

Puunkorjuun automaattinen laadunhallinta

Heikki Ovaskainen, erikoistutkija

Metsäalan osaajat 2022 -hankkeen päätöswebinaari 12.5.2022

heikki.ovaskainen@metsäteho.fi

Esitys perustuu Metsätehon tuloskalvosarjaan 3/2021

Metsätiedon palvelualusta puunkorjuun laadunhallinnassa ja talousmetsän luonnonhoidon todentamisessa

Pyry Seppälä, Jukka Malinen, Kirsi Riekkö, Heikki Ovaskainen, Markus Strandström,
Tapio Räsänen, Asko Poikela ja Juha-Antti Sorsa

Taustaa

- Puunkorjuun automaattisella laadunhallinnalla tarkoitetaan hakkuukohteen puustoon ja maaperään liittyvien laatutunnusten mittaamista, käsittelyä ja hyödyntämistä metsäkonetyön aikana, välittämistä ja raportointia eri käyttötarkoituksiin sekä yhdistämistä muihin tietolähteisiin siten, että prosessi olisi mahdollisimman automatisoitu.
- Keskeisenä tavoitteena on myös ollut metsäkonetyön omavalvonnan tukeminen korjuutyön aikana.
- Kertyvää laatutietoa voidaan hyödyntää myös yleisenä metsätöiden laatutilastona ja -tietovarastona, metsävaratietojen päivitystietona sekä referenssiaineistona esim. maaston kantavuusennusteiden kalibroinnissa ja kehittämisessä.



Palvelualusta keskiössä tiedon kokoajana

- Metsäkoneista saatava laatu-tieto yhdistettävä muuhun (avoimeen) paikkatietoon, useimmiten luontotietoon.
- Metsätiedon palvelualustalla voidaan välittää, prosessoida ja jalostaa eri lähteistä saatavaa metsätietoa puunhankinnan ja metsäomaisuuden hallinnan tarpeisiin.
- Mahdollistaa perinteisen korjuujäljen lisäksi talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteiden toteutumisen arvioimisen, kuten säästettävien luonto- ja monimuotoisuuskohteiden säilymisen puunkorjuussa.
- Mahdollistaa huomioida myös **korjuun lähtökohdat**, jotta korjuujäljen tulkintaa voidaan suhteuttaa muun muassa vallinneisiin korjuuolosuhteisiin ja korjuun ennakkosuunnitteluun.

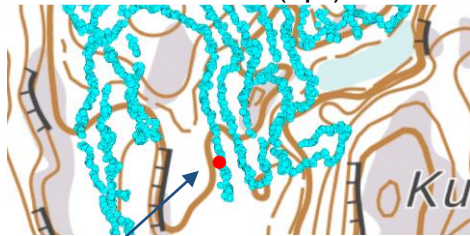


Laatutunnusten lähteitä ja tuottamistapoja

	Laserkeilain		GNSS (/GPS)		Kuvatulkinta		Syvyyskamera		Mittalaitetieto		Puoliautomaatio		CAN-väylätieto	
	Hak	Ktr	Hak	Ktr	Hak	Ktr	Hak	Ktr	Hak	Ktr	Hak	Ktr	Hak	Ktr
Puustotiedot														
Pohjapinta-ala, m ²	X	X			X	X	X	X	X		X	X		
Keskipituus, m	X	X			X	X	X	X	X		X			
Keskiläpimitta, cm	X	X			X	X	X	X	X		X			
Runkoluku, kpl	X	X			X	X	X	X	X		X			
Uratiedot														
Ajouratiheys, m/ha			X	X										
Ajouraleveys, m	X	X			X	X					X	X		
Ajouraväli, m			X	X							X	X		
Uraston pinta-ala, %/ha			X											
Vauriotiedot														
Puustovauriot, kpl/%					X	X			X		X	X		
Juuristovauriot, kpl	X	X					X	X						
Ajourapainumat, m	X	X					X	X			X	X	X	X
Kantokäsittely					X	X					X	X		
Kestävyysasiat (FSC, PEFC)														
Metsälakikohteet			X								X	X		
Säästetyt kohteet			X								X	X		

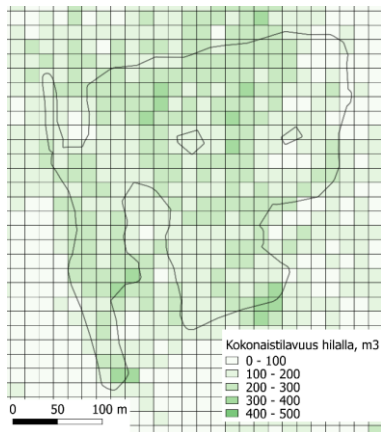
Jäävän puuston tunnuksien estimointi hakkuukone- ja kaukokartoitustiedon avulla

Runkokohtaiset
hakkuukonetiedot (hpr)



ObjectID = 101
StemID = 1234
SpeciesGroupID = 02
Diameters = [470,453,437,425,...]

Hilatiedot



Kokonaistilavuus hilalla, m3
0 - 100
100 - 200
200 - 300
300 - 400
400 - 500

Tietopalvelualusta

- *Runkokäyrän-
sovitus*

Kuvion
poistumatilavuudet
puulajeittain (ml.
kannot ja latvat)

Tietopalvelualusta

- *Hilatietojen kasvunlaskenta*
- *Hilatietojen yleistys
hakkuukonekuviolle*

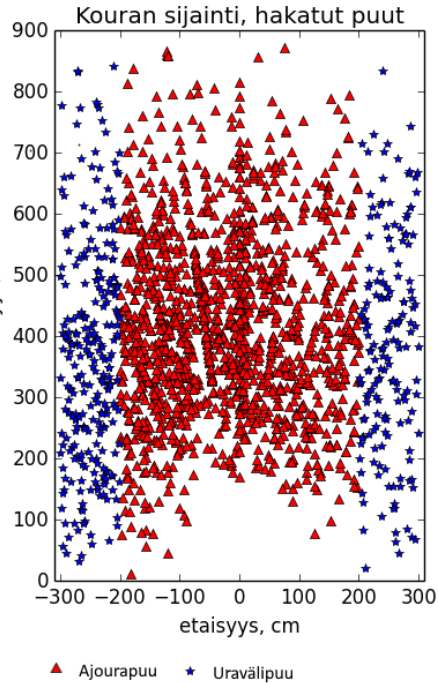
Kuvion puusto
ennen hakkuuta

Kuviolle jäävä puusto

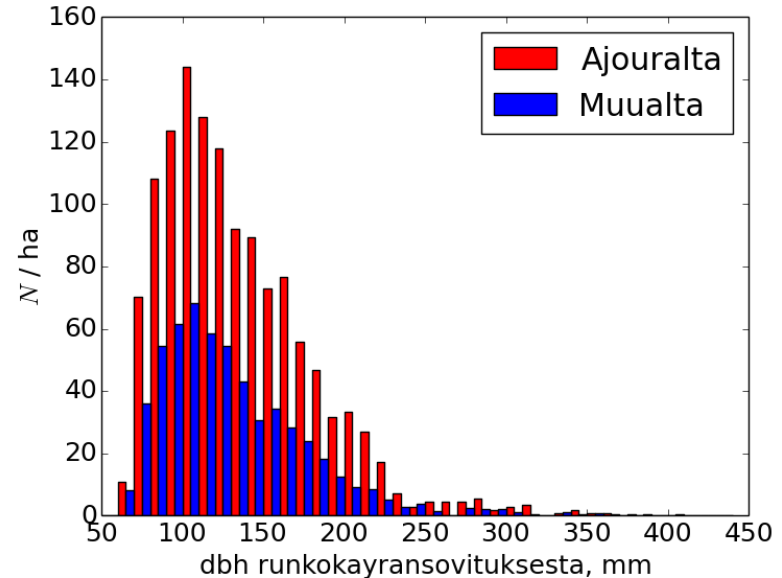
Jäävä puusto puulajeittain	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Kaikki
Runkoluku, kpl	402	2343	2583	5328
Runkoluku, kpl/ha	54	317	350	721
Osuus, %	8	44	48	
Tilavuus, m3/ha	28,0	59,2	24,7	111,8
Tilavuus, m3/kuvio	207,3	437,2	182,4	826,8
Pohjapinta-ala, m2/ha	3,9	6,4	3,2	13,5
Pohjapinta-ala, m2/kuvio	28,3	47,0	24,0	99,4

Jäävän puuston tunnuksien estimointi hakattujen runkojen perusteella, ensiharvennus

Hakkuukoneen etualalta poistetut puut suhteessa hakkuukoneeseen ja puiden luokittelu ajourapuiksi ja uravälipuiksi



Poistettujen puiden luokittelu ajourilta ja niiden välistä poistetuiksi tehdään hakkuulaitteen sijainnin avulla



Puustotietojen raportointi

Lähtöpuusto	Mänty	Kuusi	Koivu	Koko puusto
Keskiläpimitta, cm	21,1	19,1	16,7	19,3
Keskipituus, m	16,5	16,6	17,3	16,7
Rungon keskitilavuus, dm ³	179	158	88	142
Runkoluku, runkoa/kuvio	2538	4602	3068	10208
Runkoluku, runkoa/ha	343	623	415	1381
Puulajin osuus, % runkoluvusta/kuvio	24,9 %	45,1 %	30,1 %	
Pohjapinta-ala, m ² /kuvio	59,6	84,7	34,3	178,6
Pohjapinta-ala, m ² /ha	8,1	11,5	4,6	24,2
Tilavuus, m ³ /kuvio	453,2	727,1	271,5	1451,7
Tilavuus, m ³ /ha	61,3	98,4	36,7	196,4

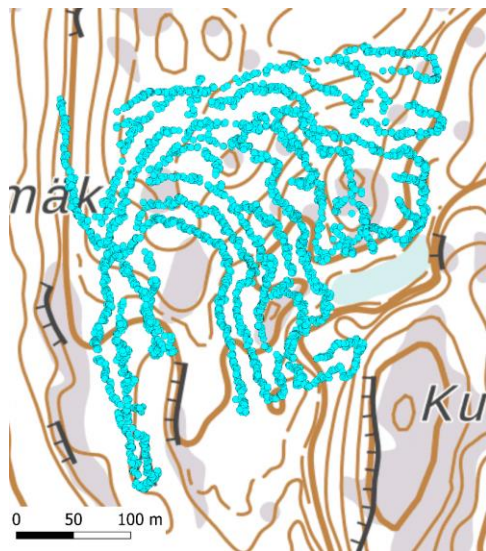
Poistuma	Mänty	Kuusi	Koivu	Koko puusto
Keskiläpimitta, cm	16	16,7	18,8	16,7
Keskipituus, m	15,2	14,5	18,3	15,3
Rungon keskitilavuus, dm ³	115	128	184	128
Poistuma, runkoa/kuvio	2136	2259	485	4880
Poistuma, runkoa/ha	289	306	66	660
Puulajin osuus, % poistetusta runkoluvusta/kuvio	43,8 %	46,3 %	9,9 %	
Hakattu pohjapinta-ala, m ² /kuvio	31,3	37,7	10,3	79,2
Hakattu pohjapinta-ala, m ² /ha	4,2	5,1	1,4	10,7
Poistuman tilavuus, m ³ /kuvio	245,9	289,9	89,1	624,9
Poistuman tilavuus, m ³ /ha	33,3	39,2	12,1	84,6

Jäävä puusto	Mänty	Kuusi	Koivu	Koko puusto
Keskiläpimitta, cm	16	16,7	18,8	16,7
Keskipituus, m	15,2	14,5	18,3	15,3
Rungon keskitilavuus, dm ³	115	128	184	128
Runkoluku, runkoa/kuvio	402	2343	2583	5328
Runkoluku, runkoa/ha	54	317	350	721
Puulajin osuus, % runkoluvusta/kuvio	8,0	44,0	48,0	
Pohjapinta-ala, m ² /kuvio	28,3	47	24	99,4
Pohjapinta-ala, m ² /ha	3,9	6,4	3,2	13,5
Tilavuus, m ³ /kuvio	207,3	437,2	182,4	826,8
Tilavuus, m ³ /ha	28	59,2	24,7	111,8



Hakkuukonekuvio ja ajouraverkosto

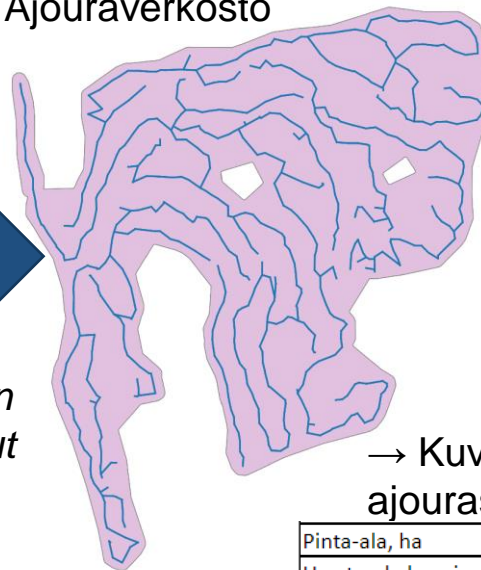
Hakkuukoneen sijainnit (hpr)



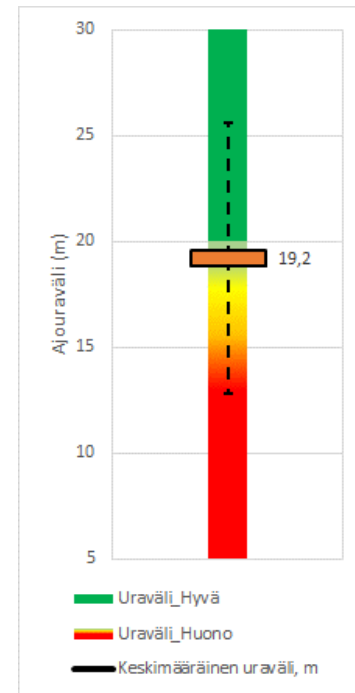
Tietopalvelualusta

- *Kuvioinnin ja ajouraverkoston laskentapalvelut*

Hakkuukonekuvio
Ajouraverkosto



0 50 100 m



→ Kuvion pinta-ala ja ajourasuureet

Pinta-ala, ha	7,39
Uraston kokonaispituus, m	4367
Urien määrä, m/ha	591
Uraston pinta-ala, ha	1,94
Keskimääräinen uraväli, m	19,2
Uravälin keskihajonta, m	6,4



Kokoojaurat ja maaston kantavuus

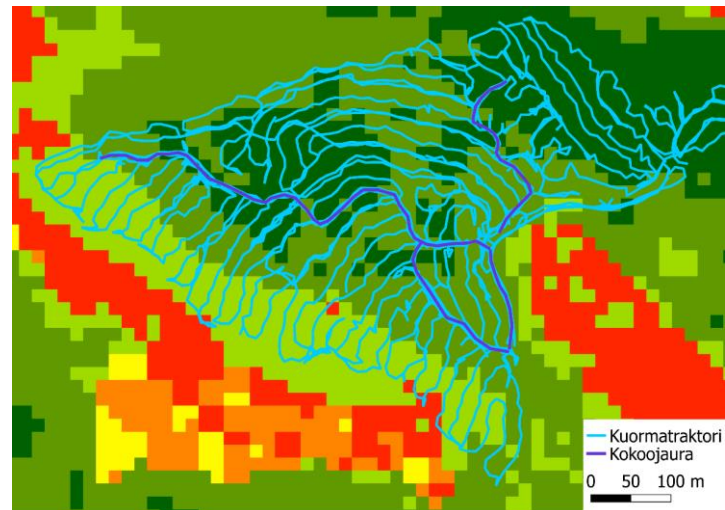
Kuormataktorin ajouranauhoitus (fpr-tiedostot)



Tietopalvelualusta







- *Kokoojauran tunnistus*
- *Reittiominaisuuksien yleistys*
- *Korjuukelpoisuusluokitus*

Kokoojaurat KKL-tasoa vasten



Toteuma:

ajourasto, kokoojaurat, kuvio, %

KKL1	39	36	38		Kiv.maa / kelirikko
KKL2	47	64	40		Kiv.maa / normaali kesä
KKL3	14	-	20		Kiv.maa / kuiva kesä
KKL4	-	-	-		Turvemaa / normaali kesä
KKL5	-	-	-		Turvemaa / kuiva kesä
KKL6	0,6	-	1,6		Talvi



Ajouratunnusten raportoinnin täydentäminen

- Ajourasyvyyksien ja uraleveyksien automaattinen mittaus ei ole vielä mahdollista ilman ulkoisia mittalaitteita, esimerkiksi laserkeilainta.



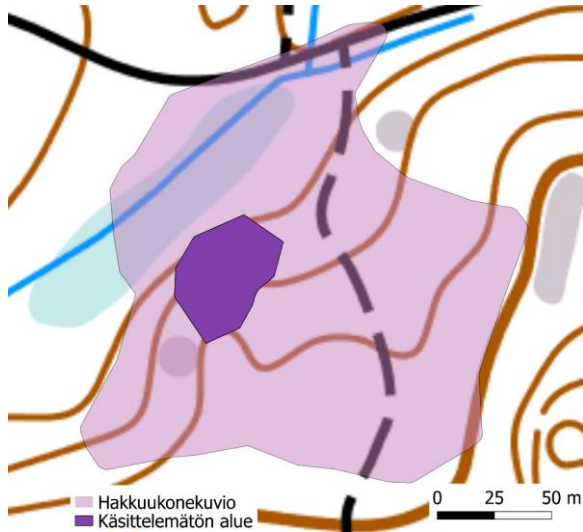
Luontokohteiden automaattinen todennus ja tunnistus

- Menetelmä talousmetsien luonnonhoidon todentamiseen ja potentiaalisten luontokohteiden tunnistamiseen monilähteisten paikkatietoaineistojen avulla on määritelty Marjo Mustolan (2021) pro gradu -työssä. Menetelmä on automatisoitavissa lähes sellaisenaan.
- Säästöpuiden ja -puuryhmien sekä tekopökkelöiden tunnistamiseen tarvitaan hakkuukonetiedon lisäksi tarkempaa tietoa, esimerkiksi hakkuukoneen kuljettajan merkintä.



Säästöpuuryhmän tunnistus avohakkuulla

Hakkuukonekuvio
Käsittelemättömät alueet



Tietopalvelualusta

- *Potentiaalisten luontokohteiden tunnistus*
- Lisätieto säästöpuista, esim. kuljettajan merkintä
- Puustotiedot (VMI, SMK-hilat)

Säästöpuuryhmä



Luontokohteet

Hakkuukonekuvio
Käsittlemättömät alueet

Tietopalvelualusta

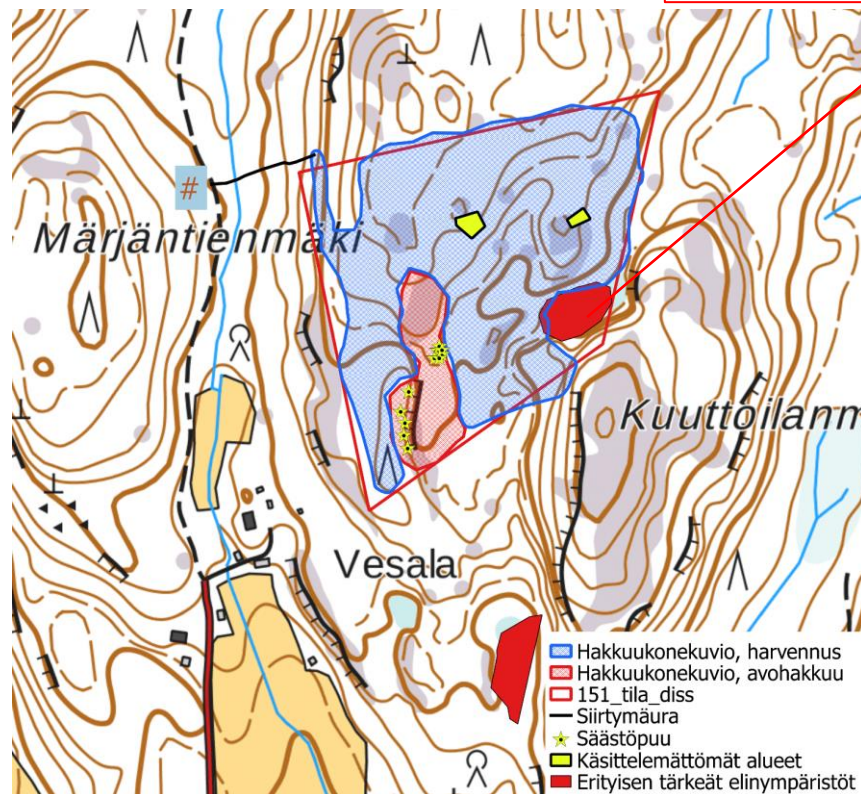
- *Potentiaalisten luontokohteiden tunnistus*
- Erityisen tärkeät elinympäristöt ja METSO-kohteet (SMK)
- Maastotietokanta (MML)
- Lisätieto säästöpuista, esim. kuljettajan merkintä

Erityisen tärkeä elinympäristö:

602 Vähäpuustoinen suo

43 Erittäin tärkeä elinympäristö (Metso 1-2)

601 Pienialainen suo



Todennetaan, että erityisen tärkeä elinympäristö on rajattu hakkuualueen ulkopuolelle

Kuviolta tunnistetaan myös potentiaalinen luontokohde (keltaiset käsittlemättömät alueet)



Laaturaportoinnin positiiviset vaikutukset

Poliittinen (P)

- Metsäalan toimintojen läpinäkyvyyden lisääminen
- Metsäteollisuuden hyväksyttävyyden parantaminen
- Oma-aloitteinen metsätalouden kestävyysmittaus

Taloudellinen (E)

- Kustannustehokas datan siirto ja käsittely
- Kustannustehokas puunkorjuun laadun ja metsätalouden luonnonhoidon todentaminen
- Asiakassuhteiden ylläpito
- Metsäomaisuuden kokonaisvaltainen hoito
- Maastotyömäärän vähentäminen

Sosiaalinen (S)

- Metsäalan yleisen hyväksyttävyyden parantaminen
- Tiedonkulun parantaminen
- Näyttöön perustuva metsätalous
 - Kestävän metsänkäytön todentaminen

Teknologinen (T)

- BigData-teknologia monilähteisen paikkatiedon tuottamisessa
- Kaukokartoitus
- Metsäkoneella tuotetun datan hyötykäyttö
 - Metsäkoneiden omat mittalaitteet
 - Metsäkoneisiin asennettavat ulkoiset mittalaitteet

Ekologinen (E)

- Metsävarojen kestävä käyttö
- Ei-puuntuotannollisten asioiden huomiointi ja seuranta
- Kattavampi tiedontuotto luontokohteista



Yhteenvetona automaattisesta laadunhallinnasta

- Menetelmät ja välineet ovat olemassa puunkorjuun automaattiseen laadunhallintaan ja luontotiedon yhdistämiseen.
- Vaatisi ison kansallisen hankkeen ja yhteisen palvelualustan asian toteuttamiseksi koko laajuudessaan.
- Toteutuessaan olisi merkittävä askel kohti kokonaisvaltaista digitalisaatiota puunhankintaketjussa!



Lähteitä

Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 757/2011. Skogforsk. 72 s.

Hämäläinen, J., Räsänen, T., Ritala, R., Häme, T. & Tergujeff, R. 2017. Seuraavan sukupolven palvelualustan kehittäminen metsätiedon jakeluun. Esiselvitys. Metsätehon raportti 241. 53 s.

Hämäläinen, J., Räsänen, T., Rieikki, K., Sorsa, J.-A. & Ritala, R. 2019. Metsätiedon palvelualustan konseptitestaus. Metsätehon raportti 252. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/metsatiedon-palvelualustan-konseptitestaus-raportti/>.

Ilmatieteen laitos. 2020. Harvester Seasons. [www-sivusto]. [Viitattu: 23.12.2020.] Saatavissa: <https://harvesterseasons.com/>.

Melkas, T. & Hämäläinen, J. 2015. Hakkuukoneella kerätyn puustotiedon hyödyntäminen. Menetelmäkuvaus kaukokartoituksen referenssitiedon keräämiseen ja metsävaratietojen päivitykseen. Metsätehon raportti 237. 47 s. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/hakkuukoneella-keratyn-puustotiedon-hyodyntaminen/>.

Melkas, T. & Rieikki, K. 2017. Puiden paikannustarkkuus hakkuukoneen tallennettuun sijaintiin ja kouran anturointiin perustuen -laskennallinen algoritmi kouran sijainnin tarkentamiseksi. Metsätehon tulosalvosarja 9/2017. 21 s. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/puiden-paikannustarkkuus-hakkuukoneen-tallennettuun/>.

Melkas, T., Rieikki, K. & Sorsa, J.-A. 2020. Automated Method for Delineating Harvested Stands Based on Harvester Location Data. Remote Sens. 2020, 12(17), 2754. 45 s. <https://doi.org/10.3390/rs12172754>.

Mustola, M. 2020. Hakkuukoneen tuottama toteumatieto monimuotoisuudelle arvokkaiden luontokohteiden säilymisen todentamisessa ja potentiaalisten kohteiden tunnistamisessa. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. 54 s. (Julkaisematon luonnos.)

Ovaskainen, H. (toim.) 2019. Kohti automaattista puunkorjuun laadun mittaamista. Metsätehon raportti 251. 53 s. Saatavissa: <https://www.metsateho.fi/kohti-automaattista-puunkorjuun-laadun-mittaamista/>.

Ovaskainen, H., Hämäläinen, J., Poikela, A., Räsänen, T., Määttä, M., Sarjakoski, S., Lahti, M. & Salo, M.. 2019. Ajourakone – hakkuukoneen kuljettajan apuväline korjuun suunnitteluun. Metsätehon tulosalvosarja 11/2019. 18 s. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/ajourakone-hakkuukoneen-kuljettajan-apuväline-korjuun-suunnitteluun/>.

Rieikki, K., Melkas, T., Ovaskainen, H., Poikela, A. & Sorsa, J.-A. 2019. Ajourien automaattinen tuottaminen ja ajouratunnusten määrittäminen hakkuukoneen sijaintitietoon perustuen. Metsätehon tulosalvosarja 4/2019. 28 s. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/ajourien-automaattinen-tuottaminen/>.

Seppälä, P., Malinen, J., Rieikki, K., Ovaskainen, H., Strandström, M., Räsänen, T., Poikela, A. & Sorsa, J.-A. 2021. Metsätiedon palvelualusta puunkorjuun laadunhallinnassa ja talousmetsän luonnonhoidon todentamisessa. Metsätehon tulosalvosarja 3/2021. 39 s. Saatavissa: <https://www.metsateho.fi/metsatiedon-palvelualusta-puunkorjuun-laadunhallinnassa-tuloskalvosarja/>

Venäläinen, P., Räsänen, T. & Hämäläinen, J. 2015. Potential Business Models for Forest Big Data - DIGILE's Data to Intelligence (D2I) program. Metsätehon raportti 235/Metsäteho Report 235. 41 s. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/potential-business-models-for-forest-big-data-data-to-intelligence-d2i-project-report-task-3-2/>.





KIITOKSET
MIELENKIINNOSTA!