

AJOURASUUNNITTELUN HYÖDYNTÄMINEN PUUNKORJUUSSA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Evo, Metsätalous

Syyslukukausi 2020

Laura Järnstedt

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tarkasteltiin ajourasuunnittelun hyödyntämistä puunkorjuussa.

Ajourasuunnittelun keskeiset tavoitteet ovat estää maastovaurioita, parantaa energia- ja kustannustehokkuutta ja lisätä työergonomiaa. Ajourasuunnittelun tukena käytettiin CGI:n yhdessä Metsätehon kanssa kehittämää paikkatietoaineistoon pohjautuvaa Ajourakone-sovellusta. Ajourakoneen optimoimia reittejä sovellettiin Rätt metodin mukaiseen pääurien sijoitteluun kantavalle maalle. Rätt metod on Ruotsista lähtöisin oleva tarkkaan kokoojaurasuunnitteluun perustuva puunkorjuumenetelmä, joka voi mahdollistaa ympärivuotisen puunkorjuun. Tässä työssä toteutunutta pääurien sijaintia verrattiin suunniteltuihin reitteihin ja pohdittiin eroavaisuuksia hakkuukoneiden- ja ajokoneenkuljettajien näkemysten perusteella. Korjuujälki tarkasteltiin maastossa silmävaraisesti ja tiedusteltiin metsänomistajien mielipiteitä hakkuun onnistumisesta.

Tutkittavat leimikot toteutettiin työn toimeksiantajan Greenway Logging Oy:n suunnitteluleimikoille Pyhtään, Kotkan ja Haminan seudulla. Ajourasuunnittelun todettiin olevan hyödyllistä etenkin kosteikkojen välttämiseen ja hankalien rinteiden ylityksiin. Ajourakoneen koettiin olevan hyödyllinen tuki ajourien suunnitteluun, joskin maastokäynti vaaditaan mahdollisten esteiden poissulkemiseksi ja sovelluksen helppokäyttöiseksi saattaminen vaatii vielä työstöä. Ajourakone on keskeneräinen sovellus, joka odottaa sopivaa kehitysprojektia sen saattamiseksi loppukäyttäjälle sopivaan muotoon.

Avainsanat Ajourakone, ajourasuunnittelu, leimikonsuunnittelu, Rätt metod

Sivut 40 sivua

Author	Laura Järnstedt	Year 2020
Subject	The utilization of logging road network planning in timber harvesting	
Supervisor	Miika Näsi	

ABSTRACT

The thesis examined the utilization of logging road network planning in timber harvesting. The main goals in logging road network planning are to prevent terrain damages, improve energy- and cost efficiency, and increase work ergonomics. Ajourakone -application based on spatial data developed by CGI together with Metsäteho was used to support logging road network planning. The logging roads optimized by Ajourakone were applied to the placement of the main logging road on load-bearing soil according to Rätt metod. Rätt metod is a timber harvesting method from Sweden based on precise logging road network planning that allows for more year-round harvesting. The location of the logging roads in this work was compared with the planned logging roads and differences were considered under the guise of the views of harvesters and forwarder drivers. The quality of harvesting was visually examined and the opinions of the forest owners about the success of the felling were asked.

The stands to be examined were carried out for the design stands of Greenway Logging Oy, the client of the work in the Pyhtää, Kotka and Hamina regions. Logging road network planning was found to be especially useful for avoiding wetlands and crossing difficult slopes. Ajourakone was found to be useful aid in logging road design, although a field trip is required to rule out any obstacles and the application still requires further working to make it easy to use. Ajourakone is waiting for a suitable development projekt before it can be put into a general use.

Keywords Ajourakone, logging road network planning, stamp design, Rätt metod

Pages 40 pages

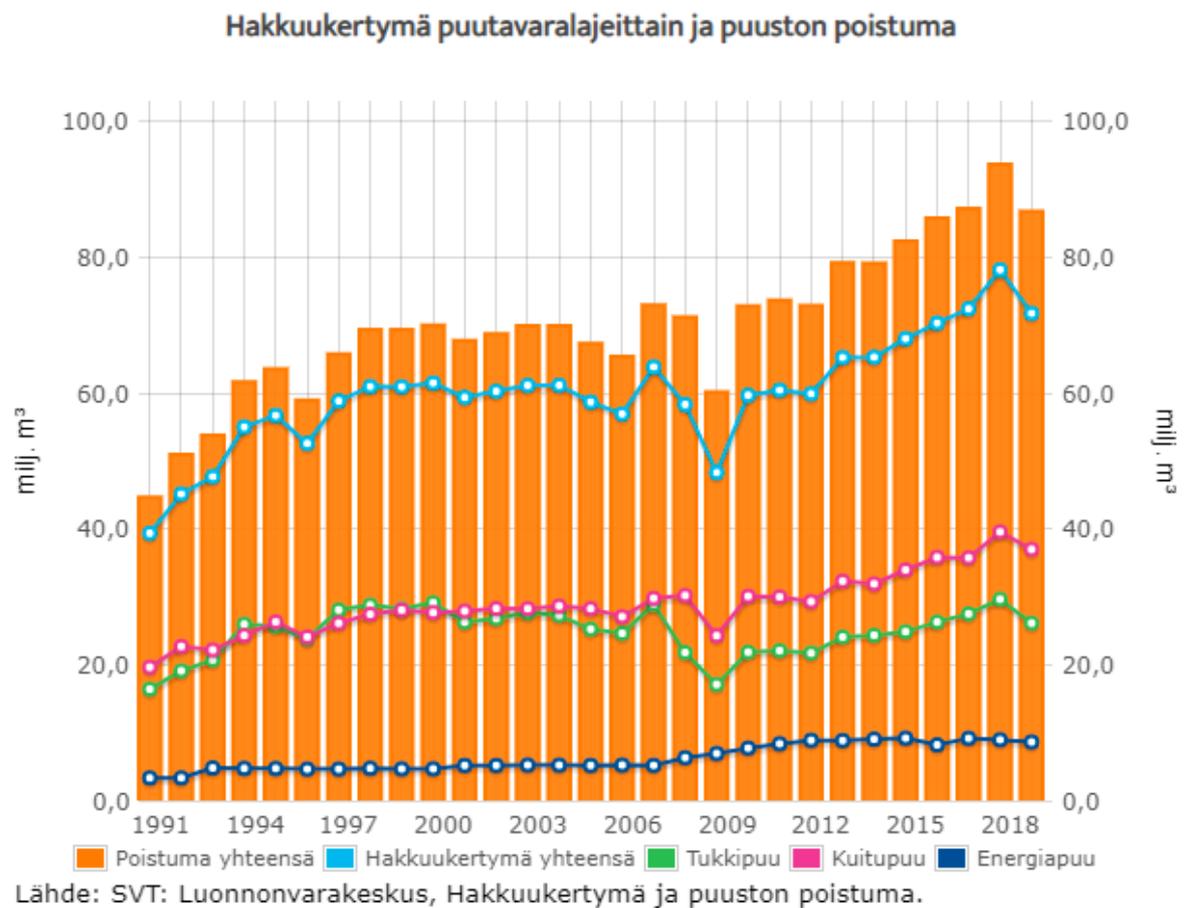
Sisälllys

1	Johdanto	1
1.1	Kausivaihtelu	2
1.2	Opinnäytetyön toimeksiantaja	4
2	Ajourasuunnittelun mallit.....	5
2.1	Rätt metod	5
2.2	Ajourakone.....	12
2.3	Bestway.....	13
2.4	Opinnäytetyön tavoite	14
3	Aineisto ja menetelmät	14
3.1	Tutkimusleimikot	14
3.2	Suunnittelun toteutus ja Ajourakoneen käyttö	15
3.3	Maastotyöt.....	17
3.4	Haastattelut	17
4	Tulokset	19
4.1	Tutkimusleimikoiden ajouratoteumat	19
4.1.1	Leimikko numero 1.....	20
4.1.2	Leimikko numero 2.....	21
4.1.3	Leimikko numero 3.....	23
4.1.4	Leimikko numero 4.....	24
4.1.5	Leimikko numero 5.....	25
4.1.6	Leimikko numero 6 ja 7	26
4.1.7	Leimikko numero 8.....	27
4.1.8	Leimikko numero 10.....	29
4.2	Metsäkoneenkuljettajien mielipiteet ajourasuunnittelusta.....	30
4.3	Metsänomistajien mielipiteet hakkuun onnistumisesta	31
4.4	Tutkimustulosten kooste	32
5	Johtopäätökset	33
5.1	Ajourakoneen testiversion käyttäjäystävällisyys ja kehitysehdotukset	35
5.2	Yleisiä kehitysehdotuksia puunkorjuun ajourasuunnitteluun	36
6	Pohdinta	37
	Lähteet.....	38

1 Johdanto

Suomen metsiä hakattiin Luken (Luonnonvarakeskus) ennakkotietojen mukaan 71,8 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2019 (Kuva 1). Suhdanne on nousujohteinen viimeisintä vuosikymmentä tarkasteltaessa, vaikkakin huippuvuoteen 2018 ei yllettykään. Vuonna 2020 arvioidaan puumarkkinoiden laskun jatkuvan johtuen metsäteollisuuden tuotantoseisakeista ja koronapandemiasta. Teollisuuspuunhakkuukertymän ennakoidaan jäävän 57 miljoonaan kuutioon. Valtakunnan metsien inventoinnin mittausten mukaan koko maan puuston kasvu oli 108 milj. m³ ja Luken arvion mukaan kestävä vuosittainen hakkuumäärä kymmenvuotiskaudella 2016 - 2025 on 80,5 milj. m³. (Metsälehti, 2020; Luke, 2020a)

Kuva 1. Hakkuukertymä puutavaralajeittain ja puuston poistuma (Luke, 2020b).

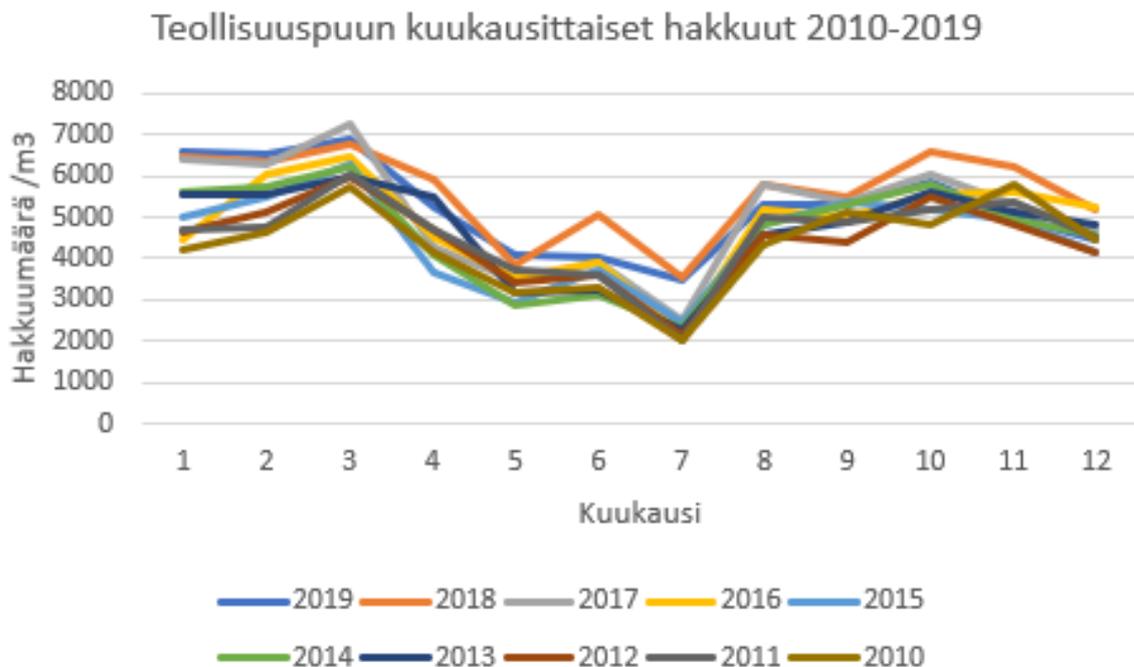


Puunkäytön lisäämiselle luovat edellytyksiä teollisuuden tarpeet ja valtakunnan metsien kasvu. Teollisuuden ympärivuotinen puun käytön kasvu aiheuttaa myös tarpeen kausivaihtelun tasaamiseksi.

1.1 Kausivaihtelu

Kausivaihtelu tarkoittaa puunkorjuun ja kuljetusten kuukausittaisen volyymin vaihtelua. Kausivaihtelua aiheuttavat tehtaiden kysynnän vaihtelut, tiestön kelirikko ja kantavuus sekä leimikoiden korjuukelpoisuus. Maastoltaan huonon kantavuuden omaavat leimikot on perinteisesti korjattu talviaikana, mikä aiheuttaa työvoiman ja kaluston määrän suuremman tarpeen. Resurssitarpeen varaaminen kiireisimpien ajankohtien mukaisesti aiheuttaa koneiden vajaakäyttöä niinä vuodenaikoina, jolloin puunkorjuun tarve on vähäisempi (Kuva 2).

Kuva 2. Teollisuuspuun kuukausittaiset hakkuut viimeisellä kymmenvuotiskaudella. Kaaviossa on huomioitu kaikki puutavaralajit. (Luke, 2020b)



Kausivaihtelu lisää korjuukustannuksia, kun talviajaksi varataan kalustoa ja henkilöstöä, jotka mahdollisesti seisovat tuottamattomana kesäaikaan. Kausivaihtelu vaikuttaa sekä puunkorjuuseen että kaukokuljetukseen. Kuljetuksen osalta kelirikkoon varautuminen lisää

puutavaran siirtoa välivarastoihin, jotta tehtaiden puun saatavuus ei katkea. Metsäyhtiöt arvioivat tiestön korjauskustannuksista 70 % johtuvan kausivaihtelusta. Teiden kunnossapidon kustannuksia aiheuttaa mm. aurauksesta ja sateisena aikana urautuneiden teiden painumien korjauksista. Ilmastonmuutoksen odotetaan lyhentävän talvikorjuaikaa talvien lämmitessä ja sademäärän kasvaessa. (Venäläinen ym., 2017, s. 4, 29; Venäläinen, 2018)

Kausivaihtelun vähentämiseen voidaan yrittää vaikuttaa eri tavoin. Paikkatietoaineisto tarjoaa tiedon korjuukelpoisuudesta ja tiestön kantavuudesta. Pystyvarantotiedolla voidaan ketjuttaa työt tehokkaasti. Pystyvaranto tarkoittaa ostettujen leimikoiden puumäärää, jota ei ole vielä korjattu. Kaluston kehittäminen on tärkeässä osassa. Kantavuuteen voidaan vaikuttaa korjuukaluston teknisin ratkaisuin, kuten leveillä teloilla ja puutavarayhdistelmien akseliratkaisuin. Korjuun suunnittelulla voidaan parhaassa tapauksessa vaikuttaa korjuukelpoisuuden muuttamiseen talvikohteesta kesäkohteeksi, kun leimikolle suunnitellaan ajourat kantaviin kohtiin ja varastopaikka on saavutettavissa kovan maan kautta. (Venäläinen ym., 2017, s. 38)

Sulan maan aikaiset puunkorjuut lisääntyvät lämpenevän ilmaston myötä, kun taas lumipeitteellisen ja roudan aikainen puunkorjuaika jää vähemmäksi. Ilmastonmuutoksen eteneminen lisää metsätuhoriskiä. Etenkin kuusen pintajuuret altistuvat kuusenjuurikäävälle mahdollisten sulan maan aikaisten maastovaurioiden myötä. Sateiden ennustetaan lisääntyvän talvella 7 - 11 % vuosisadan puoliväliin mennessä vuosiin 1981 - 2010 verrattuna. Myös muina vuodenaikoina sateiden ennustetaan lisääntyvän, jolloin maan kantavuus heikkenee. (Ilmasto-opas, 2017; Venäläinen ym., 2017, s. 23)

Metsälaki ohjaa puunkorjuuta kestäväan käyttöön asettaen rajoja, kuten esimerkiksi enimmäismäärän puustovaurioille ja maastovaurioille. Puustovaurio luetaan tapahtuneeksi, mikäli rinnankorkeuden alapuolella on puun nilaan asti ulottunut vaurio 12 cm²:n alueella yhdestä tai useammasta kohtaa tai koko rungon mitalla 30 cm². Juurivaurio luetaan tapahtuneeksi 1 metrin etäisyydellä rungosta yli 2 cm:n paksuisella juurella. Puuston vaurioprocentti ei saa ylittää 15 % suhteessa kasvatettavaan vaurioitumattomiin puihin. Maastovaurioiden urapainumiksi luetaan yli metrin pituinen 10 cm ylittävä painauma kivennäismaalla ja vastaavasti turvemaalla turpeeseen leikkautunut yli 20 cm:n urapainuma

metrin matkalta. Urapainaumien määrä keskimääräisesti ei saa ylittää kangasmaalla 20 % ja turvemaalla 25 % käsittelyalueen ajourien kokonaispituudesta. Kangasmaaksi katsotaan kasvupaikka, jossa kivennäismaa on lähempänä kuin 30 cm maanpinnasta ja turvemaaksi, jossa kivennäismaa on yli 30 cm:n syvyydessä. (Metsälaki 1093/1996 § 1, § 5)

1.2 Opinnäytetyön toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja Greenway Logging Oy vastuullisena puunkorjuun suunnittelijana ja toteuttajana edesauttaa toiminnallaan ilmastopolitiikan toteutumista ja metsälain mukaista toimintaa. Puunkorjuu toteutetaan sertifioinnin kriteerien ja kestävän metsätalouden normien mukaisesti luontoarvot huomioiden. Greenway Logging Oy on Itä-Uudellamaalla ja Kymenlaaksossa toimiva yhteisvastuullinen metsäpalveluyritys, jonka palveluihin kuuluvat korjuun suunnittelu, puunkorjuu, laadunvalvonta, metsäsuunnitelmat, tila-arviot, puukauppa ja muut yksityistä metsänomistajaa palvelevat neuvontatyöt sekä yhtiöitä palvelevat toiminnot.

Opinnäytetyön tavoite heijastuu työelämän tarpeisiin vastata tehokkaaseen työskentelyyn monimuotoisuus ja vastuullisuus huomioiden. Tehokkuus ja vähän polttoainetta kuluttava työtapa muuntuu käytäntöön tasaisemmalla havutetulla pääajouralla, jonka suunta on varastopaikkaa kohti. Pääajoura tulee suunnitella kantavalle maalle kosteikot ja maaston kaltevuudet huomioiden. Keskeisenä kysymyksenä on ajourasuunnittelun tarve, hakkuukoneen-, ajokoneenkuljettajan ja suunnittelijan yhteistyön riittävyys sekä se, onko suunnittelijan paikkatietoaineiston ja maastohavaintojen avulla tekemästä ajourasuunnitelmasta hyötyä maastovaurioiden välttämiseksi. Tutkimuskysymyksenä pohditaan myös sitä että toteutuuko tehty suunnitelma vai löytyykö maastosta tekijöitä, joita suunnittelija ei ole osannut käytännön toteutukseen huomioida vai onko hakkuukoneenkuljettajan maaston ja maastokartan perusteella tekemät huomiot riittävät puunkorjuun toteuttamiseksi yhteiskunnallisesti hyväksyttävin kriteerein. Jatkuvan asiakassuhteen luomiseksi metsänomistajan tyytyväisyys suoritettuun hakkuutapaan on olennaisessa asemassa, mikä tullaan huomioimaan opinnäytetyön tuloksissa.

Opinnäytetyö edesauttaa tekijäänsä toimimaan paremmin työssä korjuun parissa leimikon suunnittelijana ja syventämään ymmärrystä ajourasuunnitteluun vaikuttavista

tekijöistä. Leimikonsuunnittelussa merkitään maastoon tilan- ja/tai korjattavan kuvion rajat, varasto- ja vaaranpaikat, luonto- ja muinaismuistokohteet sekä mahdolliset siirtymäurat varastolta tai kuviolta toiselle. Tarvittavat merkinnät ja lisätiedot merkitään myös karttaan ja työmaaohjeeseen. Karttaan merkitään lisäksi mahdollinen pääajourasuunnitelma. Perusteellisesti tehty työ suunnittelussa tekee käytännöntyöstä sujuvampaa, mikä taas näkyy työntekijän, työnantajan ja puuta ostavan yrityksen tyytyväisyytenä.

2 Ajourasuunnittelun mallit

Hakkuukoneenkuljettaja tekee yksityiskohtaisen ajourasuunnitelman leimikolle saapuessaan. Koneenkuljettaja perehtyy etukäteen maastokarttaan ja mahdollisiin korjuun suunnittelijan tai puunostajan tekemiin havaintoihin esimerkiksi ojien ylityksistä, säästöpuuryhmistä, vaaranpaikoista ja suositelluista tai kielletyistä reiteistä.

Ennakkoon tehtävän ajourasuunnittelun tueksi on erilaisia menetelmiä, ohjelmia ja paikkatietoaineistoja. Yhteisenä nimittäjänä ajourasuunnittelun tarpeisiin on tehokas puunkorjuu, energian säästö, maastovaurioiden ehkäiseminen ja luontoarvojen huomioiminen. Yksinkertaisimmillaan ajourasuunnittelua voidaan tehdä tavallisen maastokartan avulla, jolloin suunnittelu on varsin suurpiirteistä. Arvokasta lisätietoa saadaan, kun tueksi avataan esimerkiksi avoimen aineiston ilmakehä ja vinovalovarjokuva. Metsäkeskuksen korjuukelpoisuuskartta yhdistää saatavissa olevaa tietoa (maaperä, kasvillisuus, kosteus ja kuivatustilanne) ja kokoaa sen yhteen karttatasoon. Se tarjoaa tiedon sekä maan kantavuudesta että siitä, onko kyseinen alue korjattavissa kelirikkoaikaan, normaalina kesänä, kuivana kesänä vai talvella, kun maa on jäässä. Tarkempaan suunnitteluun paneudutaan Rätt metod -menetelmän ja Ajourakoneen kautta. (Metsäteho Oy, 2019a; Metsäteho Oy, 2019b)

2.1 Rätt metod

Rätt metod -menetelmä on kehitetty Ruotsissa ja sen tarkoitus on vähentää maastovaurioita ja tasata kausivaihtelua, mikä mahdollistaa yhä useamman leimikon korjattavaksi ympärivuotisesti. Menetelmä perustuu huolelliseen ennakkosuunnitteluun ja paikkatietoaineistojen hyödyntämiseen. Menetelmä poikkeaa perinteisestä totutusta

korjuumallista (Kuva 3), jossa puut kerätään kiertämällä leimikko rajoja myöten, jonka jälkeen kierretty reitti yhdistetään lenkeillä. Rätt metod -menetelmässä leimikolle suunnitellaan kantaviin kohtiin hyvin havutettu pääura, josta lähtee lenkkejä, pistoja tai haamu-uria. Lenkeiltä ja pistoilta voidaan kerätä havut, mutta haamu-urat ovat leimikon pehmeillä kohdilla vain hakkuukoneenkuljettajan hyödynnettävänä. Ajokoneen ei tarvitse raskaalla kuormalla mennä pehmeille maille, kun hakkuukoneen kuljettaja hakkaa puut piston perältä pääuran tai lenkin viereen. Ajokone voi täydessä lastissa painaa jopa 40 tonnia, kun hakkuukone painaa vain noin 20 - 25 tonnia. Näin ollen maaston rasituksen ero on huomattava. (Metsäalan ammattilehti, 2017; Metsälehti, 2018)

Kuva 3. Vasemmalla kuvassa perinteinen puunkorjuun malli ja oikealla Rätt metodin mukainen korjuu, jossa pääurat on kuvattu vahvempana violettina, keräilyurat samalla värillä ja vihreällä haamu-urat. (Metsäalan ammattilehti, 2017)



Pääura (Kuva 4, s. 7) toimii väylänä varastopaikalta leimikolle ja on suurimmalla käytöllä. Pääuran huolellisen havutuksen hyötynä on välttää maastovaurioita ja vähentää polttoaineen kulutusta. Polttoaineen kulutukseen vaikuttaa suoraan varastopaikalle vievä reitti, joka hyvän havutuksen vuoksi on tasaisempi kulkea. Tasainen kulku pääuralla mahdollistaa suuremman ajonopeuden ja vaikuttaa ehkäisevästi puustovaurioiden määrään,

kun ajokone ei keiku ja pankot eivät hankaa harvennuksella jätettäviin puihin. Tasainen kulku vaikuttaa myös ajokoneen kuljettajan työergonomiaan. (Metsäalan ammattilehti, 2017)

Kuva 4. Stora Enson Rätt metod esimerkkityömaa Porvoossa. Punaisilla merkatut urat ovat huolellisesti havutettuja pääuria, joissa puun metsäkuljetuksen paine on suurimmillaan. Siniset urat ovat lenkkejä tai pistoja, joissa maastoon ei kohdistu yhtä suuri rasitus kuin pääuralla. (Metsäalan ammattilehti, 2017)



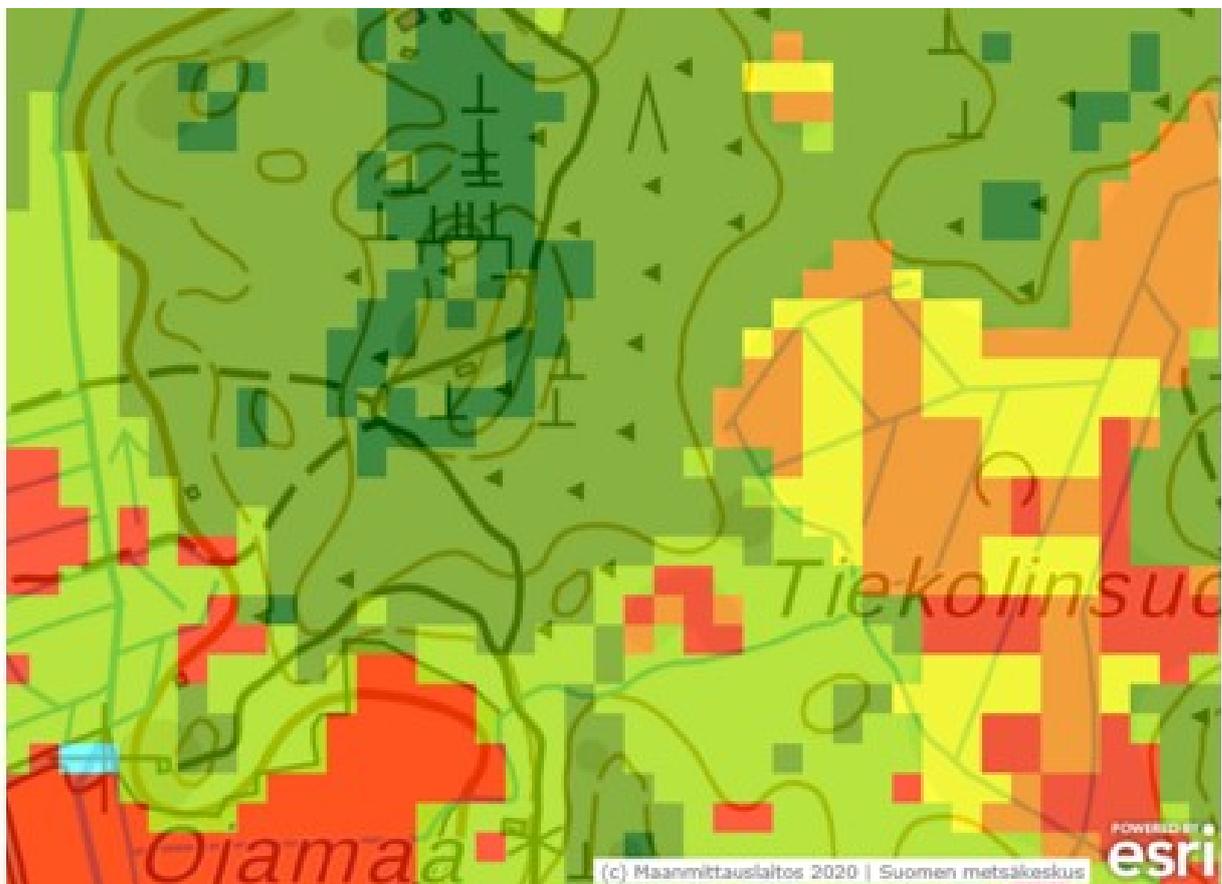
Rätt metod -menetelmän avulla voidaan lisätä leimikon kokoa. Kovan maan leimikkoon voidaan viereisestä turvemaaleimikosta ottaa osa korjattavaksi talven ulkopuolella. Näin metsänomistajan ei tarvitse odottaa sopivaa keliä tulon saamiseksi ja puuta korjaavalla yrityksellä riittää paremmin töitä ympärivuotisesti. (Terve Metsä, 2017, ss. 14 - 16)

Rätt metodin mukaiseen leimikon suunnitteluun voidaan hyödyntää mm. Metsäkeskuksen korjuukelpoisuus-, RUSLE-eroosiomalli- ja kosteusindeksikarttoja. Yhdistävänä tekijänä karttatasojen hyödyntämisessä ajourasuunnittelussa on välttää pehmeiden kohtien

maastovaurioriskit ja vesistöjen kiintoaineskuormitusta sekä löytää suotuisat sijainnit säästöpuuryhmille, mahdolliset purot ja norot. (Metsäkeskus, 2020)

Metsäkeskuksen korjuukelpoisuuskartassa (Kuva 5) väri vaihtuu liukuen huonommin kantavasta turvemaasta hyvin kantavaan kivennäismaahan. Kartassa punainen merkitsee talvikorjuuta ja siten pehmeämpää maastoa, tumman vihreä kantavaa, aina korjattavissa olevaa maastoa. (Metsäkeskus, 2017; Metsäkeskus, 2020)

Kuva 5. Metsäkeskuksen korjuukelpoisuuskartta. (Metsäkeskus, 2017; Metsäkeskus, 2020)

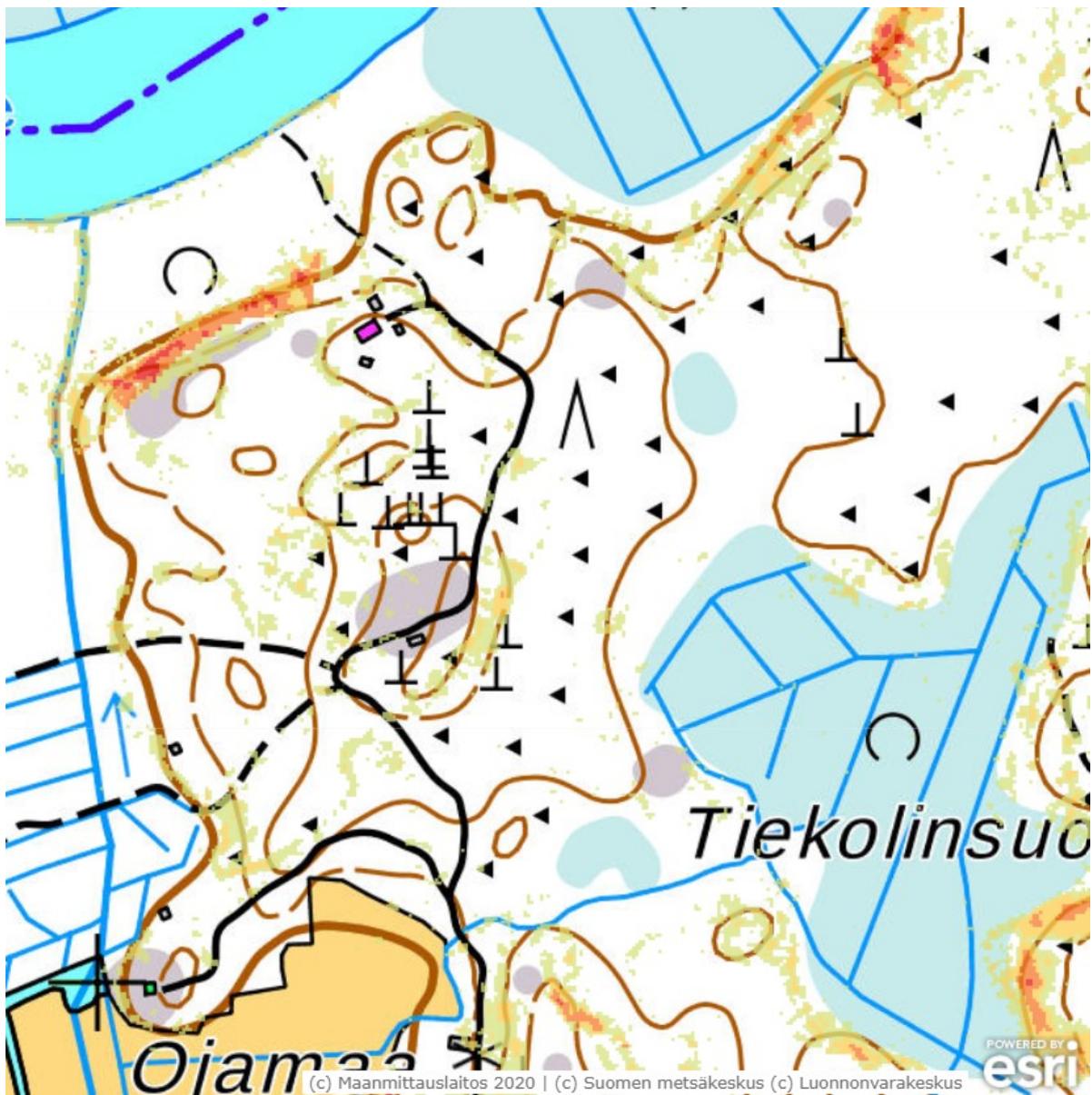


Kartoissa käytetty luokitus:

1	Kelinkko
2	Normaali kesä, kivennäismaa
3	Kuiva kesä, kivennäismaa
4	Normaali kesä, turvema
5	Kuiva kesä, turvema
6	Talvi
254	Vesistö

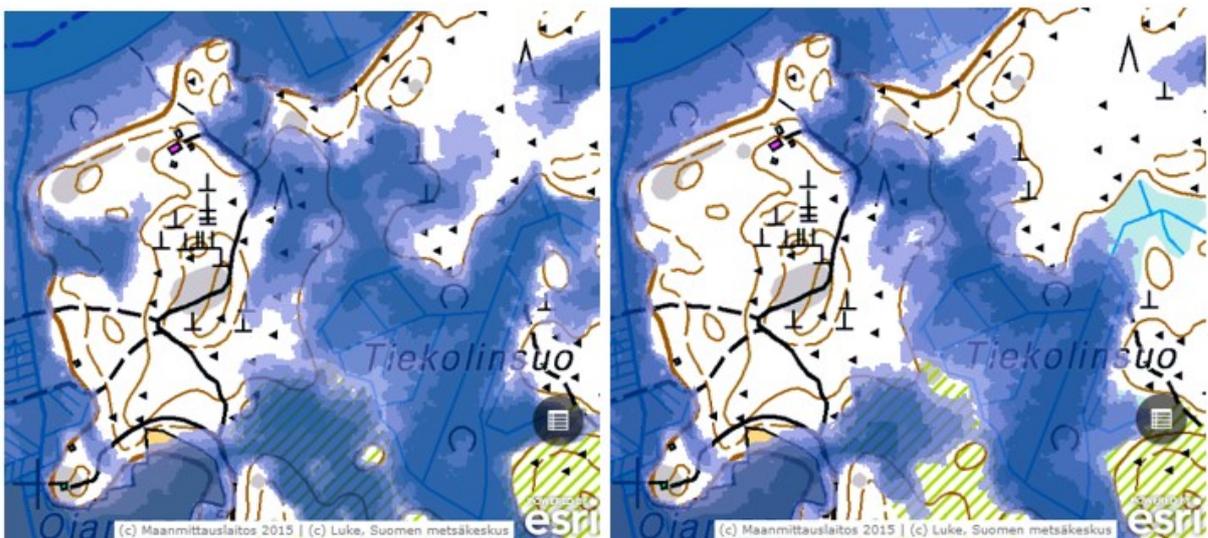
Metsäkeskuksen RUSLE-eroosiomallissa (Kuva 6) esitetään, mitkä maaston kohdat ovat herkimpiä eroosiolle. Eroosio tarkoittaa maaperän kulumista veden, jään, tuulen ja mekaanisen rasituksen vuoksi. Luonnontilainen kasvipeitteellisyys ehkäisee eroosiota kasvillisuuden sitoessa maahiukkasia paikoillaan. Metsätalouden menetelmissä eniten eroosiota aiheuttavat ojitukset ja maanmuokkaus, jotka lisäävät vesistöjen kiintoaineskuormitusta ja ravinteiden huuhtoutumista. (Ekosysteemipalvelut, 2020)

Kuva 6. Metsäkeskuksen RUSLE-eroosiomalli. Eroosiolle herkimmät alueet on kuvattu punaisella ja ajouran sijainnille paras paikka on värittömässä. (Metsäkeskus, 2020)



Metsäkeskuksen kosteusindeksikartta (Kuva 7) osoittaa kosteimmat maastonkohdat. Maaperän märkyys vaikeuttaa puunkorjuuta ja voi aiheuttaa haitallisia ympäristövaikutuksia. Digitaalista DTW (depth-to-water) kosteusindeksikarttaa voidaan hyödyntää urapainaumien välttämiseksi, vesistöjen suojavyöhykkeen määrittämiseen ja ojien ylityksiin kantavimmasta kohdasta. Yleisimmin puunkorjuussa käytettäviä karttoja ovat yhden hehtaarin kartta, joka kuvaa kosteita olosuhteita syksyllä ja keväällä, sekä neljän hehtaarin kartta, joka kuvaa normaalin kesän kosteustilannetta. Kartassa ei huomioida vaihtuvia sääolosuhteita, vaan kartat on tarkoitettu käytettäväksi kausiluontoisesti. (Luke, 2020c)

Kuva 7. Metsäkeskuksen kosteusindeksikartta. Tummmimmat siniset alueet ovat kosteimpia ja heikoiten pääajouran kantavia kohtia ajourasuunnittelussa. Vasemmalla DTW 1 ha ja oikealla DTW 4 ha. (Metsäkeskus, 2020)



Rätt metod -menetelmä parantaa edellä mainittujen lisäksi ajokoneen kuljettajan työergonomiaa ja edistää kesäkorjuun hyväksyttävyyttä. Menetelmän mukaisessa korjuussa ojat ylitetään mahdollisuuksien mukaan tarkoitusta varten rakennettujen väliaikaisten siltojen avulla (Kuva 8, s. 11) vain yhdestä kohtaa. Siltaa varten ladotaan puut ristikkäin ja pinta havutetaan huolellisesti. Rakentamalla silta pääsee vesi virtaamaan ojassa vapaasti, mikä vähentää kiintoaineksen kulkeutumista vesistöihin. Silta jätetään paikoilleen sekä metsäkoneiden että mahdollisen maanmuokkaajan hyödynnettäväksi ja puretaan vasta töiden päätyttyä. Rätt metodin mukaisessa toiminnassa varastopaikat kuormataan metsän puolelta havutetulta uralta. (Stora Enso, ekstranet, 14.6.2020)

Kuva 8. Ojan ylitykseen rakennettu Rätt metod -suositusten mukainen silta Stora Enson työmaalla Haminassa.



Rätt metod ei kuitenkaan ole kokonaan uusi tapa korjata puuta. Koneenkuljettajat ovat hyödyntäneet aiemminkin hakkuu-urien havutusta maastovaurioiden ehkäisemiseksi. Myös varaston täyttöä metsän puolelta on hyödynnetty, jotta tiet pysyvät käyttökelpoisina muillekin käyttäjille. Ojan penkkojen tukeminen puilla on yleinen käytäntö, kun taas Rätt metod kehottaa sillan rakentamiseen. Rätt metod on toimintamalli, joka nivoo yhteen aiemmin hyväksi havaitut keinot. Ennakkosuunnittelun tärkeyttä huolelliseen lopputulokseen pääsemiseksi korostetaan ja uutta ovat hyödynnettävät paikkatietoaineiston materiaalit.

2.2 Ajourakone

Ajourakone on Metsätehon ja sen osakkaiden suunnittelema sovellus ajourasuunnittelun avuksi. Ajourakone on vuonna 2020 keskeneräinen sovellus, jonka käyttö on testiluonteista. Sovelluksen keskeinen tavoite on ehkäistä maaperävaurioita erityisesti harvennusleimikoilla, mutta se soveltuu hyödynnettäväksi myös päätehakkuilla. Ajourakone hyödyntää paikkatietoaineiston lähteitä, joiden avulla lasketaan optimaalinen pääajouran eli kokoojauran sijainti. Sovellus on suunniteltu korjuusuunnittelijan, puunostajan ja koneenkuljettajan käyttöön. Ajourakonesovelluksen tuoteoikeudet omistaa ja teknisestä toteuttamisesta vastaa CGI Suomi Oy.

Ajourakoneen kehitys -hankkeessa on toteutettu kaksi testijaksoa. Ensimmäinen toteutettiin syksyllä 2017 ja toinen kevättalvesta syksyyn 2018 laajalle käyttäjäkunnalle, joiden kehitysideoiden perusteella käyttöliittymää on muokattu. Muutoksia palautteiden pohjalta tehtiin mm. Ajourakoneen esittämään kulkureittiin, sen kulmikkuuteen, korkeuskäyrien ja kosteuden laskennan kalibrointiin. Puustotiedot lisättiin, jotta tietoa voidaan hyödyntää esim. kokoojauran havutukseen. Ajourakone on yhä loppukäyttäjälle hiomaton versio, eikä sitä vielä ole tuotteistettu, vaan se odottaa tällä hetkellä sopivaa projektia lopullisen tuotantoversion kehittämiseksi. (Metsäteho Oy, 2019a; M. Määttä, henkilökohtainen tiedonanto 14.8.2020)

Opinnäytetyössä käytettiin ajourasuunnittelun tukena Ajourakoneen uuden alustan demoversiota, jonka käyttöön tarvittiin testitunnukset. Ajourakone hyödyntää maastotietokantaa (jyrkänteet, ojat, urat, suot jne.), maanpintamallia (sivuttais- ja

pitkittäiskaltevuudet ja maanpinnan epätasaisuus), korjuukelpoisuusluokitusta ja puustotietoja. Valikossa on hyödynnettävissä korjuukelpoisuuden ajankohtia, joita ovat kuiva tai normaali aika tai kun maa on jäässä. Käyttäjä voi vaikuttaa reitin laskentaan myös manuaalisesti määräämällä esimerkiksi tietyn ojanylityspaikan tai estämällä pääsyn tietylle alueelle. (Metsäteho Oy, 2019a)

Ajourakone tuottaa kokoojauralle suositellun sijaintivyöhykkeen, joka huomioi huonosti kantavat ja liian kaltevat maaston kohdat. Kokoojaura on pääasiallinen varastopaikalle vievä usein käytetty väylä. Kokoojauran sijaintia ei esitetä demoversiossa eksaktina paikkana, vaan se esitetään vyöhykkeenä, joka antaa kuljettajalle tilaa hyödyntää omaa työtapaansa, tunnistaa oman kalustonsa tarpeet ja työturvallisuus sekä mahdollistaa tehokkaan työskentelyn. Ajourakone tarjoaa valikon, jossa voi säätää sopivan määrän uria esitettäväksi.

Ajourakone on Heikki Ovaskaisen (Metsäteho) mukaan parhaiten hyödynnettävissä kantavilla sekä sellaisilla kivennäismailla, joilla on jonkin verran soistumia ja kosteikkoja. Turvemaalla ajourat on yleensä ohjattava sarkojen mukaan, koska ojat ovat pehmeämpiä. Ojien ylitystä tuleekin välttää niiden sortumavaarojen vuoksi. (H. Ovaskainen, henkilökohtainen tiedonanto, 2.4.2020)

Ajourakoneen testiversiota käytetään työn tilaajan metsäpalveluyrityksessä piirtämällä leimikonrajat ja varastopaikat manuaalisesti. Edellä mainitut lähtöaineistot on suunniteltu Ajourakoneeseen ladattaviksi, mutta rajapintoja ei ole vielä toteutettu.

2.3 Bestway

Ruotsissa on kehitetty Ajourakonetta vastaava sovellus Bestway, jonka tuoteoikeudet omistaa SkogForsk. Sovellusta on kehitetty vuodesta 2015. Sen tarkoitus on löytää päätehakkulle sopiva kokoojauran sijainti hyödyntämällä maaston korkeusdataa, pohjaveden korkeuskarttaa, puuston määrää ja kiellettyjä alueita. Leimikon rajat, varastopaikka, kosteikon ylityspaikka ja muut mahdolliset ympäristökohteet tulee käyttäjän itse määrittellä ohjelmaan. Bestway antaa tarkasta pääuran sijainnista ehdotuksen, jossa on huomioitu kuormatraktorin ajankäytön minimointi. (Metsäteho Oy, 2019a; skogforsk.se, 2019)

2.4 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko kaukokartoitusaineistoja hyödyntää koneellisen puunkorjuun ajourasuunnittelussa. Lisäksi kysyttiin metsänomistajan mielipidettä korjuun onnistumisesta maastovaurioiden ja ajouratoteutuman perusteella.

Opinnäytetyössä koottiin aiemmin esitellyn aineiston ja menetelmien perusteella ehdotus pääajouralle, jota hakkuukoneen kuljettaja halutessaan hyödynsi tai teki mielestään paremman ratkaisun. Metsänomistajan mielipidettä korjuun onnistumisesta tiedusteltiin palautteen saamiseksi ja korjuun laadun ylläpitämiseksi.

3 Aineisto ja menetelmät

Opinnäytetyön leimikkoaineisto kerättiin kesän 2020 aikana. Leimikot olivat Greenway Logging Oy:n leimikoita Pyhtään, Kotkan ja Haminan seudulla. Ensisijaisesti kiinnostavia leimikoita olivat yli 3 ha:n leimikot, joilla maastovaurioiden syntyminen oli todennäköistä. Kohteilla ajourasuunnittelun tarpeen muodostivat erityisesti leimikolla esiintyvät kosteikot, soistumat tai maaston haastava kaltevuus. Vastaaviin valintakriteereihin ajourasuunnittelun hyödyntämisessä päädyttiin myös aiemmin julkaistussa opinnäytetyössä. (Turppa & Viitala, 2019, s. 35)

Erityisesti ensiharvennuskohteilla ajourasuunnittelu johtaa koko kiertoaikaa koskeviin valintoihin. Usein seuraavilla harvennuksilla on järkevää hyödyntää jo olemassa olevia ajouria, jotta jäävän puuston runkoluku jää riittäväksi. Harvennuskohteilla, joissa vanhoilla ajourilla on esiintynyt ajourapainumia, on yhtenä vaihtoehtona suunnitella uutta ajouraverkostoa, jotta ennestään painuneet maastonkohdat eivät uraudu lisää. Samoin perusteiden ajourasuunnittelua voidaan hyödyntää päätehakuuleimikoihin.

3.1 Tutkimusleimikot

Opinnäytetyön tutkimuksen kohteena olevia leimikoita kertyi yhteensä 10 kpl 46,7 ha. Näistä ensiharvennusten osuus oli 12 ha (Taulukko 1, s. 15), harvennusten 29,8 ha ja

uudistushakkuiden 4,9 ha. Valtaosa oli metsätyypiltään tuoretta kangasta, 27,2 ha, kuivahkoa kangasta 6,8 ha ja lehtomaista kangasta 2,7 ha.

Taulukko 1. Opinnäytetyön kohteet hakkuutavoittain ja metsätyypeittäin

		Hakkuutapa /pinta-ala, ha		
Nro	Metsätyyppi	Ensiharvennus	Harvennus	Uudistushakkuu
1	MT		9,3	siemenpuuh. 2,2 pääteh. 2,7
2	MT		9	
3	MT ja VT			
4	MT	4,8		
5	VT	3,5		
6	VT	1,7		
7	MT	2		
8	MT		9	
9	MT		2,5	
10	OMT			
Yhteensä		12	29,8	4,9

3.2 Suunnittelun toteutus ja Ajourakoneen käyttö

Leimikon tiedot saatiin puunostajalta, joka oli omien havaintojensa lisäksi kirjannut ylös metsänomistajan toiveet. Tiedot löytyivät WoodForce-palvelusta, joka on suunnittelu- ja ohjausjärjestelmä korjuun, metsänhoidon ja metsänparannuksen avuksi. Opinnäytetyössä kohteiden valinta tapahtui toimistolla. Ajourasuunnittelun tarvetta pohdittiin suhteessa leimikon kokoon, maalajiin ja hakkuutapaan. (WoodForce, 2020)

Saatujen tietojen pohjalta leimikon rajat voi Ajourakoneen testiversiossa piirtää manuaalisesti tai vaihtoehtoisesti tallentamalla leimikon geojson.-tiedosto ja lataamalla se sovellukseen. Opinnäytetyössä leimikon rajat piirrettiin manuaalisesti. Rajojen piirtämisen jälkeen valittiin haluttu varastopaikan sijainti ja lisättiin muut mahdollisesti hyödynnettävät tai kierrettävät reitit Ajourakoneen testiversioon. Merkinnät Ajourakoneen testiversiossa

voivat olla pistemäisiä, viivoja tai epäsymmetrisen muotoisia alueita ja niiden hyödynnettävyys voidaan määrittää asteikolla. Merkinnöille voidaan määritellä haluttaessa suojavyöhykkeet. Puunostajan laatimia merkintöjä voidaan ladata myös tiedostosta Ajourakoneeseen, mutta ajankäytöllisesti, teknisen toteutuksen ja tiedostojen yhteensopimattomuuden asettamien haasteiden vuoksi manuaalinen syöttö oli opinnäytetyössä hyödynnettävä menetelmä.

Ajourakone-sovelluksen testiversiossa saa auki valikon, jossa on oletusasetukset karttamerkintöjen hyödynnettävyydestä kielletystä sallittuun ja suojavyöhykkeiden laajuuden säätömahdollisuuden. Karttamerkintöjä ovat mm. tiet, urat, rakennukset, sähkölinjat ja muinaisjäännöspisteet. Oletusasetuksia voi säätää haluamaansa suuntaan. Ajourakoneen testiversioiden valikko tarjoaa säätömahdollisuuden sovelluksen kehittäjien tarpeisiin, eikä välttämättä ole saatavilla loppukäyttöön tarkoitettussa versiossa.

Kun rajoitteet on asetettu, käynnistetään Ajourakoneen testiversioiden reitin laskenta. Ajourakoneen testiversio laatii leimikolle reititysverkon, joka koostuu solmuista ja kaarista. Jokaiselle kaarelle on laskennallisesti määriteltä arvot, joita ohjelma käyttää laskiessaan edullisimman reitin leimikolta varastopaikalle. (Metsäteho Oy, 2019a)

Reitin laskennan jälkeen Ajourakoneen testiversioiden tarjoamaa reittiä tarkasteltiin. Ajourakoneen testiversioiden reittiä verrattiin korjuukelpoisuuskarttaan, kosteusindeksikarttaan ja puumäärään. Mikäli varastopaikka oli kyseenalainen kartan tai puunostajalta saadun tiedon perusteella, piirrettiin Ajourakoneen testiversiolla uusi reitti toisella varastopaikalla. Tarjotut reitit piirrettiin toiseen karttasovellukseen, joka oli käytännöllinen maastossa mobiilisovelluksen ja GPS-sijaintinsa puolesta. Opinnäytetyön tekijä oli eri vaihtoehtoista käytännöllisimmäksi todennut b-bark-sovelluksen alustavaan maastotyöhön omaan käyttöön. B-bark-sovellus on kehitetty kaikenlaiseen ulkoiluun metsästyksestä vaeltamiseen. Hyötynä ilmaisversiossa on useat hyödynnettävät karttatasot, reitin piirto sekä mahdollisuus paikkapiste- ja reittimerkintöihin. (B-bark, 2020)

3.3 Maastotyöt

Toimistossa piirretyn reitin jälkeen tapahtui maasto-osuus. Alkuun tarkasteltiin varastopaikan sijainti. Mikäli varastopaikan sijaintia oli tarpeen muuttaa, tuli asiasta keskustella puunostajan kanssa. Useimmiten varastopaikan sijainti oli toimiva tutkimusleimikoilla. Opinnäytetyössä Ajourakoneen testiversion laskemat reitit tarkasteltiin maastossa, lukuun ottamatta yhtä päätehakkuuleimikkoa, jossa reitin piirto tapahtui jälkikäteen vertailuotoksena. Kyseisellä päätehakkuuleimikolla maasto todettiin melko tasaiseksi, eikä suuria reitin muutoksia kivikkoisuuden puolesta ollut odotettavissa. Valtaosa leimikoista käveltiin Ajourakoneen ehdottamaa reittiä läpi ja muutettiin tarpeen tullen mahdollisen esteen ilmettyä. Näin ollen tässä työssä ei arvioida Ajourakoneen testiversion suunnittelemaa reittiä vaan suunnittelijan suosittellemaa pääuraa maan kantavuus ja esteet huomioiden. Maastotyön perusteella parhaaksi havaitut reitit piirrettiin korjuuyhtiön ja puutaostavan yrityksen käyttämään WoodForce-järjestelmään, josta suunnitelma löytyi hakkuukoneen- ja ajokoneenkuljettajan hyödynnettäväksi.

3.4 Haastattelut

Tutkimusta varten haastateltiin neljää hakkuukoneenkuljettajaa ja ajokoneenkuljettajaa sekä kuutta metsänomistajaa. Hakkuukoneenkuljettaja suunnittelee pääsääntöisesti itse hakkuukohteen ajourat maastokartan ja -havaintojensa perusteella kokemustaan hyödyntäen. Kuljettajalta saatua informaatiota on syytä pohtia huolella, koska kaikilla kuljettajilla yrityksessä on pitkä työhistoria ja kokemuksen tuomaa osaamista eli niin sanottua hiljaista tietoa. Ajourasuunnittelun tulos voi toisinaan poiketa totutusta työtavasta, joten kuljettajalta vaaditaan halua hyödyntää suunnitelmaa. Hakkuukoneenkuljettaja joutuu ehkä poistumaan omalta mukavuusalueeltaan, mikäli kyseinen kuljettaja on tottunut perinteiseen tapaan järjestelmällisesti kiertäen korjata puut kosteikkoja tai metsäkuljetusmatkan pituutta huomioimatta. Mikäli pääuraa ei ole hyödynnetty, niin siihen voi löytyä olennainen syy. Jää pohdittavaksi, onko syy mahdollisesti ongelma suunnittelijan tekemissä havainnoissa tai Ajourakoneen testiversion laskemassa reitissä. Reitien hyödyntäminen voi jäädä puutteelliseksi myös kommunikoinnin puutteesta.

Metsäkoneen kuljettajia haastateltiin kesän 2020 aikana. Haastattelutilanteessa pyrittiin vapaan keskustelun ohjaamana vertaamaan toteutunutta ja suunniteltua reittiä. Kuljettajille esitettiin seuraavia kysymyksiä:

- Ovatko korjuukelpoisuuskartta, Rätt metod ja Ajourakone tuttuja ajourasuunnittelun välineitä?
- Toivotko yleisesti ottaen valmista ajourasuunnitelmaa ja millaisissa tilanteissa sen tarpeellisuus korostuu?
- Jos teet mieluummin itse ajourasuunnittelun, niin mitä karttatasoja hyödynnät työssäsi?
- Oliko ajourasuunnitelma hyödynnettävissä kyseiselle leimikolle?
- Millä perustein hyödynnetty ajouraverkosto on tehty?

Metsänomistajalle kohdistettiin haastattelu liittyen korjuujälkeen. Etämetsänomistaja ei välttämättä käy lainkaan leimikolla, eikä siten kykene muodostamaan mielipidettä työn tuloksesta, mutta töiden sujuvuuteen voi olla mielipide. Toisilla metsänomistajilla voi olla takanaan useiden vuosien ja hehtaareiden kokemuksia korjuujäljestä ja ovat hyvinkin taitavia arvioimaan metsäluonnon huomioivaa korjuuta. Metsänomistajille esitettiin seuraavia kysymyksiä:

- Onko Sinulla aiempaa kokemusta hakkuista?
- Onko Sinulla tapana tarkastaa korjuujälki?
- Kävitkö tarkastamassa hakkuun lopputuloksen kyseisellä kohteella?
- Olitko tyytyväinen korjuujälkeen?

Metsänomistajuus ei kuitenkaan määritellyt tutkittavia leimikoita, vaan metsänomistajan mielipide on arvokkaana informaationa tuleviin suunnittelutöihin työelämässä.

Puunkorjuuyritys palvelee ensisijaisesti puuta ostavan yhtiön tehtaiden raaka-ainetarvetta, mutta vastaa yhtä lailla metsänomistajan omaisuuden hoidosta. Hyvin tehty työ pitää yllä pitkäaikaista asiakassuhdetta.

4 Tulokset

Metsäpalveluyrityksessä, jonka työmaille opinnäytetyön tutkimus kohdistettiin, suunnittelija tekee ajourasuunnitelmia mahdollisimman usealle leimikolle. Ajourasuunnittelulle asettaa tavoitteet puuta ostavan yrityksen toive, mutta ennen kaikkea maastovaurioiden ehkäiseminen ja energiatehokkuuden parantaminen. Ajourasuunnittelu on aikaa vievää, joten priorisointia ajankäytölle joutuu tekemään. Ajourasuunnittelusta poissuljettuja kohteita opinnäytetyössä olivat pitkänomaiset palstat, joissa ei erityistä suunnittelun tarvetta esiinny maastonmuotojen ja kosteikkojen osalta sekä pienialaiset leimikot.

Tutkimuksen perusteella Ajourakoneen testiversion tarjoamia reittejä on syytä tarkastella maaston ja mm. varastopaikkojen määrän suhteen. Mikäli kivikkoisuutta ja varaston tilan tarvetta ei huomioida, ei Ajourakoneen testiversion reitinpiirto ole hyödynnettävissä maastovaurioiden välttämiseksi lyhyintä reittiä leimikolta varastopaikalle. Ajourareitistö on varsin eri näköinen, mikäli koko tienvarsi hyödynnetään varastopaikkana tai pelkkä yksittäinen kohta. Hakkuukertymän vaatima varastopaikan tilantarve korostuu isoilla harvennuksilla, kohteilla, joista kertyy useampaa puutavaralajia ja päätehakuilla. Ajourakoneen demoversion havaittiin opinnäytetyössä tarjoavan reitin maastonmuodoiltaan tasaiseen, loivarinteiseen kohtaan, joka on vyöhykkeenä hyödynnettävissä. Rannikolla maasto asettaa omat rajoitteensa ajourille kivikkoisuutensa puolesta, jota kaukokartoitusaineistosta on vaikea havaita.

4.1 Tutkimusleimikoiden ajouratoteumat

Tutkimuksessa vertailtiin Ajourakoneen ja maastohavaintojen perusteella suunniteltuja pääajouria toteutuneisiin ajouriin. Tulosten perusteella Ajourakoneen demoversio priorisoi suoria reittejä kosteikot kiertäen varastopaikalle, kun suunnittelija yrittää ottaa huomioon aiemmin toteutuneet ajourat, kivikot ja varastopaikan sijoittelun. Tutkituissa leimikoissa koneenkuljettajat toteuttivat ajourat edellä mainitut seikat huomioiden ja osasivat lisäksi paremmin arvioida varastopaikan tilan tarpeen ja siitä aiheutuvan ajouratarpeen. Leimikot korjattiin vähäsateiseen aikaan kesällä 2020.

Ajourakoneesta esitellyt tiedot ovat havaintoja Ajourakoneen testiversion käytöstä. Ajourakoneen karttapohjan kuvat ovat sovelluskehityksen testejä varten, eikä ole suunnattu loppukäyttäjälle.

4.1.1 Leimikko numero 1

Leimikolla numero 1 oli tuoreen kankaan 9,3 ha:n harvennus (Kuva 9). Ajourakoneen testiversion esittää vihrein pistein rajatun leimikon ja vaalein vihrein kolmioin Ajourakoneen testiversion suositteleman ajourareitin. Varastopaikka esitetään risuaidalla.

Oikeanpuoleiseen kuvaan on lisätty myöhemmin pinkillä suunnittelijan suosittelemat urat ja keltaisella hakkuukoneen toteuttamat pääajourat.

Kuva 9. Tuoreen kankaan 9,3 ha:n harvennus Ajourakoneen testiversion karttapohjalla. Vasemmanpuoleisessa kuvassa varastopaikkoja on merkitty koko tien leveydeltä ja oikeanpuoleisessa kuvassa vain yksi varastopaikka.

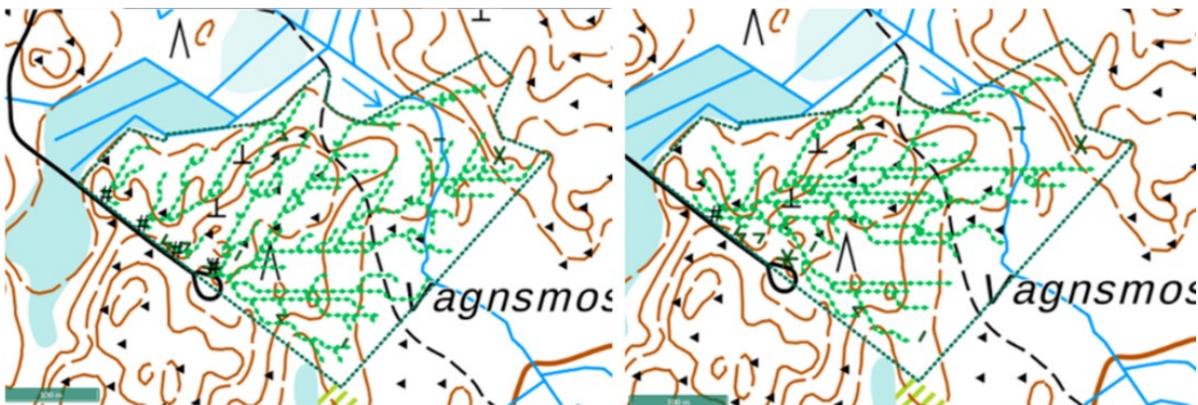


Leimikolla Ajourakoneen testiversion ja suunnittelijan maastohavaintojen perusteella suosittelemat reitit eivät olleet täysin hyödynnettävissä varastopaikan laajuuden ja varastopaikan kivikkoisuuden vuoksi. Tällä harvennuskohteella ostaja oli piirtänyt työmaakarttaan yleisen käytännön mukaan yhden varastopaikkapisteen. Leimikon hakkuukertymä oli kuitenkin niin suuri, että koko tienvarsi oli hyödynnettävä varastopaikkana. Hakkuun ja metsäkuljetuksen ollessa käynnissä tuli ilmi, ettei varastoa voinut täyttää vain metsän puolelta, koska tien reuna oli liian kivikoinen. Käytännössä lastaus tapahtui tien puolelta ja lisäksi tilanaapurilta pyydettiin lupaa käyttää varastopaikan tilantarpeen varmistamiseksi vanhaa varastopaikka-aukkoa. Lopputulos oli lastaus kahta puolen tietä, jonne kulku oli varsinaiselta ostajan piirtämältä varastopaikalta ja lisäksi

kääntöpaikan lenkin perältä. Toteutuneisiin ajouriin muualla leimikossa vaikuttivat aiemmassa harvennuksessa syntyneet ajourat ja kivikkoisuus.

Tutkimuksen perusteella vain pääurien merkitseminen työmaakarttaan on järkevää. Ajourakoneen testiversio tarjoaa varsin täsmällisiä ohjeita useiden ajourien myötä. Ajourien määrää voi testiversiossa säätää liukuvalla asetuksella enemmän tai vähemmäksi (Kuva 10). Mitä enemmän suositeltuja reittejä on hakkuukoneenkuljettajan käytössä, sitä suurempi on tarve saada kyseinen sovellus hakkuukoneeseen. Mikäli suunnittelija ryhtyy tarkempaan ajourasuositeluun eri pistojen ja ajouralenkkien tarkkuudella, kasvaa virheiden määrä siirrettäessä tietoa karttapohjalta toiselle. Myös GPS-tarkkuus vaihtelee sekä suunnittelijalla että koneenkuljettajilla. Suunnittelijan työhön Ajourakoneen keruu-urat olivat opinnäytetyössä toisinaan kuitenkin hyödyllisiä, etenkin jos alkuperäinen urasuunnitelma päättyi esteeseen. Näin ollen Ajourakoneen testiversiön tarjoamaa keruu-uraa myöten oli helppoa tutkia mahdollista toista käytettävää pääuraa.

Kuva 10. Aiemmin esitelty 9,3 ha:n harvennus Ajourakoneen testiversiön karttapohjalla, jossa kokoojaurien lisäksi on esitetty keruu-urien ja pistojen sijaintivöhykkeitä.



4.1.2 Leimikko numero 2

Leimikko numero 2 oli 9 ha:n harvennus. Leimikolla Ajourakoneen testiversio ehdotti reitiksi kantavan kukkulan ylityksen kiven kupeesta (Kuva 11, s. 22). Suunnittelijan mielestä reitti oli hyvä maankosteusindeksin noustessa alaspäin ojaa kohti mennessä ja kyseinen reitti oli suunniteltu ja ohjeistettu pääuran sijainniksi työmaakarttaan. Hakkuukoneen kuljettaja teki kuitenkin päätöksen siirtää uran alemmas rinteeseen. Ratkaisuun ohjanneita seikkoja löytyi

muutama. Raivaaja oli jättänyt kiven kupeeseen aliskasvosta, joten sijainti oli hyvä säästöpuuryhmälle. Reitti olisi silti voinut kulkea ylempänä, mutta puumäärän ollessa suuri oli varastopaikka kasvanut suunnitellusta, joten varastopaikalle johtavien pääurien lukumäärä oli kasvanut ja kun oja oli välissä, oli ilman turhia mutkia saatu hakattua tarvittava alue. Kohde hakattiin kantavalla telavarustuksella varustetulla koneketjulla, jolla kantavuus on parempi. Tässä kohdassa ei tarvinnut olla huolissaan maan pehmeystä. Myös ennakkoraivauksessa oli kertynyt paljon kantavuutta parantavaa materiaalia. Lisäksi koivikon latvukset tuovat havupuuhun verrattuna paremman kantavuuden.

Kuva 11. Rinteen reunalla toteutunut ajoura, joka kiertää säästöpuuryhmän.



4.1.3 Leimikko numero 3

Leimikolla numero 3 tehtiin siemenpuuhakkuu, joka rajautuu kosteikkoon (Kuva 12). Tälle leimikolle oli ohjeistettu pääura sijoittelemaan kantavalle maalle rinteeseen. Ohjeistus oli kohteessa riittämätön ja hakkuukoneenkuljettaja päätyi perinteiseen järjestelmälliseen korjuutapaan. Siemenpuuhakkuulla kertymä oli melko suuri ja valtaosa karkeaa kantavaa kivennäismaata. Ratkaisu oli kosteikkoa lukuun ottamatta toimiva, etenkin kun kaikki urat suuntautuivat systemaattisesti ja energiatehokkaasti varastopaikkaa kohti. Kosteikossa olisi mahdollisesti välttytty urapainauamilta, mikäli siihen kohtaan olisi tehty pisto ylhäältä päin, jottei pehmeään nurkkaan olisi tarvinnut sijoitella mutkaa uraan.

Kuva 12. Kosteikossa ajourapainamaa mutkassa.



4.1.4 Leimikko numero 4

Ojat vaikuttavat ajourasuunnitteluun, kuten leimikossa numero 4, jossa Ajourakoneen testiversion ehdottama reitti jäi hyödyntämättä. Ajourakone etsii suoran reitin varastopaikalle, mikä alentaa polttoaineen kulutusta. Ojien ylitykseen Ajourakone etsii kantavimman kohdan. Kyseessä oli 4,8 ha:n hienojakoisen maan koivikko, johon tehtiin ensiharvennus (Kuva 13). Hakkuukoneenkuljettaja toteutti oman suunnitelmansa ja teki ajourat mahdollisimman suoriksi ojien suuntaisesti. Näin kuljettaja välttyi turhilta ojien ylityksiltä. Hienojakoisella maalla mutkissa tulee herkästi urapainauksia. Mutkia ja käännöksiä pehmeikköön sekä ojanylityksiä olisi muodostunut enemmän, mikäli olisi hyödynnetty Ajourakoneen testiversion ehdotusta. Toteutuneessa reitissä valtaosa lenkin käänöksistä sijoittui reunoille kovemmalle maalle.

Kuva 13. Hienojakoisella maalla suoketjulla harvennettu koivikko esimerkillisellä latvusten sijoittelulla ajouralle.



4.1.5 Leimikko numero 5

Leimikolla numero 5 tehtiin kuivahkon kankaan 3,5 ha:n ensiharvennus (Kuva 14). Tällä leimikolla Ajourakoneen testiversio suositteli kosteikon kiertävän pääuran. Kosteikkoa ei perinteisessä maastokartassa ollut havaittavissa. Ajourakoneen testiversio kuitenkin suositteli kohteen kiertämistä, joka todettiin suositeltavaksi reitiksi. Hakkuukoneenkuljettaja toteutti suunnitelman mukaisen reitin siltä osin. Muutoin leimikolla ajouratoteutuma ei täsmännyt suunniteltuun, koska vasta hakkuun ollessa käynnissä selventyi metsänomistajan toive uudesta tielinjasta. Tien avaaminen vaikutti varastopaikalle siirtymään. Tie johti vanhalle mökille joen rantaan, johon on suunnitteilla nykyaikaisempi mökki. Tielinja kulki turvemaalla, johon syntyy herkästi urapainaumia. Vaihtoehtoista kovan maan reittiä ei ollut valittavissa, eikä urapainaumilta pystytty välttymään. Maaston haasteita leimikolla ajouratoteutumaan asetti kivikkoisuus, jonka vuoksi suunniteltuun reittiin tuli muutoksia.

Kuva 14. Leimikolla numero 5 ajourapainaumia ei esiintynyt, lukuun ottamatta myöhemmin suunniteltua tielinjaa.



4.1.6 Leimikko numero 6 ja 7

Leimikoilla numerot 6 (1,7 ha) ja 7 (2 ha) kuivahkon kankaan järeillä ensiharvennuksilla ajouravalinnat vaikuttavat seuraaviin harvennuksiin. Toisella harvennuksella on usein syytä hyödyntää aiemmin valittuja ajouria, jotta jäävä puusto ei käy liian harvaksi. Kohteella hakkuukoneenkuljettajan ajouravalinnat oli pyritty noudattamaan suunniteltuja reittejä myöten (Kuva 15). Suunnittelussa pyrittiin huomioimaan kivikot ja soistumat. Toteutuneet ajourat muuttuivat osin haastavan kivikon vuoksi. Toteutumassa hyödynnettiin myös leimikon ulkopuolista reittiä, jossa sama kuljettaja toteutti hakkuun kuukautta aiemmin.

Kuva 15. Kahden tilan koostaman 3,7 ha:n leimikon ajourat. Vihreällä Ajourakoneen testiversiön suosittelemat reitit, pinkillä suunnittelijan suosittelemat ja keltaisella toteutuneet pääajourat.



Edellä mainitulla kohteella reittivalinta oli haastava kokeneellekin hakkuukoneenkuljettajalle kivikkoisuutensa puolesta. Se vaikutti lopulliseen reittivalintaan. Ajourakoneen testiversion suosittamia reittejä joutui maaston kivisyyden vuoksi jo suunnitteluvaiheessa muuttamaan. Reitistössä oli myös kohta, jonka suunnittelija muutti olettaen Ajourakoneen testiversion suunnitteleman reitin liian kapeaksi metsäkoneille. Suunnittelijan suosittama reitti päättyi kivikkoon, jonka oletti olevan kahdesta huonosta vaihtoehdosta parempi (Kuva 16).

Kuva 16. Ensiharvennuksella Ajourakoneen testiversion suosittama ja hakkuukoneen käyttämä reitti vasemmalla. Oikealla suunnittelijan ehdottama reitti, joka päättyy kivikkoon.



4.1.7 Leimikko numero 8

Tuoreen kankaan 9 ha:n harvennuksella ajourasuunnittelu ja toteutuma tapahtuivat aiempien harvennusurien perusteella. Ajourakoneen testiversio suositteli soistumien kohdalla ajouraa ylemmäs rinteeseen. Reitti osoittautui jo toteutuneiden urien vuoksi hyödyntämiskelvottomaksi, jottei puuston pohjapinta-ala olisi pudonnut liian alhaiseksi. Reitti olisi voinut olla hyödynnettävissä, mikäli kyseessä olisi ollut päätehakkuu,

ensiharvennus tai pidennettyyn kiertoaikaan tähtäävä väljennyshakkuu. Maaston kaltevuus ja kivikot olisivat mahdollisesti aiheuttaneet esteen reittisuositukselle, mutta reitti olisi vaatinut tarkempaa tutustumista. Vasta reittiin tutustumisen jälkeen voitaisiin kyseisellä leimikolla todeta reitin hyödynnettävyys. Korjuuajankohta oli tiestön asettamien rajoitteiden vuoksi erittäin kuivana ajankohtana, eikä painaumia soistumiin ilmaantunut.

Leimikolla numero 9 tehtiin 2,5 ha:n tuoreen kankaan harvennus. Ajourat suunniteltiin kantavalle maalle ja varaston paikaksi suositeltiin kantavalla maalla sijaitseva kohta. Varastopaikka oli kuitenkin ahdas rajautuen metsänomistajan toiveen mukaan säästettävään koivikkoon ja tilan rajaan. Varastopaikka sijaitsi syvän tieojan kohdalla, jossa oli hankala pääsy tielle. Näin ollen hakkuukoneenkuljettaja teki ratkaisun käyttää pehmeämpää reittiä tielle ja suositteli reittiä ajokoneenkuljettajalle lastata varasto tien puolelta (Kuva 17). Päätös osoittautuikin järkeväksi puumäärän kasvaessa, joten pehmeää kohtaa olisi joka tapauksessa joutunut käyttämään.

Kuva 17. Ajourapainaumaa varastopaikalle siirryttäessä.



4.1.8 Leimikko numero 10

Leimikko numero 10 oli ainut kohteista, johon reittisuunnitelma suositeltiin Ajourakoneen testiversion suosittelman reitin perusteella vasta maastokäynnin jälkeen. Leimikko oli tuoreen kankaan 2,7 ha:n päätehakkuukuusikko (

Kuva 18) tasaisella maalla ilman haastavia kivikoita. Ainut soistuma sijaitsi leimikon reunalla, mikä nauhoitettiin maastokäynnillä säästöpuuryhmäksi. Säästöpuuryhmä toteutuikin hyvin, kun tieto päätyi myös ennakkoraivauksen suorittajalle. Ajourat suositeltiin tehtäväksi Ajourakoneen testiversion tarjoamien pääurien mukaan. Ajourakoneen asetuksia säätämällä yksityiskohtaisemmiksi olisi oijen ylityksiä tullut työmaaohjeistusta enemmän. Kohteella toteutuneet ajourat olivat melko hyvin toteutuneet Ajourakoneen testiversion suositusten mukaan. Tämän leimikon osalta voidaankin todeta Ajourakoneen testiversion ajourasuositusten olevan hyödynnettävissä, kun maasto on tasainen. Myöskään varaston laajuus ei muuttanut reittisuunnitelmia, koska varasto sijaitsi ainoana käytetyn siirtymäuran takana.

Kuva 18. Päätehakkuuleimikolla ajourapainauksia ei esiintynyt.



4.2 Metsäkoneenkuljettajien mielipiteet ajourasuunnittelusta

Kuljettajien haastattelujen perusteella voidaan ajourasuunnittelun todeta olevan hyödyllisintä haastavissa maaston olosuhteissa. Silloin, kun on oikein kivikkoista, ei kuitenkaan välttämättä pelkkä karttamerkintä riitä, vaan kivien välistä pujottelu voi olla tarpeen merkata maastoon. Toisaalta hakkuukoneenkuljettaja voi nähdä reitin ylhäältä koneen kyydistä mahdollisesti paremmin, kuin leimikonsuunnittelija maastossa kävellessä.

Erityisen tärkeänä pidetään siirtymäuran merkitsemistä maastoon, kun ajetaan aiemmin käsitellyn alueen tai naapurin maan poikki leimikolle, kuten tapahtui leimikossa 3. Siellä reitti oli merkattu, mutta ei huomattu varoitusnauhoin merkitä rumpua, jolle aiheutui vahinkoa. Ojien ylityksiin sopivien ojarumpujen sijaintitieto helpottaa ajourasuunnittelua. Myös tieto mahdollisesta penkkatiestä turvemaalla vaikuttaa ajourareitin valintaan, vaikka opinnäytetyön kohteista sellaista ei löytynytäkään.

Usein hakkuukoneen perässä kulkee sama ajokone keräämässä puutavaralajeja metsästä varastolle, muodostaen korjuuketjun. Ajokoneenkuljettajan valitsemia reittejä ohjaa hakkuukoneenkuljettajan tekemät valinnat, lukuun ottamatta uudistushakkuita, joilla on mahdollista tehdä poikkeuksia. Toisinaan voi esiintyä eriäviä mielipiteitä valitun reitin oikeellisuudesta, joka voinee selvitä vasta uran tehtyä. Hakkuukoneenkuljettajan on kuitenkin pysyttävä valinnassaan harvennuksella, vaikka huomaisi reittivalinnan tehtyään toisen kohdan olevan parempi. Ihan rinnakkain ei voi reittejä valita uudelleen, jottei jäävän puuston pohjapinta-ala kärsii. Parhaimmillaan metsäkoneenkuljettajien yhteistyö tulee esille huonon kantavuuden omaavilla mailla, joissa ajokone ajaa samaan aikaan hakattavaa leimikkoa. Näillä kohteilla käydään keskustelua kantavuudesta ja pohditaan yhdessä kestäkö maasto jatkaa korjuuta käsillä olevissa sääolosuhteissa.

Vähäisimpänä ajourasuunnittelun tarvetta pidetään päätehakkuilla, koska uudistusketjussa seuraavana oleva maanmuokkaus joka tapauksessa rikkoo maanpinnan. Huomio pitäisi mahdollisten maastovaurioiden lisäksi kuitenkin ohjata myös metsäkuljetukseen käytettävään aikaan, energian kulutukseen ja työergonomiaan. Myöskään myöhemmillä harvennuksilla suunnittelun tarvetta ei koeta tarpeelliseksi, koska siellä on pääsääntöisesti hyödynnettävä aiempia uria ja urat löytyvät ongelmitta.

Kaikilla leimikoilla ajouratoteuma erosi jonkun verran suunnitellusta. Metsäkoneen kuljettajien näkemyksestä eroihin useimmiten vaikutti maaston kivikkoisuus.

4.3 Metsänomistajien mielipiteet hakkuun onnistumisesta

Hakkuun jälkeen tiedusteltiin metsänomistajien mielipidettä korjuutyön onnistumisesta. Kansainvälinen metsästrategia kannustaa yksityisiä metsänomistajia huolehtimaan omaisuudestaan ja tekemään omien arvojen mukaisia ratkaisuja. Strategian tavoitteiden mukaisesti myös lopputuloksen on oltava metsänomistajan toiveiden mukainen. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2019, s. 14)

Kaikilla haastatelluilla metsänomistajilla oli aiempaa kokemusta puunkorjuusta. Joillakin oli kokemusta hyvistä ja huonoista kokemuksista. Yleisimmin mahdollinen palaute tulee puuta ostavan yrityksen metsäasiantuntijan kautta, jonka on tarkoitus hoitaa pääasiallinen yhteydenpito metsänomistajaan. Tässä työssä mielipidettä tiedusteltiin suoraan metsänomistajilta.

Kahta etämetsänomistajaa lukuun ottamatta, kaikki metsänomistajat olivat tarkastaneet korjuujäljen. Kaikki olivat tyytyväisiä maastovaurioiden vähäisyyteen. Ajouratoteutuman voidaan tutkimuksen haastattelujen perusteella todeta olleen metsänomistajien näkökulmasta hyvä. Ajourien sijaintiin tai niiden oikeellisuuteen eivät metsänomistajat olleet kuitenkaan kiinnittäneet huomiota. Erittelyä ei siten pystytä tekemään, johtuiko hyvä lopputulos ajourasuunnittelusta vai oliko se hakkuukoneen kuljettajan omien maastohavaintojen ja kartanlukutaidon ansiota.

Rakentavaa palautettakin saatiin. Yksittäisiä huomautuksia ajourien risteysten leveydestä tuli kahdelta leimikolta. Leimikossa numero 5 oli kyseessä 3,5 ha:n ensiharvennus, jossa kivikkoisuus oli aiheuttanut yksittäisen reitin muutoksen. Tämä johti ajourasuositukset täyttämättömään ajouraleveyteen ja ajouraväliin kyseisessä kohdassa. Vastaava ajouraleveyteen liittyvä huomautus tuli leimikossa numero 8. Kyseisellä leimikolla tehtiin tuoreen kankaan 9 ha:n harvennus, jossa ei opinnäytetyön tekijän silmämääräiseen tarkasteluun löytynyt huomautettavaa. Kääntöpaikan sijoitteluun tuli metsänomistajalta huomautus tilanrajan ylityksestä tieurakoitsijan toimesta leimikolla numero 3. Samaisen

leimikon viereen tehtiin hakkuu ja siirtymäura kulki tutkimuksen kohteena olevan leimikon läpi ajaen puut samalle varastopaikalle. Siirtymäuralla oli ajokoneenkuljettaja ajanut ojarummun yli aiheuttaen tukoksen, jonka tieurakoitsija vähäisellä työllä avasi.

4.4 Tutkimustulosten kooste

Tässä työssä ajourasuunnittelu tehtiin Rätt metod -menetelmän mukaan. Apuna käytettiin Ajourakoneen testiversiota etsimään suoraa ja kantavaa reittiä leimikolta varastopaikalta. Harvennuksilla suosittiin mahdollisia aiempia ajouria. Muokkauksia reittisuositukseen tehtiin maastohavaintojen perusteella, joten kooste koskee yleisesti ajourasuunnittelun hyödyntämistä, eikä ole suora arviointi Ajourakoneen testiversion suosittelemista reiteistä (Taulukko 2).

Taulukko 2. Kooste leimikoiden suunniteltujen reittien hyödyntämisestä

Leimikko		Suunniteltu reitti hyödynnetty			
Nro	Metsätyyppi, koko ja hakkuutapa	Melko hyvin	Osin	Ei juurikaan	Syyt
1	MT 9,3 ha harvennus		x		Varaston laajuus ja kivikkoisuus, aiemmat urat, kivikot leimikolla
2	MT 9 ha harvennus		x		Varaston laajuus, suurempi reitti, ojat, raivauksen ja koivunlatvuksen parantama kantavuus, suoketju, säästöpuuryhmä
3	MT 2,2 ha siemenpuuhakkuu			x	Riittämätön ohjeistus, hakkuutapa, pääosin hyvä kantavuus
4	MT 4,8 ha ensiharvennus			x	Ojat
5	VT 3,5 ha ensiharvennus		x		Hakkuun edetessä muuttunut siirtymäura varastopaikalle, kosteikko kierretty suunnitelman mukaan, kivikot
6	VT 1,7 ha ensiharvennus	x			Muutoksia aiheuttanut kivikko ja aiemmin hakatun viereisen päätehakuuleimikon hyödyntäminen varastolle tultaessa
7	MT 2 ha ensiharvennus	x			
8	MT 9 ha harvennus	x			Aiemmat urat huomioitu
9	MT 2,5 ha harvennus		x		Varastopaikan sijainti/pienuus ja puumäärä
10	OMT 2,7 ha päätehakkuu	x			Maaston tasaisuus

5 Johtopäätökset

Ajourasuunnittelun hyödyt nousevat esiin suurissa leimikoissa, joissa on huomioonotettavia erityispiirteitä, kuten soistumia ja vaikeakulkuisia rinteitä. Ajourasuunnittelu säästää hakkuukoneenkuljettajan aikaa, kun koneenkuljettajalle on merkitty valmiiksi suositeltu pääuran sijainti, eikä koneenkuljettajan tarvitse käyttää aikaa pohtimiseen mistä suunnasta työn aloittaa. Hakkuukoneen kuljettajan aika on kalliimpaa kuin suunnittelijan, koska koneenkuljettajan ajankäyttöön liittyy kalliin hakkuukoneen tehokas ajankäyttö.

Vilja Turpan ja Jani Viitalan opinnäytetyössä Paikkatietoaineiston hyödyntäminen korjuun suunnittelussa ja toteutuksessa (2019, s. 34) todettiin hakkuukoneenkuljettajan toteuttavan ajourasuunnittelun systemaattisemmin verrattuna Ajourakone-sovelluksen suositteluun kantavan maan sijaintiin. Käsillä olevassa tutkimuksessa ei kuitenkaan samaan päätelmään tulla. Korjuun ajouratoteuma on riippuvainen useammasta tekijästä, mm. hakkuutavasta. Järjestelmällisintä ja perinteisintä ajouratoteumaa vaikuttaa olevan päätehakuilla. Mikäli maapohja on kaikkialla kantavaa, ei maastovaurioista tarvitse niin paljoa kantaa huolta. Tällöin ajourat määrittelevät mahdolliset kivikot, rinteet, valmiit urat ja luontokohteet. Useimmiten urat suuntautuvat varastoa kohden. Hienojakoisilla heikommin kantavilla mailla hakkuukoneen kuljettajat kiinnittävät enemmän huomiota maastonmuotoihin ja välttävät kohdistamasta ajouria notkelmiin.

Ajourasuunnittelun tueksi kehitettyyn Ajourakoneeseen manuaalisesti siirrettäessä leimikon rajat ja muut olennaiset tiedot olisi helpompi toteuttaa, mikäli Ajourakoneen testiversiossa olisi näkyvissä voimassa olevat tilanrajat. Täytyy toki huomioida sovelluksen olevan vasta testivaiheessa, eikä manuaalinen toimintatapa ei ole Ajourakoneen tavoitteleva lopullinen ratkaisu. Tavoitteena Ajourakoneella on hyödyntää rajapintoja ja integroida ratkaisu korjuun hyödyntämään tietojärjestelmään tarjoten eri karttatasoja valittaviksi.

Tutkimuksessa todettiin parhaimman tuen ajourasuunnittelun avuksi tuovan maaperän kosteusindeksi. Kosteusindeksin helppokäyttöisyyttä lisäisi, mikäli taso olisi saatavilla Woodforce-ohjelmaan, joita käyttävät mm. suunnittelija ja hakkuukoneenkuljettaja. Silloin hakkuukoneenkuljettaja näkisi heti missä on kosteaa ja voisi tiedon pohjalta harkita, onko tuohon kohtaan järkevää tehdä pääuraa tai mutkaa. Jos suunnittelija on merkannut reitin

karttaan, hakkuukoneenkuljettajan on myös helpompi hyväksyä ja ymmärtää suunniteltu reitti, mikäli kosteusindeksikartta olisi saatavilla. Joskus esimerkiksi ojan ylityspaikka voi näyttää lähestyttävältä suunnalta parhaalta, mutta toisella puolen osoittautua vääräksi näkyvyyden peittoalueen jälkeen.

Ajourakoneen demoversion muodostama reitti ei ole suoraan hyödynnettävissä pääuran sijainniksi, vaan vaatii reitin todentavan maastokäynnin. Jos Ajourakone olisi hakkuukoneen kuljettajan käytössä, voisi reittimuutokset toteuttaa reaaliajassa muuttaen reitin pelkäksi pistoksi tai tehden reittiin tarvittavan mutkan. Toisaalta mutkat taas lisäävät maaperävaurioiden riskiä ja polttoaineen kulutusta, mikä taas edistää ilmastonmuutosta.

Haastavinta ajourasuunnittelun kannalta on ojien ylitykset. Oikean reitin määrittäminen voidaan todeta vasta jälkikäteen. Ristiriitaisuutta tuo myös hyödynnettävät toteutussuositukset. Yksittäisen ojan ylitykseen Ajourakoneen testiversio tuo hyvän ehdotuksen hyödyntäessään kantavaa maata. Toisaalta Ajourakoneen testiversio säädoistä ei ole löytynyt hyödynnettävää keinoa valita vain yksi ja paras ylitys, vaan se tulee todeta paikan päällä ja uudelleen käynnistää ajourasuunnitelma. Näin ollen, riippuen ojan sijainnista, Ajourakoneen testiversio ehdottaa useamman ylityksen, mutta puuta ostava yritys suosittelee Rätt Metod -menetelmän mukaista yksittäistä ylitystä. Jos ojia on alueella useampi, tulee miettiä sitä, onko parempi tehdä useampi ojan ylitys Ajourakoneen testiversio suositusten mukaan, vai yksittäinen pääura. Molemmat menetelmät suosivat kalanruodon tyyllisesti sijoiteltuja hakkuu-uria, jotka suuntautuvat varastopaikkaa kohden. Tällöin voi pehmeikössä muodostua ongelmaksi mutkat, joita tulisi välttää urapainumien ehkäisemiseksi. Perinteinen järjestelmällinen korjuumenetelmä suorin linjoin voi tällöin olla parempi vaihtoehto, kunhan ojan penkat tuetaan puilla ja kansi viimeistellään havuilla. Useampi ajoura pehmeikössä vähentää yksittäisen uran rasitusta.

Toisinaan ajourasuunnitelma muodostuu mahdollisista esteistä, kuten metsäkoneella ylityksen estävät vesiputket ja maakaapelit. Myös sähkölinjat ovat toisinaan niin alhaalla, ettei niiden alitse mahdu. Tällaisista esteistä ei useimmiten ole ennalta tietoa, vaan tieto kerätään leimikon suunnittelijan maastohavaintojen perusteella. Tällöin vaihtoehtona suunnittelussa on hyödyntää jo aiemmin kaukokartoitustiedon pohjalta Ajourakoneen testiversio laatimaa reittiä ja muokata se maastoon sopivaksi tai vaihtoehtoisesti

käynnistää sovellus uusin merkinnöin uudelleen. Tehokkaan ajankäytön vuoksi ensin mainittu vaihtoehto on todennäköinen. Tällaisia esteitä ei opinnäytetyön kohteissa ilmaantunut, vaan on opinnäytetyöntekijän yleistä pohdintaa ajourasuunnittelusta.

5.1 Ajourakoneen testiversion käyttäjäystävällisyys ja kehitysehdotukset

Korjuun suunnittelijan käytössä Greenway Logging Oy:ssä on puuta ostavan yrityksen käyttämä karttasovellus WoodForce, johon tarvittavat lisämerkinnät laaditaan. Samainen kartta on korjuun toteuttajan eli hakkuukoneen- ja ajokoneenkuljettajan käytössä.

Ajourakoneen testiversio on oiva apuväline kokoojauran sijainnin suunnitteluun, mutta eri ohjelmien päällekkäinen käyttö syö tehokkuutta. Ajankäyttö tehostuu, kunhan Ajourakone saadaan tuotteistettua ja integroitua osaksi korjuun käyttämää järjestelmää.

Ajourakoneen testiversion käyttökokemuksen perusteella kokoojaurasuunnitelma ei ole sokeasti hyödynnettävissä, vaan täysin hyödynnettävään suunnitelmaan on kokoojauran sijainti tarkastettava maastossa. Opinnäytetyössä havaittiin parhaaksi työjärjestykseksi tehdä toimistotyö ensin ja todeta sen jälkeen hyödynnettävyys maastossa. Havaintojen perusteella korjuusuunnittelija voi halutessaan merkitä oikean reitin käytössä olevaan karttasovellukseen tai lisätä tarkentavat tiedot Ajourakoneen testiversion ja käynnistää kokoojaurasuunnitteluovelluksen uudelleen. Välivaiheita voisi vähentää, mikäli loppukäyttäjälle valmis Ajourakone olisi käytettävissä mobiiliversiona reaaliajassa maastossa. Reitin voisi siten piirtää vain kertaalleen yhtiön käyttämään karttasovellukseen. GPS-sijainti täsmentäisi ja nopeuttaisi käyttöä.

Tutkimuksen perusteella ajourasuunnitelman muutoksiin johtavia syitä löytyy useita. Useimmiten esteeksi osoittautuvat kivikot, joita rannikolla eritoten löytyy. Raivaajan näkemys vaikuttaa myös päätökseen säästöpuiden sijoittelussa. Varastopaikan laajeneminen johtaa siihen, että varastolle johtavia reittejä voi olla tarpeen hyödyntää useampi kuin yksi. Varastopaikan tilantarpeen selvittämiseksi olisi käytännöllistä, mikäli ohjelmaan voisi syöttää arvioidun hakkuukertymän. Näin ollen tarjotut ajourat suuntautuisivat todennäköisesti toisin, kuin tällä hetkellä pistemäisessä varastopaikkamerkinnässä. Varastopaikan sijaintiin tien varressa olisi myös kiinnostava löytää keino laskettaa optimaalinen sijainti, joka huomioi tien reunan pehmeiköt suhteessa mahdollisimman lyhyeen metsäkuljetusmatkaan. Mikäli

varasto sijaitsee leimikon ulkopuolella, olisi suunnittelua helpottavaa laskettaa siirtymäuralle sopiva sijainti.

Ajourakoneen testiversioon voi ladata omia havaintoja, joille voi merkitä haluamansa bufferin, eli suojaväyhykkeen. Havainnon voi merkitä kokonaan vältettäväksi tai suositelluksi käytettäväksi reitiksi. Ajourakoneen testiversiossa päällekkäisten havaintojen tekeminen asettaa haasteita. Esimerkiksi jos vesiputki kulkee osan matkaa maanpinnassa ja tietyssä kohtaa maan alla, on merkattava kaksi pitkää estettä. Yhden pitkän esteen merkintä, johon ylityskohdan merkitsee suositelluksi reitiksi ei Ajourakoneen testiversiossa onnistu.

5.2 Yleisiä kehitysehdotuksia puunkorjuun ajourasuunnitteluun

Suunnittelun tueksi saatavaa kaukokartoitusaineistoa on hyvin saatavilla, mutta siihen täytyy suhtautua varauksella. Alueittaisia eroja löytyy tiedon ajantasaisuudessa. Suurin puute helposti saavutettavaan kaukokartoitusaineistoon on kivikkojen sijainti ja suuruus. Erityisen hyväksi avuksi suunnittelussa opinnäytetyön tuloksissa havaittiin maankosteusindeksikartta.

Ajourasuunnitelman laatimiseen joutuu nähdä vaivaa ja aikaa, mikä kostautuu suunnittelijan työn kannattavuudessa. Kannattavuuden parantamiseksi olisi hyvä, jos leimikon työkarttaan olisi yhdisteltävissä eri karttatasoja, jolloin tiedon keruu ja niiden yhdistäminen ei aiheuta inhimillisiä virheitä reitin piirtoon. Tutkimustyön perusteella opinnäytetyöntekijä lisäisi korjuuryityksen käyttämään karttaan loppukäyttäjälle valmiin Ajourakoneen, vinovalovarjokuvan sekä maankosteusindeksi- ja RUSLE-eroosiomallikartan.

Järjestelmän merkintöjen tulisi seurata polkua, jossa kaikki puunostajan tekemät karttamerkit seuraavat suunnittelijalle, joka tekee tarvittavat lisäykset. Nämä tiedot tulisi olla sekä raivaajan, hakkuukoneenkuljettajan että ajokoneenkuljettajan saatavilla. Tällä hetkellä suunnittelijan tulee omasta käyttöliittymästään siirtää tiedot korjuun käytössä olevaan lisätieto-osioon. Raivaajalle ei tieto havainnoista puunostajan merkintöjen jälkeen siirry, vaan erinäisten yhteystietoselvittelyjen jälkeen voi mahdollisen tiedon antaa vain puhelimitse ja sama toisinpäin. Turhaa tietoa ei toistaiseksi ole ollut tarjolla, joten kaikki lisätieto lienee hyödyksi. Raivaajalta voisi saada tiedon mahdollisista säästöpuuryhmistä tai muista ympäristöhavainnoista, kuten hiiltyneestä puusta, joka ei kelpaa teollisuudessa

muualle kuin energiaksi, mutta luonnon monimuotoisuuden edistäjänä toimii hyvin. Näkymä on erilainen riippuen siitä, mistä ilmansuunnasta tiettyä kohtaa katsoo, jolloin jotain voi jäädä huomaamatta.

6 Pohdinta

Opinnäytetyön aihe oli työelämälähtöisyydeltään todella antoisa ja kehitti omaa osaamista korjuun suunnittelijana. Työhön paneutuminen oli innostavaa ja opinnäytetyön kautta oman työn ymmärtämisen taso kehittyi. Opinnäytetyön tuloksia on kuitenkin tarkasteltava kriittisesti huomioiden tulosten olevan jossain määrin tekijän henkilökohtainen näkemys ja tulkinta. Tulokset voisivat olla erilaiset riippuen korjattujen leimikoiden vuodenaikakohdasta.

Tutkimuskohteiden edetessä ja valmiin korjuun tarkastelua suoritettaessa nousi ennestään valtava arvostus koneenkuljettajien osaamiseen ja yhteistyön tärkeyteen hakkuu- ja ajokoneenkuljettajan välillä. Monestikin haastavalta maastolta vaikuttava kohde onnistui metsäkoneenkuljettajilta taitavalla koneen käsittelyllä ja maaston lukutaidolla. Ratkaisut ja reittivalinnat opettivat jokainen ajourasuunnittelua ja kommunikoinnin tärkeyttä.

Suunnittelija voi ehdottaa reittejä ja etenkin kosteikkojen, haastavien rinteiden ja esteiden kohdalla suunnittelusta voi olla hyötyä hakkuukoneenkuljettajan ajankäyttöön leimikolla. Ajourakoneen testiversio helpottaa lähtökohtaa suunnittelulle sen kootessa helposti saavutettavaksi eri karttatasot. Oros opinnäytetyön osalta on kuitenkin melko suppea ja elinikäisen oppimisen myötä tieto ja taito karttuu. Yhteistyön jatkuessa kuljettajien kanssa on todennäköistä luottamuksen lisääntyvän ja sen myötä voi lisääntyä kuljettajien uskallus poistua totutusta tavasta. Se voi johtaa parempaan energiatehokkuuteen ja maastovaurioiden entistä huolellisempaan välttämiseen. Lopulliset ratkaisut tekevät kuljettajat.

Lähteet

B-bark. (2020). <https://play.google.com/store/apps/details?id=fi.belectro.bbark&hl=fi>

Ekosysteemipalvelut. (2020). *Rakenne: luonnontilainen maaperä.*

<https://www.luonnontila.fi/ekosysteemipalvelut/ekosysteemipalvelut/saatelypalvelut/eroosion-torjunta/rakenne>

Ilmasto-opas. (2017). *Sademäärät kasvavat ja rankkasateet voimistuvat.* [https://ilmasto-](https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/27922915-7ee5-4122-ae60-51f58e6aef9a/sademaarat-kasvavat.html)

[opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/27922915-7ee5-4122-ae60-51f58e6aef9a/sademaarat-kasvavat.html](https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/27922915-7ee5-4122-ae60-51f58e6aef9a/sademaarat-kasvavat.html)

Luke. (2020a). *Hakkuukertymä ja puuston poistuma.* <https://stat.luke.fi/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma>

Luke. (2020b). *Tilastotietokanta.*

http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__02%20Rakenne%20ja%20tuotanto__06%20Teollisuuspuun%20hakkuut%20ja%20tyovoima/?tablelist=true&rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db

Luke. (2020c). *Maaston kosteusolosuhteita kuvaava kartta-aineisto auttaa kosteiden*

alueiden löytymisessä puunkorjuun suunnittelussa. <https://www.luke.fi/uutinen/maaston-kosteusolosuhteita-kuvaava-kartta-aineisto-auttaa-kosteiden-alueiden-loytamisessa-puunkorjuun-suunnittelussa/>

Maa- ja metsätalousministeriö. (2019). Metsiä käytetään aktiivisesti, kestävästi ja

mnipuolisesti. Teoksessa *Päivitetty kansallinen metsästrategia* (s. 14). <http://www.e-julkaisu.fi/maa-ja-metsatalousministerio/kansallinen-metsastrategia-2025/mobile.html#pid=14>

Metsäalan ammattilehti. (2017). Stora Enso kokeilee uudenlaista korjuumenetelmää nyt

myös Suomessa - Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty. *Metsäalan ammattilehti* 26.11.2017. <https://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?115064>

Metsäkeskus. (2017). *Tuotekuvaus, korjuukelpoisuuskartta, korjuukelpoisuusalueet.*

<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/korjuukelpoisuuskartat-tietotuotekuvaus.pdf>

- Metsäkeskus. (2020). *RUSLE-eroosiomalli ja kosteusindeksit vesiensuojelun suunnittelussa*.
http://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/wp-content/uploads/2020/01/8_Mallit_vesiensuojelun_suunnittelussa_16012020_muokattu.pdf
- Metsälaki 1093/1996. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131308>
- Metsälehti. (2018). Korjuuapua pehmeille maille. *Metsälehti* 9/2018. Haettu 15.6.2020
 osoitteesta <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/korjuuapua-pehmeille-maille/#8dab440f>
- Metsälehti. (2020). *Luken ennuste- Puumarkkinoilla alamäki jatkuu*.
<https://www.metsalehti.fi/uutiset/luken-ennuste-puumarkkinoilla-alamaki-jatkuu/#8dab440f>
- Metsäteho Oy. (2019a). *Ajourakone – hakkuukoneen kuljettajan apuväline korjuun suunnitteluun*. Metsätehon tulosalvosarja 11/2019. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja_2019_11_Ajourakone_Hakkuukoneen_kuljettajan_apuväline.pdf
- Metsäteho Oy. (2019b). *Korjuukelpoisuuskartat suunnittelun tukena*. Metsätehon tulosalvosarja 15/2019. Haettu 21.5.2019 osoitteesta http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja_2019_15_Korjuukelpoisuuskartat_suunnittelun_tukena.pdf
- Skogforsk.se. (2019). *Skonsam skotning med Bestway 8.11.2019*.
<https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2019/skonsam-skotning-med-bestway/>
- Terve Metsä (2018). Puut pois pehmeiltä. *Terve Metsä* 1/2018, s.14-16. Haettu 21.5.2020
 osoitteesta <https://www.lukusali.fi/?p=Terve%20Mets%C3%A4&i=49d51160-22bd-11e8-a647-00155d64030a>
- Turppa, V. & Viitala, J. (2019). *Paikkatietoaineistojen hyödyntäminen korjuun suunnittelussa ja toteutuksessa*. Opinnäytetyö. Metsätalouden koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201904114850>

Venäläinen, P. (2018). *Kausivaihtelusta puun toimitusketjuille yli 70 miljoonan euron lisäkustannukset*. <https://www.lastuja.fi/kausivaihtelusta-puun-toimitusketjuille-yli-70-miljoonan-euron-lisakustannukset#d6969c71>

Venäläinen, P., Alanne H., Ovaskainen, H., Poikela, A. & Strandström, M. (2017). *Kausivaihtelun kustannukset ja vähentämiskeinot puun toimitusketjussa. Metsätehon tulosalvosarja 8/2017*. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2017_08_Kausivaihtelun-kustannukset.pdf

WoodForce. (2020). <https://www.woodforce.fi/tuotteen-esittely/>