. & Kivilinna-Korhola, T. (2016). Fleet Management -ohjelmistoverailu Ponsse, Komatsu ja John Deere. Metsätehon tuloskalvosarja 14/2016. Metsäteho. Saatavissa (viitattu 18.2.2018): http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2016_14_Fleet_management_ohjelmistoverailu_ho.pdf

Räsänen, T., Hämäläinen, J., Rajala, M. & Ritala, R. (2017). Metsävaratiedon hyödyntämien puuhuollossa – Forest Big Data -hankkeen osaraportti. Metsätehon raportti 245. Metsäteho Oy. Saatavissa (viitattu 1.5.2018): <http://www.hankeportaali.fi/assets/files/uploads/file-115.pdf>

Sipi, M. (2009). Puuraaka-aineen mittaus – Mittausmenetelmät ja niiden perusteet. Metsävarojen käytön laitos, Helsingin yliopisto. Helsinki 152 s.

Skogforsk (2013). StanFord 2010 - Modern communication with forest machines. Skogforsk. 16 s.

TimberCalc™ (2018). John Deere. Saatavissa (viitattu 23.3.2018): <http://www.timberoffice.com/suomi/tuotteet/timbercalc/>

TimberLink™ (2018). John Deere. Saatavissa (viitattu 25.2.2018): <http://www.timberoffice.com/suomi/tuotteet/timberlink/>

TimberMatic F-16 (2018). John Deere. Saatavissa (viitattu 4.5.2018): <https://www.deere.fi/fi/kuormatraktorit/1210g/>

TimberMatic H-16 (2018). John Deere. Saatavissa (viitattu 4.5.2018): <https://www.deere.fi/fi/harvesterit/1270g/>

TimberNavi™ (2018). John Deere. Saatavissa (viitattu 23.3.2018): <http://www.timberoffice.com/tuotteet/timbernavi/>

TimberOffice™ 5 -ohjelmisto (2018). John Deere. Saatavissa (viitattu 28.1.2018): <http://www.timberoffice.com/suomi/tuotteet/timberoffice-5/>

TimberOffice™ 5 -ohjelmiston sisältö (2018). John Deere. Saatavissa (viitattu 23.2.2018): <http://www.timberoffice.com/suomi/tuotteet/timberoffice-5/ohjelmistot/>

Törmä, S. (2018). EU:n tietosuoja-asetuksen soveltaminen metsäkonetiedon käsittelyssä. Metsätehon ja Koneyrittäjien liiton Metsäkonetieto 2018 -seminaari. Heureka, Vantaa 1.2.2018. Saatavissa (viitattu 27.4.2018): http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Torma_Metsakonetieto-2018.pdf

Viljamaa, M. (2018). Insinööri. Metsätalouden lehtori. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere. Haastattelu 9.3.2018.

Vuorenpää, T., Arminen, P. & Suuriniemi, S. (1999). Arvomatriisien ja tavoitejakaumien laadinta hakkuukoneille. Metsätehon raportti 81. Metsäteho Oy. Saatavissa (viitattu 25.2.2018): http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/metsatehon_raportti_081.pdf