

DRONEN HYÖDYNTÄMINEN PUUTARHATUOTANNOSSA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Forssa, kestävä kehitys

kevät, 2020

Satu Kilpinen

Kestävä kehitys
Forssa

Tekijä	Satu Kilpinen	Vuosi 2020
Työn nimi	Dronen hyödyntäminen puutarhatuotannossa	
Työn ohjaaja	Ulla-Maija Knuutti	

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa kartoitettiin dronen hyödyntämistä puutarhatuotannossa. Koska dronet ovat yleistyneet harraste- ja ammattikäytössä, oletettiin dronen hyödyntämissovelluksia löytyvän myös puutarhatuotannon alalta. Tutkimuksen tilaajana oli kasvinsuojelun ja biologisen torjunnan alan yritys Biotus Oy.

Dronen hyödyntämisen nykytilaa ja hyödyntämistapoja selvitettiin kvalitatiivisilla ja kvantitatiivisilla tutkimusmenetelmillä. Esimerkkejä dronen hyödyntämisestä etsittiin kirjallisuusselvityksen avulla. Puutarhatuotannon viljelijöiden mielipiteitä ja käyttökokemuksia kartoitettiin viljelijöille suunnatun kyselyn avulla sekä haastattelemalla dronea hyödyntäneitä viljelijöitä.

Tutkimuksessa selvisi, että dronen hyödyntämismahdollisuuksia puutarhatuotannossa on jo olemassa ja kehitystyö alalla on nopeaa. Erilaisia dronen hyödyntämistapoja ovat muun muassa kuvaukset, kartoitus, tarkkailu, siementen kylväminen, lannoitus, kasvinsuojeluruiskutus, biologisten torjuntaeliöiden levitys ja kasvien pölyttäminen. Dronen hyödyntämiseen on kehitetty erilaisia droneen liitettäviä laitteita tai kehitetty itse dronesta tehtävään sopiva laite. Viljelijöille suunnatun kyselyn tuloksista selvisi, että dronen hyödyntäminen puutarhatuotannossa Suomessa perustuu tällä hetkellä lähinnä kuvaamiseen ja tarkkailuun. Tarkkailu ja viljelmien kartoitus ovat tehtäviä, joissa viljelijät eniten haluaisivat dronea tulevaisuudessa hyödyntää. Kyselyn ja haastattelujen avulla selvisi, että dronen hyödyntämisen edistämiseksi tarvittaisiin lisää tietoa ja käyttökoulutusta.

Avainsanat Drone, drooni, miehittämätön ilma-alus, puutarhatuotanto

Sivut 59 sivua, joista liitteitä 4 sivua

Degree Programme in Sustainable Development
Forssa

Author	Satu Kilpinen	Year 2020
Subject	Dronen hyödyntäminen puutarhatuotannossa	
Supervisor	Ulla-Maija Knuutti	

ABSTRACT

The objective of this thesis was to survey the utilization of drones in horticulture since drones have become general in both amateur and professional realms and it was likely to be able to find drone applications for horticulture, too. The commissioner of the study was a plant protection and biocontrol company Biotus Oy.

The research methods used for studying the present state of the drone utilization and applications were qualitative and quantitative. The examples of drone applications were generated from the literature review. A questionnaire for horticultural farmers and interviewing farmers who have utilized drones was used to survey farmers' opinions about drones and their drone application experiences.

This study indicates that there are already drone applications in horticulture and their development is fast. There are various drone applications, such as drone imagery, mapping, monitoring, sowing seeds, fertilization, plant protection spraying, spreading biocontrol agents and plant pollination. In addition, devices that can be attached to drones and drones for specific purposes, have been developed. Moreover, the results of the questionnaire for farmers revealed that the utilization of drones in Finnish horticulture is mainly based on drone imagery and monitoring with drones. Accordingly, monitoring and field mapping are applications where farmers are most likely to utilize drones. The questionnaire and the interviews showed that there is a need for more information about drone applications and user training of drones to promote drone utilization.

Keywords Drone, unmanned aerial vehicle, horticulture

Pages 59 pages including appendices 4 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TUTKIMUKSEN TIETOPERUSTA.....	2
2.1	Puutarhatuotanto Suomessa	2
2.2	Drone eli miehittämätön ilma-alus	5
2.2.1	Dronetyypit.....	6
2.2.2	Droneihin liitettävät laitteet.....	8
2.2.3	Ohjelmistot dronen hyödyntämisen apuna	10
2.3	Droneja koskeva ohjeistus ja lainsäädäntö.....	11
2.4	Esimerkkejä dronen hyödyntämisestä biotaloudessa	13
2.4.1	Dronen hyödyntäminen ympäristön tarkkailussa	13
2.4.2	Dronen hyödyntäminen metsätaloudessa ja -teollisuudessa	14
2.4.3	Dronen hyödyntäminen maataloudessa	15
2.5	Droneteknologian hyödyt puutarhatuotannossa	16
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	17
3.1	Tutkimuskysymykset	18
3.2	Tutkimusmenetelmät.....	18
3.2.1	Kirjallisuusselvitys.....	19
3.2.2	Kyselylomake	19
3.2.3	Haastattelu	21
3.3	Tutkimuksen validiteetti.....	21
4	TULOKSET	22
4.1	Dronen hyödyntäminen viljelmien kartoituksessa ja kasvustokuvauksissa	22
4.2	Dronen hyödyntäminen lannoituksessa ja kasvinsuojelussa.....	23
4.3	Dronen hyödyntäminen biologisessa torjunnassa ja tuhoeläinten torjunnassa	25
4.4	Dronen hyödyntäminen kasvihuoneviljelyssä	27
4.5	Dronen hyödyntäminen kasvien pölytyksessä.....	28
4.6	Dronen hyödyntäminen sadon tarkkailussa ja sadon poimimisessa	29
4.7	Kysely puutarhatuottajille	29
4.8	Dronea käyttäneiden viljelijöiden haastattelut	33
5	TULOSTEN TARKASTELU	35
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	43
	LÄHTEET	46

Liitteet

Liite 1	Kyselylomake
Liite 2	Haastattelukysymykset

1 JOHDANTO

Teknologian hyödyntäminen ja sen uusien sovellusten käyttöönotto todellisuutta myös puutarhatuotannossa. Maailman kasvava väkiluku ja viljelykelpoisen maan väheneminen asettavat paineita ruoantuotannon tehostamiselle. Dronien, eli miehittämättömien ilma-alusten, hyödyntäminen on yksi mahdollisuus pelto- ja kasvihuoneviljelyn satojen kasvattamiseen. Väkiluvun kasvusta huolimatta puutarhatuotanto saattaa tulevaisuudessa kärsiä työvoimapulasta. Työvoimapula uhkasi Suomen puutarhatuotantoa jo vuoden 2020 keväällä, kun koronavirus rajoitti rajaliikennettä vaikeuttaen ulkomaisten puutarhatyöntekijöiden pääsyä Suomeen (Maa- ja metsätalousministeriö, 2020).

Dronemarkkinoiden odotetaan moninkertaistuvan seuraavien vuosien aikana. Arvion mukaan kansainväliset drone-palvelumarkkinat voivat kymmenkertaistua vuoden 2019 neljästä miljardista 40 miljardiin viiden vuoden kuluessa. Suomessa on myös odotuksia hyödyntää suomalaista innovaatio-osaamista dronemarkkinoiden kasvussa. (Business Finland, 2019)

Dronen hyödyntämisestä on maailmalla käyttötapoja, joita voitaisiin hyödyntää myös Suomen puutarhatuotannossa. Alan teknologian kehitys on ollut voimakasta 2010-luvulla ja myös puutarhatuotannon sovelluksia on kehitteillä ja käytössä maailmalla. Suomessa dronien lennättämistä koskeva lainsäädäntö on ollut melko väljä, tähän on tulossa muutoksia yhteisten EU-säännösten myötä 1.7.2020 alkaen. Maamme nykyinen lainsäädäntö estää kuitenkin osan dronen mahdollisista hyödyntämistavoista työlaitteena, esimerkiksi kasvinsuojeluruiskutukset dronella (Laki kasvinsuojeluaineista 1563/2011).

Tässä tutkimuksessa kartoitettiin dronen hyödyntämisen nykytilaa sekä tulevaisuutta puutarhatuotannossa. Tutkimuksessa suoritettiin kysely puutarhatuotteiden viljelijöille, selvitettiin viljelijöiden käyttökokemuksia haastatteleamalla dronea käyttäneitä viljelijöitä sekä kerättiin lähteiden avulla esimerkkejä erilaisista mahdollisuuksista hyödyntää dronea. Tutkimusmenetelmien avulla pyrittiin vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Mikä on dronen käytön nykyinen tilanne puutarhatuotannossa? Miten marjan- ja hedelmänviljelijät sekä vihannesviljelijät ovat hyödyntäneet dronea?

Tutkimuksen tilaajana oli biologisen torjunnan ja kasvinsuojelun asiantuntijayritys Biotus Oy. Yritys tuottaa, maahantuo ja markkinoi biologisia torjuntaeliöitä ja -mikrobeja sekä tarkkailu- ja torjuntatarvikkeita. Biotus Oy:n asiantuntijat tarjoavat myös alan neuvontaa ja koulutusta sekä näyttöiden analysointipalveluja. (Biotus Oy, n.d.)

2 TUTKIMUKSEN TIETOPERUSTA

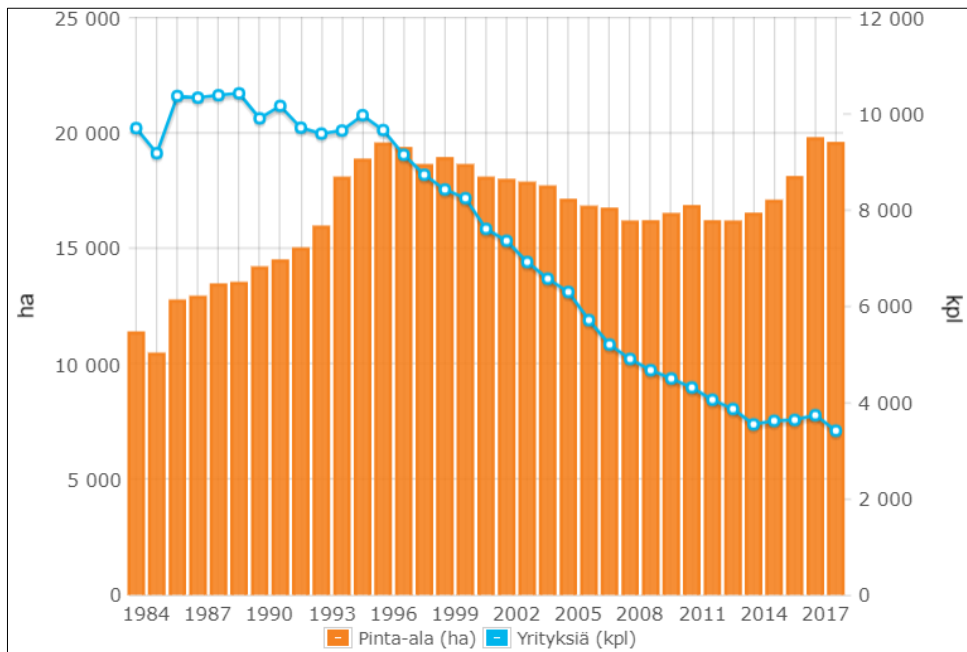
Tutkimuksen suorittamiseksi selvitettiin tietoja Suomen puutarhatuotannosta, dronesta sekä niiden hyödyntämisestä biotaloudessa. Dronien osalta tietoperustaa hankittiin droneteknologiasta sekä droneja koskevasta lainsäädännöstä.

2.1 Puutarhatuotanto Suomessa

Suomalaisen puutarhatuotannon osa-alueita ovat vihannesten, marjojen, hedelmien sekä koristekasvien viljely. Puutarhakasvien viljelyä harjoitetaan avomaalla, tunneleissa ja kasvihuoneissa, tunneliviljely on kasvattanut osuuttaan viimeisten vuosien aikana. Pohjoinen sijainti, kylmät talvet, lyhyt kasvukausi ja pitkä päivä kasvukaudella sekä Suomen ilmastossa menestyvät kasvit ovat Suomen puutarhatuotannon kehittymistä ohjaavia tekijöitä.

Ammattimaisia puutarhoja alkoi syntyä Suomeen puutarhatuotteiden kysynnän lisääntyttyä 1800-luvun lopulla, kun maan väkiluku kasvoi ja kaupunkien asukasmäärät nousivat (Simonen, 1961, ss. 133–134). 1900-luvun alussa perustettiin kauppapuutarhoja kaupunkien lähialueille palvelemaan niiden asukkaita. 1920-luvun lopun maailmanlaajuinen lama pysäytti puutarhatuotannon hetkeksi ja sotavuodet taannuttivat 1930-luvulla jatkunutta kehitystä. 1950-luvulla alkoivat alan voimakkaan kehityksen vuosikymmenet Suomessa ja muualla teollisissa maissa. Viljelytekniologia kehittyi merkittävästi 1970-luvulla ja samalla vuosikymmenellä tapahtunut energiakriisi vauhditti kasvihuoneteknologian kehitystä. 1950–1980-luvuilla puutarhatuotteet alettiin mieltää tärkeiksi ihmisen hyvinvoinnille, eivätkä ne olleet enää pelkästään korkean elintason tuotteita, niitä ryhdyttiin viljelemään myös esteettisiin käyttötarkoituksiin. (Vuori, 2010, ss. 13–14)

1990-luvun alkuvuosina puutarha-alalla keskusteltiin Suomen liittymisestä Euroopan Unioniin. Lähes kolmeneljäsosaa puutarhayrittäjistä vastusti liittymistä EU:hun. Tuontisuojarahjestelmän poistumisen ennustettiin laskevan puutarhatuotteiden omavaraisuusastetta 70–80 prosentista 20–50 prosenttiin. Ennusteet omavaraisuusasteen kehityksestä eivät toteutuneet, etenkin vihannesten omavaraisuusaste on pysynyt korkeana, marjojen ja hedelmien omavaraisuusaste on matalampi. Hintakilpailu oli puutarhatuotteiden osalta Suomessa tiukkaa jo ennen EU:hun liittymistä. Liittymisen jälkeen puutarhayrittäjien määrä on vähentynyt ja tilojen keskipinta-alat ovat nousseet. (Vuori, 2010, ss. 15–16) Kuvasta 1 (s. 3) on nähtävissä, että puutarhatuotannon pinta-ala on kasvanut 2010-luvulla ja vuonna 2018 se oli lähes 20 000 hehtaaria. Puutarhatuotanto on keskittynyt edelleen isompiin yksiköihin ja puutarhayritysten määrä on laskenut 1990-luvulta lähtien, vuonna 2018 yrityksiä oli noin 3 400.



Kuva 1. Puutarhayritysten keskipinta-ala on kasvanut, yritysten määrä on vähentynyt, mutta tuotantopinta-ala lisääntynyt. (Luke, 2019)

Avomaan vihannesviljelyn tärkeimmät viljelykasvit ovat tarhaherne, ruokasipuli, porkkana ja muut juurekset sekä kaalit ja salaattit. Vihannesten kasvihuoneviljelyssä tärkeimpiä kasveja ovat kasvihuonekurkku ja tomaatti sekä erilaiset ruukkuvihannekset, kuten salaattit ja yrtit. Marjan- ja hedelmänviljelyn pääkasvit Suomessa ovat mansikka, herukat, vadelma ja omena. (Seppänen, Kurppa, Rinne & Alakukku, 2019, s. 143) Vaikka puutarhatuotteita viljellään koko Suomessa, on puutarhatuotannossa myös alueellista jakautumista. Avomaakasveja tuotetaan koko Suomessa, mutta avomaavihannesviljelystä puolet sijaitsee Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa. Kasvihuonevihannesten tuotannon suurin keskittymä on Pohjanmaalla, etenkin Närpiön alueella, kasvihuoneessa tuotettujen koristekasvien viljely on hajautuneempaa. Marjoja tuotetaan etenkin Pohjois-Savossa, Pohjois-Karjalassa ja Varsinais-Suomessa. Omenan viljely on keskitynyt pääosin Ahvenanmaalle ja Varsinais-Suomeen. (Eriksson, Halla, Jokinen & Suojala-Ahlfors, 2018)

Taulukkoon 1 (s. 4) on kerätty tuotantomääriä Suomen ja Ruotsin puutarhatuotannosta vihannesten, marjojen ja hedelmien osalta vuonna 2018. Luvut osoittavat, että tuotannon kokonaismäärä on suurempi Ruotsissa kuin Suomessa. Ruotsissa avomaavihannesten tuotantomäärä on suurempi, Suomessa taas tuotetaan enemmän kasvihuonevihanneksia. Marjojen osalta tuotantomäärien ero on pieni, Suomessa marjasato on ollut vuonna 2018 hieman suurempi, hedelmien tuotantomäärässä taas on huomattava ero Ruotsin hedelmäsadon ollessa suurempi. Kun verrataan muutamien tuotantokasvien välisiä satomääriä Suomessa ja Ruotsissa vuonna 2018 (Taulukko 2, s. 4), huomataan, että Suomessa tuotetaan enemmän kasvihuonekurkkua, tomaattia ja ruukkuvihanneksia kuin Ruotsissa.

Ruotsissa taas omenasato sekä porkkanan tuotantomäärä ovat olleet selvästi suuremmat kuin Suomessa. Mansikan tuotantomäärät ovat olleet lähes samat molemmissa maissa.

Taulukko 1. Suomen ja Ruotsin vihannesten, marjojen ja hedelmien tuotantomäärät vuonna 2018 (Statens Jordbruksverk, 2019; Luke, n.d.a)

	Suomi		Ruotsi	
Avomaavihannekset	163,3	milj.kg	246,3	milj.kg
Kasvihuonevihannekset	89,5	milj.kg	48,9	milj.kg
Marjat	18,0	milj.kg	16,3	milj.kg
Hedelmät	7,4	milj.kg	32,7	milj.kg
YHTEENSÄ	278,2	milj.kg	344,2	milj.kg

Taulukko 2. Muutamien puutarhatuotteiden satomääriä vuonna 2018 Suomessa ja Ruotsissa (Luke, 2019, Statens Jordbruksverk; 2019, Luke, n.d.b)

	Suomi		Ruotsi	
Porkkana	66,6	milj.kg	92,5	milj.kg
Ruokasipuli	23,2	milj.kg	53,0	milj.kg
Valkokaali	19,2	milj.kg	14,3	milj.kg
Kasvihuonekurkku	45,5	milj.kg	29,8	milj.kg
Tomaatti	39,3	milj.kg	18,2	milj.kg
Ruukkuvihannekset	116	milj.kpl	62,4	milj.kpl
Mansikka	15,3	milj.kg	15,4	milj.kg
Omena	7,2	milj.kg	30,6	milj.kg

Suomessa tuotetaan koristekasveja avomaalla ja kasvihuoneessa. Avomaalla kasvatettiin vuonna 2018 taimitarhoissa hedelmä- ja marjakasvien, koristepensaiden, koristepuiden ja perennojen taimia yhteensä 341 hehtaarin alalla. Kasvihuoneviljelyssä tuotetaan kukkivia ruukkukasveja, esimerkiksi narsisseja, joulutähtiä ja pauliinabegonioita sekä ryhmäkasveja ja amppelikasveja, joissa tärkeitä lajeja ovat orvokit, pelargonit ja petuniat. Kasvihuoneissa hyödetään myös kukkasipuleita, joista merkittävin on tulppaani, sekä kasvatetaan leikkokukkia ja leikkovihreitä, esimerkiksi gerbe-roja ja ruusuja.

Ilmastonmuutoksella saattaa tulevaisuudessa olla Suomen puutarhatuotantoon sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia. Kasvukauden pitene-
misen ja talvien leudontumisen ansiosta puutarhatuotannon satomäärät
saattavat nousta ja esimerkiksi hedelmien viljely voisi laajentua pohjoisem-
maksi. Laji- ja lajikevalikoima saattaa monipuolistua leudomman ilmaston
vuoksi, esimerkiksi päärynästä ja viiniköynnöksestä voisi tulla mahdollisia
uusia viljelykasveja. Toteutuessaan ilmastonmuutoksen ilmiöt, kuten lu-
men vähyyden talvella sekä sateisuuden ja pilvisyyden lisääntyminen, saatta-
vat hankaloittaa puutarhatuotantoa. Vähälumisina talvina kasvit eivät saa
lumesta suojaa pakkasia vastaan. Rungas sateisuus saattaa lisätä kasvitau-
tien esiintymistä ja heikentää kasvien talvehtimistä. Kasvihuoneviljelyssä
ilmaston lämpeneminen saattaa vähentää lämmitystarvetta, mutta pilvi-
syyden taas lisää valotustarvetta. (Luke, 2017)

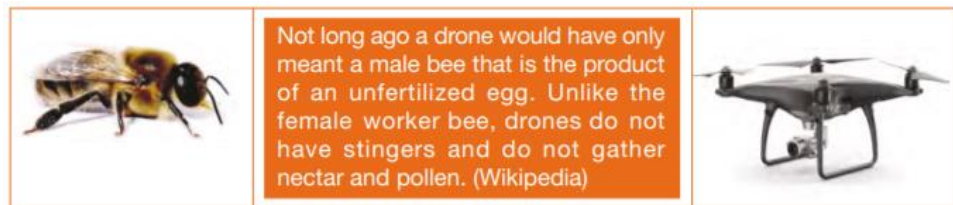
Monet muutosvoimat ja trendit tulevat muokkaamaan myös puutarhatuo-
tannon tulevaisuutta. Terveys- ja ilmastosuositukset ohjaavat lisäämään
kasvipäristöjen tuotteiden käyttöä, luoden kysyntää puutarhatuotannon
tuotteille. Myös luomuruoan kysynnän kasvaminen tulee todennäköisesti
vaikuttamaan puutarhatuotannon kehittymiseen. Uuden teknologian hyö-
dyntäminen viljelytekniikassa ja energiatehokkuudessa tuottavat kilpailue-
tua niiden käyttäjille. Ruoan tuottaminen paikasta ja viljelymaasta
riippumattomana sekä tarve tuottaa ruokaa lähellä loppukäyttäjiä kaupun-
geissa, esimerkiksi konttiviljelyssä, saattaa haastaa perinteisen puutarha-
tuotannon pelloilla ja kasvihuoneissa. Tarve ja kehitys uudentyyliä liike-
toimintamalleille, kuten vaihtoehtoisille myynti- ja jakelukanaville on jo
tiedostettu. (Eriksson ym., 2018)

Myös kuluttajaa osallistavat mallit, kuten kumppanuusmaatalous ja inves-
tointien joukkorahoitus herättävät kiinnostusta sekä tuottajissa että kulut-
tajissa. Eri toimialojen yhteistyötä ja kansainvälistymistä pidetään mahdol-
lisuutena Suomen puutarhatuotannolle kehittymiselle. Suomen rooli
ruoan tuotannossa saattaa tulevaisuudessa kasvaa ilmaston muuttumisen
ja globaalien vesivarojen ehtymisen seurauksena. (Eriksson ym., 2018)

2.2 Drone eli miehittämätön ilma-alus

Käytettäessä ilma-alus drone (Kuva 2, s. 6), drooni tai lennokki, tarkoitetaan
usein kauko-ohjattua miehittämätöntä ilma-alusta. Drone on kansanomai-
nen ja kansainvälisesti käytetty ilma-alus kaikille miehittämättömille laitteille
maalla, merellä ja ilmassa. Virallinen ilma-alus lentotyöhön tarkoitettulle lai-
teelle on miehittämätön ilma-alus (UAV, Unmanned Aerial Vehicle) tai
kauko-ohjattu ilma-alus (RPA, Remotely Piloted Aircraft). Termi miehittä-
mättömän ilma-aluksen kokonaisjärjestelmä (UAS, Unmanned Aircraft Sys-
tem) käsittää miehittämättömän ilma-aluksen ja järjestelmän osat, jota
sen käyttö edellyttää. Kauko-ohjatun ilma-aluksen kokonaisjärjestelmä
(RPAS, Remotely Piloted Aircraft System) sisältää kauko-ohjatun ilma-
aluksen ja sen ohjauspaikat, ohjaus- ja seuranta-yhteydet sekä muut järjestel-
män osat. Lennokki voi olla sama laite kuin kauko-ohjattu ilma-alus, mutta

sitä käytetään lentotyön sijaan harrastus- tai urheilutoimintaan. (Traficom, 2018) Tässä tutkimuksessa käytetään ilmaisuja drone, kauko-ohjattu ilma-alus sekä miehittämätön ilma-alus.

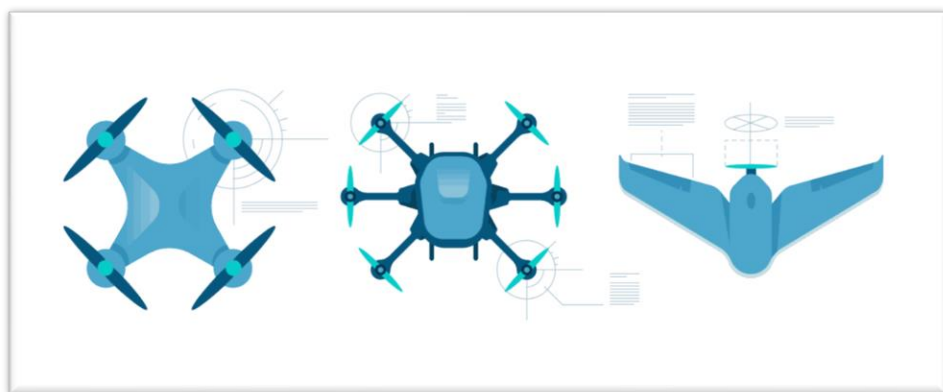


Kuva 2. Drone-sanan suomennos tarkoittaa alun perin mehiläisyhdyskunnan kuhnuria, se voi olla suomennettuna myös verbi surista tai hurista. (FAO & ITU, 2018, s. ix).

Dronet ovat yleistyneet sekä harraste- että ammattikäytössä. Niitä käytetään etenkin kuvaamiseen, kartoitukseen ja tarkastamiseen, dronella voidaan suorittaa myös joitakin fyysisiä työtehtäviä. Droneen voidaan liittää erilaisia kameroita ja laitteita, joiden avulla voidaan suorittaa esimerkiksi kuvausta, mittausta tai materiaalien levitystä.

2.2.1 Dronetyypit

Erilaiset dronetyypit erotellaan niiden toimintatavan mukaan. Dronet voivat olla pyöriväsiipisiä tai kiinteäsiipisiä ilma-aluksia (Kuva 3). Hybrideissä hyödynnetään pyöriväsiipisen aluksen lentoonlähtöominaisuuksia ja kiinteäsiipisen aluksen lento-ominaisuuksia. (University of Delaware, 2018) Droneja on käyttötarkoituksen mukaan eri kokoisia, painoltaan muutamasta sadasta grammasta useisiin kilogrammoihin. Traficom (2018) mukaan dronien maksimipaino Suomessa on 25 kilogrammaa.



Kuva 3. Pyöriväsiipiset ja kiinteäsiipiset dronet ovat hyvin erinäköisiä, ne eroavat toisistaan myös lentoonlähtö- ja lento-ominaisuuksiltaan (UAV Coach, n.d.).

Pyöriväsiipisen aluksen toiminta perustuu pyöriviin roottoreihin, joita voi olla yksi tai useampi. Moniroottorisista droneista yleisimpiä ovat neliroottoriset alukset (Kuva 4). Pyöriväsiipinen drone voi olla myös helikopterityyppinen yksiroottorinen ilma-alus tai esimerkiksi 6- tai 8-roottorinen multikopteri. Pyöriväsiipisten dronien etu on niiden kyky nousta ilmaan ja laskeutua pystysuoraan lähtöpisteestä, joten niitä voidaan hyödyntää monenlaisissa maastonmuodoissa. Ne voivat myös lentää paikallaan eli leijua, joten niiden avulla voidaan tarkkailla tai kuvata tiettyä kohtaa pitkään. Roottoreiden vaatiman energian vuoksi multikoptereiden lyhyt akun kesto on toistaiseksi niiden heikko ominaisuus. (University of Delaware, 2018; Drone Industry Insights, 2016, s. 9)



Kuva 4. DJI:n P4 Multispectral, neliroottorinen drone multispektrikameralla, soveltuu esimerkiksi maatalouden kasvustokuvauksiin. (DJI, n.d.)

Kiinteäsiipiset ilma-alukset (Kuva 5, s. 8) muistuttavat toimintatavaltaan perinteistä lentokonetta. Ne tarvitsevat noustakseen ja laskeutuakseen kiihtoradan. Niiden lentokyky perustuu propellin tai propellien tuottamaan energiaan sekä aluksen muotoilun tuottamiin liito-ominaisuuksiin. Kiinteäsiipisten alusten energian kulutus on pienempi ja lentonopeus suurempi kuin pyöriväsiipisillä aluksilla, joten niiden lentoaika on pidempi ja niitä voidaan hyödyntää suurempien alueiden tarkkailussa tai kartoituksessa. Kiinteäsiipistä dronea ei voi leijuttaa pyöriväsiipisen dronen tapaan jonkin tietyn kohdan päällä. (University of Delaware, 2018; Drone Industry Insights, 2016, s. 9)



Kuva 5. Kevytrakenteinen, kiinteäsiipinen drone AgEagle RX60 pystyy lentämään tunnin ajan ja ottamaan tuhansia kuvia yhdellä latauksella. (AgEagle, n.d.)

2.2.2 Droneihin liitettävät laitteet

Kauko-ohjattavan ilma-aluksen hyötykuorma, eli siihen liitettävä tai kiinnitettävä laite tai tuote, voi olla passiivinen tai aktiivinen. Passiivisella hyötykuormalla tarkoitetaan usein dronella kuljetettavaa lastia. Aktiiviset hyötykuormat suorittavat jotakin tehtävää ja tuottavat tietoa tai hyötyä dronen käyttäjälle. Aktiivista hyötykuormaa voivat olla erilaiset kamerat, laserkeilaimet, tutkat ja mittasensorit. (Drone Industry Insights, 2016, s. 7) Dronen aktiivisena hyötykuormana maatalouden ja puutarhatuotannon käytössä voi olla myös kasvinsuojeluruiskuja ja erilaisia levityslaitteita esimerkiksi lannoittamiseen tai biologisten torjuntaeliöiden levitykseen.

Ilmakuvaaminen dronella tuottaa tehokkaasti paljon hyödyllistä tietoa, jota ei voida havaita maanpinnalta. Lintuperspektiiviä, erilaisten kameroiden tuottamaa kuvamateriaalia sekä niiden analysointituloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi peltojen vesitilanteen ja kasvien terveyden selvittämiseen sekä kasvinsuojelun ja lannoitustarpeen kartoittamiseen. (Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, n.d.)

Erityyppiset kamerat ovat yleisiä droneen liitettäviä laitteita, dronesta käytetäänkin joissakin yhteyksissä myös nimitystä kuvauskopteri. Dronea käytetään sekä still-kuvien ottamiseen että videokuvaamiseen. Kameroiden kiinnittämiseen voidaan käyttää gimbaalia, joka vähentää aluksen tärinän ja heilahteluiden vaikutusta kuvaamiseen sekä mahdollistaa laitteen kiinnittämisen haluttuun asentoon (Lientola, 2017, s. 14) Useimmiten

droneissa on vakiovarusteena RGB-kamera, joka on niin sanotusti tavallinen kamera. RGB-kamera tallentaa silmälle näkyvät värit. RGB-kamerat ovat edullisia ja ne soveltuvat tarkkailuun ja tarkistuksiin, kartoittamiseen sekä kuvien ja videoiden tuottamiseen. (Thompson, Shi & Ferguson, 2017)

Vääräväri- eli NIR-kamera tallentaa ihmissilmälle näkymätöntä valon aallonpituusalueita lähi-infrapunasäteilyä. NIR-kameralla voidaan tuottaa kuvia, jotka kertovat kasvuston hyvinvoinnista eri punaisen sävyillä, tummanpunainen väri osoittaa hyväkuntoista kasvustoa ja vaaleampi punainen on merkki heikommasta kasvustosta. (Kleemola, 2013) Multispektri- ja hyperspektrikameroilla voidaan mitata säteilyä useilla aallonpituuskaistoilla, multispektrikameroilla tyypillisesti alle kymmenellä ja hyperspektrikameroilla jopa sadoilla aallonpituuskaistoilla. Droneen liitettynä, niiden avulla voidaan kartoittaa kasvien biomassaa, seurata kasvintuhoojien ja rikkakasvien esiintymistä sekä arvioida viljelmien ravinnetasoja. (Saari, 2013) Lämpökamerat tallentavat pitkän aallonpituuden infrapunasäteilyä, niiden avulla voidaan löytää kohteet, joiden lämpötila on muuta ympäristöä korkeampi. Esimerkiksi kasvien hyvinvointia tarkkailtaessa lämpökameran avulla voidaan havaita veden puutteesta kärsivät kasvit, koska ne vähentävät haihduntaansa, jonka seurauksena niiden lämpötila nousee. (Thompson ym., 2017) Kuvassa 6 on esitetty MicaSensen kehittämä kamera, jossa yhdistyy RGB-, multispektri- ja lämpökamera.



Kuva 6. Yhdistetty lämpö-, multispektri- ja RGB-kamera MicaSense Altum, on oikealla yhdistetty DJI Matrice 200 droneen. (MicaSense, n.d.)

Droneen liitettynä laserkeilainta voidaan käyttää maaston pinnanmuotojen ja kasvillisuuden mallintamiseen. Lasersäde lähtee laitteesta ja palaa takaisin kohteen pinnasta. Valon kulkunopeuteen perustuvan laitetypin kohteen ja laitteen välisen etäisyyden määrittäminen perustuu lasersäteen valon kulkuaikaan, jonka avulla ilma-aluksen ja kohteen pinnan etäisyys laskeaan. Kun kartoitettavalta alueelta saadaan suuri määrä mittaustuloksia, ne voidaan yhdistää kolmiulotteiseksi näkymäksi, jota kutsutaan pistepilveksi. (Pekkala, 2015)

Liittämällä droneen erilaisia mittalaitteita (Kuva 7) tai antureita, voidaan niillä tarkkailla ilman laatua ja ilmakehän kaasuja. Droneen liitettviä antureita voidaan käyttää myös meteorologisten ilmiöiden kuten lämpötilan, kosteuden ja ilmanpaineen seuraamiseen. (Laitinen, 2019)



Kuva 7. Aeromon BH-12 on droneen kiinnitettävä päästömittauslaite, joka mittaa useiden kaasujen sekä pienhiukkasten pitoisuuksia ilmassa. (Videodrone, 2019)

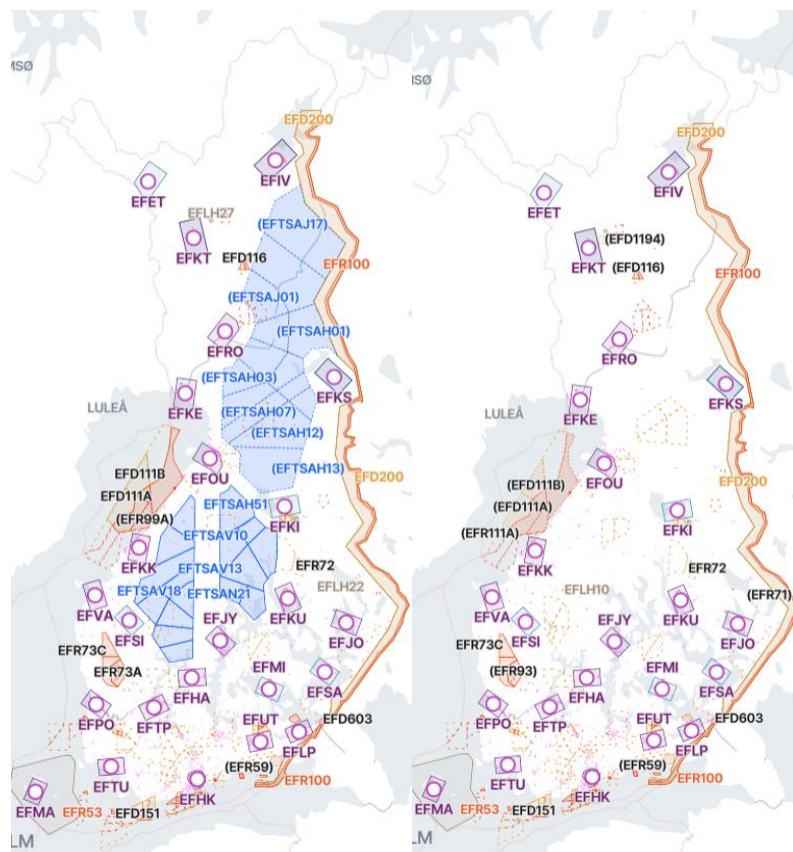
Erilaisilla droneen liitettävillä levityslaitteilla voidaan kylvää kasvien siemeniä, ruiskuttaa nestemäisiä aineita sekä levittää jauhemaisia ja rakeisia aineita (Drone Dusters, n.d.). Myös biologisten torjuntaeliöiden levitykseen on kehitetty droneihin liitettäviä levityslaitteita (UAS VISION, 2019). Droneen voi liittää myös erilaisia valoja, esimerkiksi uv-valon, jonka avulla voidaan puhdistaa ja desinfioida tiloja (LEDinside, 2019).

2.2.3 Ohjelmistot dronen hyödyntämisen apuna

Tuotettaessa dronella tarkkaa kuva-aineistoa kartoitusta varten edellytetään laitteelta ohjelmaa lennon suunnitteluun ja toteutukseen. Autopilot-ohjelmalla kuvataan haluttu alue, jolle on määritelty lentoreitti. Aineiston kuvauksessa kartoitettava alue tulee kuvata riittävällä tiheydellä, jotta kuvapisteistä voidaan tuottaa aineiston käsittelyohjelman avulla pistepilviä, ortokuvia, korkeusmalleja tai 3D-malleja. Dronekuvauksella saadaan paikkaan sidottua tietoa, koska käsittelyohjelmat paikantavat kuvat kartalle sijaintitietojen perusteella. Saatavilla olevat käsittelyohjelmat ovat ilmaisia tai maksullisia. Ilmaisisa sovelluksissa on usein rajoitettu aineiston kuvamateriaalin määrää. (Lientola, 2017, ss.17–18)

2.3 Droneja koskeva ohjeistus ja lainsäädäntö

Jokaisen dronea lennättävän tahon tulisi perehtyä toimintaa ohjaavaan säännöstöön. Suomessa tietoa dronen lennättämisestä koskevista määräyksistä tarjoaa Traficomin Droneinfo.fi-internetsivusto. EU:n DroneRules.eu-internetsivustolla on tietoa vastuullisesta dronen lennättämisestä monella kielellä, myös suomeksi. Euroopan turvallisuus viraston (EASA) sivustolla on myös tietoa ja ohjeita dronen lennättämisestä. Tietoa ilmatilasta ja mahdollisista lentorajoituksista tarjoaa Aviamapsin dronekartta (Kuva 8) (Aviamaps, n.d.).



Kuva 8. Aviamapsin dronekartassa on esitetty kielto-, rajoitus- ja vaara-alueet sekä niiden vaikutukset dronen lennättämiseen, esimerkiksi lentokorkeuteen, päiväkohtaisesti. Vasemmassa kuvassa dronekartan tilanne 24.3.2020 ja oikeanpuoleisessa 25.3.2020. (Aviamaps, n.d.)

Traficom (2020) ohjeiden mukaan keskeisiä asioita turvallisessa dronen lennättämisessä ovat näköyhteyden säilyttäminen droneen, ulkopuolisten turvallisuuden varmistaminen ja lentokorkeusmääräysten sekä kielto-, vaara- ja rajoitusalueiden kunnioittaminen. Lentokieltoalueita ovat esimerkiksi lentokentät ja niiden lähialueet sekä ydinvoimaloiden läheiset alueet. Esimerkiksi itärajaa myötäilee rajoitusalue, jossa dronea saa lennättää vain Puolustusvoimien luvalla. Vaara-alueita voidaan perustaa ilmatilaan, jossa on ilma-aluksille vaarallista toimintaa. Ulkopuolisten turvallisuudesta on pyritty huolehtimaan rajoittamalla dronen lennättämistä

väkijoukon päällä. Myös yksityisyyden huomioiminen ja omaisuus- ja meluhaittojen välttäminen ovat hyvin suunnitellun ja toteutetun lennon perusvaatimuksia. Varovaisuuden noudattamisen lisäksi vahinkojen varalle suositellaan dronetoiminnan vakuuttamista.

Tällä hetkellä dronien käyttöä Suomessa sääntelevät liikennealan lait, määräykset ja säännöt sekä muiden alojen normit. Liikennealalta Liikenne- ja viestintävirasto Traficomın määräys OPS M1-32, *Kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin käyttäminen ilmailuun*, on merkittävin dronetoimintaa ohjaava määräys. Sen lisäksi toimintaa ohjaavat

- EU-Komission asetus 923/2012
- Euroopan lentoturvallisuusviraston (EASA) SERA-lentosäännöt
- Ilmailulaki (864/2014)
- Valtioneuvoston asetus (930/2014) ilmailulta rajoitetuista alueista
- Ilmailun vakuutusasetus (EY) N:o 785/2004
- Laki kasvinsuojeluaineista (1563/2011).

Muiden alojen säännöstöstä tulee ottaa huomioon muun muassa yksityisyyden suojan, tietosuojan ja kotirauhan toteutuminen ja turvaaminen, ympäristöasioiden huomioiminen, CE-merkintöjen ja radiolaitteiden vaatimusten täyttäminen sekä miehittämättömän ilmailutoiminnan ja muun ilmailutoiminnan prioriteettimääritys. (Traficom, 2019a)

Määräys OPS M1-32 *Kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin käyttäminen ilmailuun* on astunut voimaan joulukuussa 2018. Kesäkuussa 2019 julkaistiin EU-dronelaki, jota tullaan soveltamaan myös Suomessa siirtymäaikaisten jälkeen. Uusi EU-dronelaki tulee muuttamaan dronetoimintaa Suomessa esimerkiksi laajentamalla rekisteröintivelvoitteita ja lisäämällä piloteille koulutusvaatimuksia. Edellä mainitut muutokset astuvat voimaan ensimmäisen siirtymäajan jälkeen 1.7.2020 lähtien. EU-dronelain myötä droneharrastajia koskevat samat säännöt kuin lentotyötä tekeviä toimijoita. Rekisteröintivelvollisuus ja online-testin suorittaminen tulevat pakollisiksi kaikille yli 250 gramman painoista kauko-ohjattua ilma-alusta käytäville. Uudet säännöt tulevat laskemaan miehittämättömän ilmailun lentokorkeuden 150 metrillä 120 metriin. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom tulee todennäköisesti päivittämään EU-dronelain säännöt sekä sen kansalliseen määräysvaltaan jätetyt asiat määräykseen OPS M1-32. (Traficom, 2019b)

Biotalousalan kannalta merkittävä dronen hyödyntämistä rajoittava määräys tulee kasvinsuojeluainelaista. Laki kasvinsuojeluaineista (1563/2011) kieltää kasvinsuojeluaineiden levityksen ilma-aluksesta. Vain jos kyseessä on kasvintuhoojan vakava ja välitön uhka kasvinterveydelle eikä muita keinoja sen torjumiseksi ole, voivat viranomaiset tehdä päätöksen kasvinsuojeluaineen lentolevityksestä. (Laki kasvinsuojeluaineista 1563/2011) Toimintaohjelman Kasvinsuojeluaineiden kestävä käytön toimintaohjelma II 2018–2022 yhtenä toimenpiteenä esitetään kasvinsuojelulainsäädännön

lentolevitystä koskevan muutosehdotuksen valmistelu. Ehdotuksen tavoitteena on poikkeusluvalla mahdollistaa kasvinsuojeluaineiden lentolevitys droneilla, alkuvaiheessa dronien lentolevitys saatetaan rajata koe- ja tutkimustoimintaan. (Tukes, 2018, s. 15)

2.4 Esimerkkejä dronen hyödyntämisestä biotaloudessa

Kauko-ohjattujen ilma-aluksien hyödyntämismahdollisuudet biotaloudessa on moninaiset. Käytössä olevia hyödyntämistapoja sekä uusia käyttökohteita droneille kehitetään jatkuvasti eri puolilla maailmaa. Monet hyödyntämistavat soveltuvat sekä metsä-, maatalous- että puutarhalalle, soveltaen niitä käyttökohteen mukaan. Toistaiseksi droneja on hyödynnetty etenkin tarkkailuun, kartoittamiseen, kuvaamiseen ja tiedon keräämiseen. Niillä voidaan kerätä ilmasta käsin tietoa viljelyalueilta ja metsistä nopeasti, kustannustehokkaasti ja luotettavasti. Dronet voivat myös suorittaa fyysisiä työtehtäviä esimerkiksi niihin liitettyjen levityslaitteiden avulla.

2.4.1 Dronen hyödyntäminen ympäristön tarkkailussa

Ympäristön tarkkailussa droneja voidaan hyödyntää ilman laadun tarkkailussa ja näytteiden otossa, päästöjen mittaamisessa, vesialueiden tarkkailussa, vieraslajien kartoituksessa ja riistalaskennoissa. Aeromonin kevyellä droneen liitettävällä päästömittauslaitteella voidaan mitata ja visualisoida myös monia eri kaasuja sekä pienhiukkasia, lisäksi sitä voidaan käyttää ilmanlaadun mittauksen sekä teollisten päästöjen tarkkailuun (Aeromon, n.d.) Kanadalainen yritys Scentroid valmistaa ja markkinoi droneja, joilla voidaan kerätä näytteitä ilmasta ja esimerkiksi savukaasuista. Niiden avulla näytteitä voidaan kerätä korkealta ilmasta sekä ihmisille vaarallisista kohteista. Näytteenoton lisäksi droneen on liitetty sensoreita useiden kemikaalien ja kaasujen suoraan mittaamiseen. (Scentroid n.d.)

Dronien ketteryys ja nopea käyttöönotto ovat etuja monessa tehtävässä. Näitä ominaisuuksia hyödynnetään tulvatilanteen kuvaamisessa ja tulvahavainnoinnissa. Ilmakuvien ja ilmasta kuvattujen videoiden avulla saadaan tietoa jääpadon muodostumisriskeistä jääpatojen vaikutusten arviointiin. (Suomen ympäristökeskus, 2019a) Droneja hyödynnetään vieraslajien paikantamiseen ja joissakin tapauksissa myös niiden hävittämiseen. Erityyppisten kameratekniikoiden avulla dronien ilmakuvista voidaan erottaa haitalliset vieraslajit, eläimet tai kasvit, joiden hävittäminen tehostuu esiintymien paikallistamisen ansiosta. Floridassa metsästäjät ovat jäljittäneet luontoon päässeitä ja siellä lisääntyneitä burmanpytoneita dronien avulla. Keniassa voimakkaasti levinneen viikunaopuntiakaktuksen esiintymiä on kartoitettu hyödyntäen droneteknologiaa, esiintymien paikallistamisen jälkeen kaktuksien torjuntaan käytetään niiden luontaisia vihollisia, kaktuksia ravinnokseen käyttäviä kokenillikirvoja. (Abrams, 2019) Galapagossaarilla droneja on käytetty selkärankaisten haittaeläinten torjumiseen.

North Seymorin saarella (Kuva 9) levitettiin rotanmyrkkyä saaren ekosysteemiä uhkaavan rottakannan hävittämiseksi. (Island Conservation, 2019)



Kuva 9. Rotanmyrkkyä levittävää dronea valmistellaan tehtävään Galapagossaarien North Seymor-saarella. (Island Conservation, 2019)

Suomessa on kokeiltu dronekuvauksen hyödyntämistä levien ja vieraslajien kartoittamisessa, esiintymiä on pystytty paikallistamaan multispektrikuvauksella (Väisänen, 2019). Suomen ympäristökeskus on kehittänyt En-Vision-hankkeessa konenäköohjelmaa, joka tunnistaa esimerkiksi dronella kuvatusta aineistosta ohjelmalle opetetut valitut lajit (Suomen ympäristökeskus, 2019b) Kaakkois-Suomessa on tammikuussa 2020 testattu hirvien talvilaskentaa dronen ja siihen liitetyn lämpökameran avulla. Lämpökamera kuvaus oli laskennassa tehokkaampi kuin tavallinen kamera, sen avulla hirvet erottuivat maastosta paremmin. Lumettomana talvena hirvien laskenta niiden jälkien perusteella ei onnistu. Drone helpottaa laskentaa myös runsaslumisina talvina, koska laskennat on perinteisesti tehty jalkatyönä maastossa. (Lehtoranta, 2020)

2.4.2 Dronen hyödyntäminen metsätaloudessa ja -teollisuudessa

Kauko-ohjattujen ilma-alusten hyödyntämisestä metsätaloudessa tunnetaan hyvin tarkkailu- ja kaukokartoitustoiminnot. Droneilla voidaan tarkkailla ja havaita metsätuhoja, tarkkailla metsiä palojen varalta ja kartoittaa tykkylumen aiheuttamia vahinkoja sekä myrskyjen jälkeisiä tuulituhoja. Kauko-ohjatut ilma-alukset mahdollistavat metsien inventoinnin ja kaukokartoituksen aikaisempaa useammille toimijoille. Perinteiseen lentokuvaukseen ja -kaukokartoitukseen verrattuna dronelaitteiston hankintahinta on edullinen ja käyttöönotto on yksinkertaisempaa. Toistaiseksi Suomessa on kartoitettu droneilla pieniä metsäalueita, koska dronetoimintaa ohjaa määräys laitteen ja ohjaajan välisen näköyhteyden säilyttämisestä. (Tuominen & Kangas, 2018)

Yhdysvalloissa on ryhdytty kylvämään droneilla puiden siemeniä metsäpaloalueille, DroneSeed-yritys on saanut ensimmäisenä luvan maansa ilmailuviranomaiselta lennättää droneja parvena kylvämisen tehostamiseksi (DroneSeed, 2019). Myös Iso-Britanniassa Dendra kylvää puita toimintaan kehitetyn dronen avulla. Puiden siemenet on pakattu biohajoaviin, lannoitetta sisältäviin kapseliin, jotka dronen laitteisto ampuu maastoon paineilman avulla. Dronien käyttö metsittämisessä palvelee erityisesti vaikeakulkuisissa maastoissa ja on nopea ja edullinen ihmistyönä tehtyyn metsän uudistamiseen verrattuna. (Whiting, 2019)

Pienikokoisten hyperspektrikameroiden kehittäminen on mahdollistanut kauko-ohjattujen ilma-alusten hyödyntämisen metsätuholaisten kartoituksessa. Tutkijaryhmä Suomessa on selvittänyt kirjanpainajan levinneisyyttä dronen ja hyperspektrikameran avulla. Hyperspektrikameran kuvasta pystytään erottamaan neulasmassan perusteella kirjanpainajatarunnan saaneet puut ennen kuin ihmissilmä erottaa sitä. Kirjanpainajan vahingoittamia puita on perinteisesti etsitty kävellen metsässä havainnoiden merkkejä tuholaisista puiden rungoilla. Dronekuvauksella etsintä voidaan suorittaa nopeammin ja edullisemmin. (Näsi ym., 2018; Tolpo, 2019)

Metsäyhtiöt ovat ottaneet dronet käyttöönsä metsätaloudessa ja -teollisuudessa. Metsä Group (2018) ilmoitti tiedotteessaan tekevänsä vuoden 2018 kesän aikana dronien avulla metsäsuunnitelmia yhteensä 5 000 hehtaarin metsäaloille. Droneavusteisen metsäsuunnitelman avulla tuotetaan virtuaalimetsä, joka esittää metsän jokaisen puun. Myös Stora Enso (2019) on ottamassa dronet käyttöön metsäsuunnitelmien tuottamisessa sekä kirjanpainajatuhojen etsimisessä. Yrityksen Imatran tehtaalla oli kesällä 2018 testijaksolla robottilennokki, joka itsenäisesti valvoi aluetta ilmasta sekä seurasi ilman pitoisuuksia. Stora Enso käyttää droneja myös puu- ja hakekasojen tilavuuksien mittaamiseen. Menetelmä on nopea ja se perustuu fotogrammetriaan eli kuvamittaukseen, dronen kasoista ottama kuva-sarja voidaan muuttaa tilavuudeksi luotettavasti. (Silmula, 2018)

2.4.3 Dronen hyödyntäminen maataloudessa

Maataloudessa on paljon käyttökohteita droneteknologian hyödyntämiseen. Droneja voidaan hyödyntää maataloudessa monenlaiseen tarkkailuun. Dronen lennättämisen ketteryyden ansiosta viljelijä voi tarkkailla peltojaan useammin ja tehokkaammin kuin kävellen tai ajoneuvosta käsin. Peltojen ilmakuvauksella saadaan tietoa niiden kosteusolosuhteista, oijen ja salaojien sijainnista ja kunnosta. Myös kylvöjen onnistumista ja kasvuston kehitystä voidaan seurata ilmasta käsin paremmin kuin pellon reunalta. Erilaisia tuhoja, esimerkiksi hallavaurioita, rankkasateiden, tuhoeläinten tai ilkvallan aiheuttamia vahinkoja sekä tuulen riepottelemia kasvuharsoja voidaan tarkkailla ja kartoittaa dronen avulla. Rikkakasvien esiintymistä sekä kasvinsuojelun ja lisälannoituksen tarvetta voidaan arvioida dronen tuottaman kuvamateriaalin perusteella. (Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, n.d.) Ilmakuvauksen hyödyt maataloudessa kasvavat,

kun peltolohkoja kuvataan useana vuotena ja yhdistetään kuvien tiedot. Pidempiaikaisella seurannalla saadaan selville, millä alueilla yleensä esiintyy kasvuvaihtelua vuosittain ja mitkä alueet kasvavat tasaisesti vuodesta toiseen. (Kleemola, 2013)

Hukkakauran ja muiden rikkakasvien esiintymistä on pyritty selvittämään dronекuvantamisen avulla Suomessa ja muualla maailmassa. Hankkeessa Hukkakauran ja muiden rikkakasvien tunnistaminen pienoishelikopterikuvista onnistuttiin kehittämään koneoppimismenetelmä hukkakauran tunnistamiseen loppukesän kasvustoista. Hukkakaurojen paikallistamiseen viljojen orasvaiheessa ei hankkeessa löydetty ratkaisua. Hankkeessa korostui kuvamateriaalin riittävän korkea resoluutio sekä tarkka paikannusteknologia hukkakauran paikallistamiseksi. (Turun yliopisto, 2019) Maailmalta löytyy useita tutkimuksia dronen hyödyntämisestä rikkakasvien tarkkailussa ja paikantamisessa, niissä on selvitetty esimerkiksi riisin- ja viininviljelyn rikkakasvien kartoitusta.

Dronea voidaan hyödyntää kasvillisuustarkkailun lisäksi kastelujärjestelmien toiminnan tarkkailuun ja karjan hyvinvoinnin seurantaan. Dronetarkkailu mahdollistaa tiiviimmän ja suurempien alueiden seurannan, jonka avulla ongelmatilanteet päästään ratkaisemaan nopeammin. Karjan laiduntamista pystytään seuraamaan dronella useasti ja tehokkaasti ilmasta käsin, loukkaantuneiden ja eksyneiden eläinten löytäminen ja hoitaminen saattaa nopeutua dronen ansiosta. (Jensen, 2019)

2.5 Droneteknologian hyödyt puutarhatuotannossa

Droneteknologian hyödyntämisen merkittävä etu on ilmasta käsin tapahtuvan tarkkailemisen ja kuvaamisen mahdollistaminen. Dronekuvaus tuottaa tarkkaa, reaaliaikaista ja paikkatietoon perustuvaa tietoa viljelmien tilasta. Peruskuvauksominaisuuksilla varustetun droneteknologian hankinta on kustannuksiltaan tulossa monien viljelijöiden saavutettavaksi. Dronen hyödyntäminen, verrattuna jalkatyönä tehtävään tarkkailuun ja seurantaan, säästää aikaa ja työkustannuksia. Dronella suoritettujen kasvustokuvausten avulla pystytään kohdistamaan viljelytoimenpiteet tarkasti, optimoimaan lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja edellisten toimien seurauksena parantamaan satoja. Tuottavuus paranee säästyneiden tuotantopanosten ja työmäärän sekä korkeamman sadon ansiosta. (Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, n.d.; FAO & ITU, 2018, ss. 65–66)

Vähentynyt lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden käyttö palvelee myös ympäristön etua ja ihmisen hyvinvointia. Täsmälannoituksen avulla voidaan vähentää ravinnevalumia vesistöihin. Kasvinsuojeluaineiden käyttö kohdistettuun tarpeeseen vähentää kemikaalien käyttöä, kasvien kasvinsuojeluaineresistenssien kehittymistä sekä kemikaalijäämiä elintarvikkeissa. Dronen hyödyntäminen biologisessa torjunnassa mahdollistaa sen käytön lisäämisen. Viljelytoimenpiteiden suorittaminen todettuun tarpeeseen saattaa vähentää myös työkoneiden liikkumista pelloilla ja sen

seurauksena maan tiivistymistä. Dronen käyttäminen lannoittamisessa ja kasvinsuojeluruiskutuksissa, missä se on sallittua, vähentää maan tiivistymistä ja mahdollistaa edellä mainitut viljelytoimenpiteet myös kohteissa, joissa maaperä on liian märkä muiden työkoneiden liikkumiseen. Dronella suoritettavista kasvinsuojelutoimista hyötyvät etenkin korkeat kasvit, esimerkiksi hedelmäpuut, sekä vaikeakulkuisessa maastossa sijaitsevat viljelmät. Reppuruiskutuksina tehtyihin kasvinsuojelutöihin verrattuna kasvinsuojeluaineiden levittäminen dronen avulla vähentää työvoiman tarvetta sekä työtä tekevien henkilöiden altistumista kasvinsuojeluaineille. (Roberts, 2020)

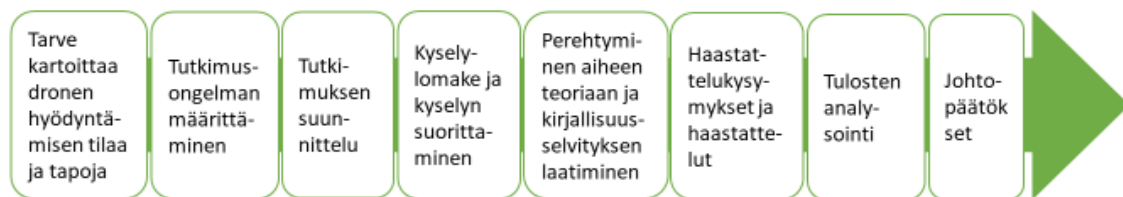
3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkimus dronen hyödyntämisestä puutarhatuotannossa koettiin tärkeäksi, koska aikaisempaa tietoa dronen hyödyntämisen nykytilasta ja hyödyntämistavoista ei ollut saatavilla. Biotus Oy toimii puutarhatuotannon alalla kasvinsuojelun asiantuntijana ja yrityksellä oli kiinnostusta selvittää dronen hyödyntämistä alalla. Tutkimuksen aihe oli esillä jo pidempään ja tutkimus päätettiin suorittaa syksyn 2019 ja kevään 2020 välisenä aikana.

Dronen hyödyntämistä puutarhatuotannossa kartoitettiin perehtymällä kirjallisiin ja sähköisiin lähteisiin sekä selvittämällä kyselyn ja haastattelujen avulla viljelijöiden nykyisiä käyttökokemuksia dronesta sekä kiinnostusta hyödyntää dronea tulevaisuudessa.

Tutkimusprosessi alkaa yleensä tutkimustarpeen havaitsemisesta eli tutkimusaiheen valinnasta. Aiheen valinnan jälkeen seuraa perehtymisvaihe, jonka jälkeen tutkimussuunnitelmassa tutkimusongelma muotoillaan tutkimuskysymyksiksi. Suunnitelma ohjaa tutkimuksen etenemistä, se voi myös tarkentua tai muuttua tutkimuksen edetessä. Tutkimuksen suunnittelun jälkeen seuraa toteuttamisvaihe, jota seuraa tulosten analysoiminen. Analysoinnin perusteella tutkimus etenee johtopäätöksiin ja raportointiin. (Jyväskylän yliopisto, 2010)

Tämä tutkimus eteni perinteisestä tutkimusprosessin mallista poiketen. Aiheen valinnan jälkeen tutkimus eteni suoraan tutkimuksen suunnitteluun ja tutkimusmenetelmien valintaan. Kyselylomakkeen muotoilu ja kyselyn suorittaminen ajoittuivat heti tutkimuksen alkuun ennen aiheeseen perehtymistä. Kysely päädyttiin suorittamaan tutkimuksen alkuvaiheessa, koska marraskuussa 2019 järjestetty Kaamosmarjapäivät-seminaari tarjosi hyvän tilaisuuden tavoittaa kyselyyn vastaajiksi tavoiteltuja viljelijöitä. Perehtymisvaihe suoritettiin siten vasta tutkimuskysymysten asettamisen ja tutkimusmenetelmien valinnan jälkeen. Tutkimuksen loput vaiheet, kirjallisuusselvityksen koostaminen, haastattelut, tulosten esittäminen ja niiden analysointi sekä johtopäätösten tuottaminen seurasivat perehtymisvaihetta. Tämän tutkimuksen tutkimusprosessi on esitetty kuvassa 10 (s. 18).



Kuva 10. Tutkimusprosessi eteni tutkimuksen tarpeesta tuloksiin ja johtopäätöksiin.

3.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymyksillä pyrittiin selvittämään erilaisia tapoja hyödyntää droneja puutarhatuotannossa. Kysymyksillä haluttiin selvittää suomalaisen marjan-, vihannes- ja hedelmänviljelijöiden dronen hyödyntämistapoja sekä kiinnostusta dronen hyödyntämiseen. Tutkimuskysymyksiksi asetettiin seuraavat kysymykset:

- Mikä on dronen käytön nykyinen tilanne puutarhatuotannossa?
- Miten marjan- ja hedelmänviljelijät sekä vihannesviljelijät ovat hyödyntäneet dronea?

3.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusongelma ja asetetut tutkimuskysymykset määrittävät, mitkä tutkimusmenetelmät soveltuvat parhaiten ongelman ratkaisemiseen. Tutkimuksen suunnitteluvaiheessa tutkija päättää, millaista aineistoa tutkimuksen suorittamiseen tarvitaan, ja valitsee menetelmät, joilla aineisto hankitaan. (Eskola, Lätti & Vastamäki, 2018, s. 28) Tutkimusmenetelmät voivat olla kvantitatiivisia eli määrällisiä tai kvalitatiivisia eli laadullisia. Vilkkä (2015) selvittää laadullisen ja määrällisen tutkimusmenetelmän tiedonintressin eroja siten, että määrällisellä tutkimusmenetelmällä haetaan numeraalista aineistoa ja laadullisella tutkimusmenetelmällä tietoa merkitysten ymmärtämisen avuksi. Tutkimuksessa voidaan yhdistää määrällisiä ja laadullisia tutkimusmenetelmiä sekä molempien tutkimustapojen eri menetelmiä.

Tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmät olivat sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia. Viljelijöille suunnatussa kyselyssä esitettiin kysymyksiä, joiden vastauksista saatiin sekä määrällisiä että laadullisia tuloksia. Viljelijöille suoritettut haastattelut sekä kirjallisuusselvitys antoivat laadullista aineistoa tutkimuskysymyksiin vastaamiseen.

3.2.1 Kirjallisuusselvitys

Laadullista tutkimusaineistoa voidaan kerätä valmiista aineistoista kirjallisuusselvityksen avulla. Tutkittavasta asiasta tai ilmiöstä saattaa olla olemassa aikaisemmin kerättyä tutkimustietoa, tilastoja tai kulttuurituotteita. Kulttuurituotteita voivat olla esimerkiksi sanomalehtikirjoitukset, mainokset ja uutiset. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2009, ss. 67–62). Kaikkea edellä mainittuja aineistoja voidaan hyödyntää kirjallisuusselvityksen kokoamisessa.

Koska tietoa dronen hyödyntämisestä ei ollut saatavilla yhdestä tietolähteestä, päätettiin yhdeksi tutkimusmenetelmäksi valita kirjallisuusselvitys. Tutkimusaineistoa kerättiin erilaisista kirjallisista ja sähköisistä lähteistä. Kirjallisuusselvityksen katsottiin olevan paras menetelmä selvittää dronen hyödyntämistapoja, koska tietoa haluttiin kerätä monipuolisesti erilaisista käyttötavoista. Selvitys katsottiin tehokkaaksi tavaksi kerätä tietoa internetin välityksellä. Menetelmän eduksi arvioitiin myös se, että selvityksen koostaminen ei ollut riippuvainen minkään tahon aikatauluista eikä vastausinnostuksesta. Menetelmän arvioitiin olevan tiedon saannin kannalta varma, koska tietoa uskottiin olevan tarjolla valtavasti, vaikkakin hajallaan. Kirjallisuusselvityksen tiedot arvioitiin myös luotettaviksi, koska tietoa kerättiin useista lähteistä. Tutkimuksen tekijä arvioi tutkimusmenetelmiä valitessaan, että tiedon etsiminen kirjallisuusselvitykseen on tekijälle soveltuva tapa tutkimusaineiston tuottamiseen.

Tutkimuksen kirjallisuusselvitystä dronen hyödyntämisestä puutarhatuotannossa tehtiin alkuvuodesta 2020 perehtymällä erilaisiin lähteisiin. Tietoa aiheesta etsittiin puutarha- ja maatalousalan julkaisuista, yliopistojen ja muiden tutkimustahojen hanke- ja tutkimusmateriaaleista sekä dronealan yritysten materiaaleista.

3.2.2 Kyselylomake

Kyselylomake on yleinen määrällinen tutkimusmenetelmä aineiston keräämiseen. Vakioidun, eli standardoidun, kyselylomakkeen avulla esitetään kaikille vastaajille samat kysymykset, informoidussa kyselyssä tutkija saattaa esittää haastattelunomaisia lisäkysymyksiä kyselyn lisäksi. Kyselylomake soveltuu tutkimusmenetelmäksi, kun tutkittavana on suuri joukko ihmisiä tai halutaan esittää arkaluontoisia kysymyksiä. Kyselylomakemenetelmän yleinen riski on kohderyhmän alhainen vastausprosentti. (Vilkkä, 2015)

Tämän tutkimuksen yksi osa-alue oli selvittää hedelmän-, marjan- ja vihannesviljelijöiden nykyistä dronen käyttöä sekä kartoittaa heidän kiinnostustaan dronen hyödyntämiseen tulevaisuudessa. Tutkimusmenetelmäksi valittiin viljelijöille suunnattu kysely, koska tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita mahdollisimman monen viljelijän dronen käytöstä. Kyselyn avulla pystyttiin myös tavoittamaan dronea käyttäneitä viljelijöitä syventävä

haastattelua varten. Kyselyn arvioitiin olevan paras ja tehokkain tapa selvittää viljelijöiden ajatuksia, koska tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista haastatella suurta viljelijäjoukkoa eikä havainnoida heidän dronen hyödyntämistapojaan. Kyselyn avulla uskottiin voitavan saavuttaa tietoa, jota ei ole aikaisemmin kerätty.

Kysely suoritettiin sekä paperisena että sähköisenä kyselynä. Kahden vastaustavan avulla pyrittiin tavoittamaan mahdollisimman moni viljelijä. Paperikysely koettiin vaivattomaksi tavaksi vastata kyselyyn tapahtumien yhteydessä, sähköinen kysely mahdollisti kyselyyn vastaamisen esimerkiksi sosiaalisen median kautta. Sähköisen kyselyn jakamisen sähköpostilla arvioitiin tuottavan heikon vastausprosentin, joten sitä tapaa ei käytetty tässä tutkimuksessa. Viljelijöitä kannustettiin vastaamiseen arvonnalla. Kyselyyn vastanneiden kesken arvottiin kaksi Biotus Oy:n tarjoamaa luuppia.

Kyselylomake (Liite 1) haluttiin muotoilla selkeäksi ja melko lyhyeksi, jotta siihen vastaaminen koettaisiin mielekkääksi. Lomakkeen kysymykset olivat samat kaikille vastaajille. Lomakkeessa oli taustakysymyksiä, joissa kysyttiin tilan viljelysuuntausta, viljelymuotoa, pääviljelykasveja ja tilan viljelyssä olevan pinta-alan suuruutta. Tilojen nykyistä ja tulevaa dronen käyttöä kartoitettiin avoimilla kysymyksillä, monivalintakysymyksillä sekä kysymyksillä, joihin annettiin valmiit vastausvaihtoehdot. Kyselystä laadittiin paperinen kyselylomake sekä paperiversiosta muotoiltu sähköinen Google Forms-kyselylomake. Molempien kyselyiden alkuun liitettiin lyhyt saate teksti, jossa kerrottiin, mitä tutkimusta ollaan tekemässä, kuka sitä tekee ja kuka on tutkimuksen tilaaja. Paperiseen kyselylomakkeeseen liitettiin myös qr-koodi sähköiseen kyselyyn. Lomakkeen suunnittelussa opinnäytetyön tekijää ohjasivat ja neuvoivat työn tilaaja sekä ohjaava opettaja.

Kyselyä jaettiin ensimmäisen kerran marraskuussa Hedelmän- ja marjanviljelijäin liiton Kaamosmarjapäivät-seminaarissa Tampereella 18.–19.11.2019. Tutkimuksen tekijä oli mukana seminaarissa Biotus Oy:n edustajan kanssa. Kyselylomake oli tarjolla osanottajille seminaarimateriaalien yhteydessä, asiasta sovittiin tilaisuuden järjestäjän kanssa. Lomake sekä sähköisen kyselyn qr-koodi olivat seminaarissa esillä myös Biotus Oy:n pisteellä, jossa kyselyyn vastaamista markkinoitiin osanottajille. Kyselyä mainostettiin ennen seminaaria Biotus Oy:n Facebook-sivuilla 15.11.2019, jossa julkaistiin myös sähköisen kyselyn linkki ja qr-koodi tapahtuman jälkeen 21.11.2019. Etukäteen oli tiedossa, että seminaariaikataulu on tiivis, joten osanottajia yritettiin aktivoida vastaamaan kyselyyn luentojen väliajoilla sekä muistutettiin kyselystä myös Biotus Oy:n näytteilleasettajan puheenvuorossa.

Kysely oli jaossa myös Valoa kohti-tapahtumassa Suonenjoella 4.12.2019, ProAgrian (Kasvinsuojelutoimien ja pölyttäjien yhteiselo - löytyykö pellolta tilaa molemmille?) tilaisuudessa Hämeenlinnassa 16.1.2020 sekä Vihannesviljelijät ry:n Tammiristeilyllä 20.–21.1.2020. Näissä tapahtumissa kyselylomake oli tarjolla Biotus Oy:n pisteellä, jossa yrityksen edustaja

markkinoi kyselyä. Tutkimuksen tekijä täytti kyselyn kirjalliset vastaukset sähköiseen kyselylomakkeeseen, jotta kaikki vastaukset saatiin sähköiseen muotoon ja tieto sähköisesti käsiteltäväksi.

3.2.3 Haastattelu

Haastattelu on yksinkertainen ja usein tehokas tapa selvittää, mitä tutkittava kohde ajattelee jostakin asiasta. Haastattelu on tutkijan ja haastatteluvan välistä vuorovaikutusta, eräänlaista keskustelua. Tutkimushaastattelussa käytetään usein teemahaastattelua, jossa tutkija on määrittänyt haastattelun aihepiirit etukäteen, mutta kysymysten muotoilu tai niiden esittämisjärjestys eivät ole tarkkaan asetettua. (Eskola ym., 2018, ss. 29–30)

Kolmantena tutkimusmenetelmänä tässä tutkimuksessa oli dronea käyttäneiden viljelijöiden haastattelut. Haastattelu valittiin tutkimusmenetelmäksi, koska haluttiin saavuttaa yksityiskohtaisempaa tietoa dronen käytöstä ja selvittää viljelijöiden mielipiteitä dronen hyödyntämiseen liittyvistä asioista. Tutkimusmenetelmien valinnassa arvioitiin, että parasta tietoa dronen käyttökokemuksista voisivat antaa dronea käyttäneet viljelijät. Tutkimuksen suunnitteluvaiheessa koettiin myös, että haastatteluilla saavutettaisiin uutta tietoa, jota ei ollut vielä kerättynä muualla. Haastattelumenetelmänä käytettiin teemahaastattelua. Haastattelu perustui ennalta laadittuihin kysymyksiin (Liite 2), joihin haastateltavat saivat vastata vapaasti. Haastattelun aikana tehtiin tarkentavia kysymyksiä ja saavutettiin lisätietoa keskustelunomaisessa haastattelutilanteessa.

Kyselyn avulla löydettiin neljä viljelijää, jotka ovat käyttäneet dronea tilallaan ja jotka ilmoittivat halukkuutensa haastateltaviksi aiheesta. Kaikkiin haastateltaviin yritettiin ottaa yhteyttä marraskuun lopussa 2019, kaksi tavoitettiin puhelimitse ja sovittiin, että haastatteluun palataan alkuvuodesta 2020. Yhdelle viljelijälle lähetettiin asiaa koskeva sähköposti, yhtä viljelijää ei tavoitettu marraskuussa. Kaikki neljä viljelijää tavoitettiin haastattelun sopimiseksi alkuvuodesta 2020 ja haastattelut suoritettiin helmimaaliskuussa 2020. Kolme haastattelua suoritettiin puhelimitse ja yksi viljelijä vastasi haastattelukysymyksiin sähköpostin välityksellä.

3.3 Tutkimuksen validiteetti

Ennen tutkimuksen aloittamista mietittiin tutkimuksen onnistumiseen ja sen luotettavuuteen liittyviä riskejä. Kirjallisuusselvityksen osalta oli teoriassa mahdollista, että dronen hyödyntämisestä ei olisi löytynyt tietoa tai esimerkkejä, joita olisi voitu esitellä tämän tutkimuksen tuloksissa. Myös tiedon lähteiden luotettavuus koettiin yhdeksi mahdolliseksi riskiksi tutkimuksen onnistumiselle. Suunnitelma tiedon luotettavuuteen liittyvän riskin pienentämiseksi oli etsiä tietoa eri tahojen lähteistä sekä huomion kiinnittäminen tiedon tuottajaan. Tiedon saatavuuden suhteen varauduttiin

etsimään tietoa laajasti erilaisilla hakusanoilla sekä erilaisista tietolähteistä.

Kyselyyn kohdistuvista riskeistä suurimmaksi arvioitiin se, että kyselyyn ei saada riittävää määrää vastauksia. Myös vastausten tasainen jakautuminen eri viljelijäryhmien välillä arvioitiin olevan vaikea varmistaa. Samaten mietittiin, että kaikkiin kyselyn kysymyksiin ei välttämättä saada vastausta jokaiselta vastaajalta. Etukäteen mietittiin myös sitä, että tulosten koostaminen saattaa olla haasteellista, koska kyselyssä oli valmiiden vastausvaihtoehtojen lisäksi avoimia kysymyksiä sekä monivalintakysymyksiä. Kyselyn vastausmääriin liittyvään riskiin valmistauduttiin pohtimalla erilaisia keinoja saada viljelijät vastaamaan kyselyyn. Tutkimuksen alusta alkaen suunniteltiin, että kysely on tarjolla useammassa tapahtumassa. Kyselylomakkeen muokausvaiheessa pyrittiin miettimään myös tulosten kokoamista esimerkiksi pitämällä avointen kysymysten määrä pienenä.

Tutkimuksella saavutetun tiedon syventämisen kannalta pidettiin tärkeänä dronea käyttäneiden viljelijöiden haastatteluja ja sitä, että haastatteluja saadaan riittävän monelta viljelijältä. Toisaalta haastattelujen osalta pidettiin mahdollisena myös sitä, että haastattelukysymykset oli muotoiltu niin, että haastatteluilla ei saavuteta uutta tietoa tai että viljelijät eivät vastaa esitettyihin kysymyksiin. Haastateltavien tavoittamista pohdittiin myös muiden kanavien, kuin kyselyn, avulla. Mahdollisena kanavana olisi voinut olla yhteydenotto Biotus Oy:n asiakkaisiin tai sosiaalisen median hyödyntäminen. Haastattelujen onnistumisen, eli uuden tiedon saavuttamisen, riskeihin valmistauduttiin miettimällä huolella haastattelukysymyksiä sekä valmistautumalla etenemään kussakin haastattelussa tilanteen edellyttämällä tavalla.

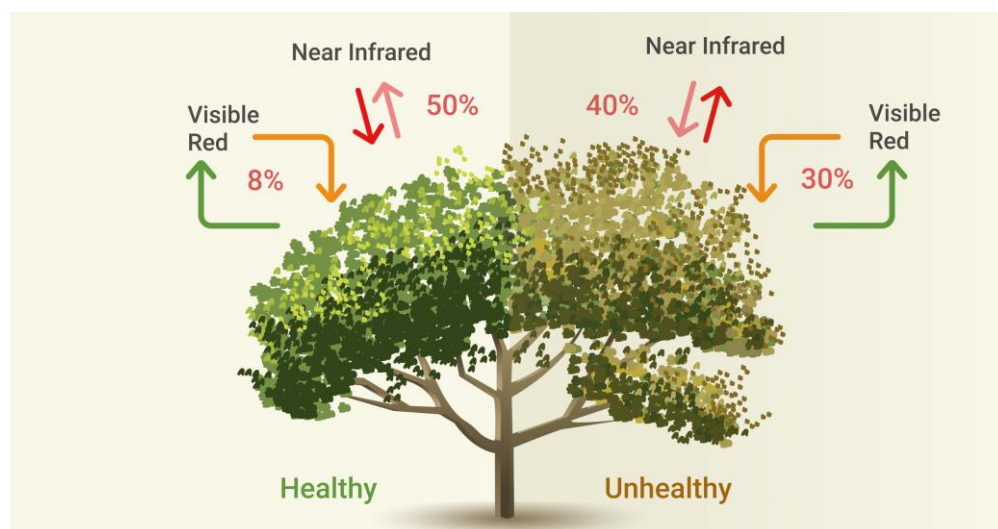
4 TULOKSET

Tutkimuksessa selvisi, että monet maataloudessa käytetyt dronen hyödyntämismenetelmät soveltuvat myös puutarhatuotantoon. Dronelaitetarjonasta löytynee sopiva kauko-ohjattu ilma-alus puutarhatuotannon vaihtelevien kasvilajien sekä viljelmien ja kasvustojen tarkkailuun tuhojen ja ongelmien varalta sekä vesiolosuhteiden ja kasvun kehittymisen seuraamiseen. Viljelypinta-alat puutarhatuotannossa ovat monesti pienemmät kuin maanviljelyssä, joten dronien käyttö myös lannoituksessa ja kasvinsuojelussa voisi olla kannattavaa, esimerkiksi viljanviljelyn isompiin pinta-aloihin verrattuna.

4.1 Dronen hyödyntäminen viljelmien kartoituksessa ja kasvustokuvauksissa

Dronea voidaan hyödyntää puutarhatuotannossa viljelyalueiden kartoittamiseen sekä kasvustokuvauksiin. Kartoituskuvauksia voidaan suorittaa

tavallisen kameran avulla, kasvustokuvauksia suoritetaan multispektri- tai hyperspektrikameroilla. Kasvustokuvauksilla voidaan selvittää viljelmien tilaa ja kasvukuntoa, niiden avulla voidaan tunnistaa kuolleet, heikkokuntoiset ja terveet kasvit toisistaan hyvin tarkasti. Kasvustokuvaukset perustuvat kasvillisuusindeksien määrittämiseen, jotka lasketaan ihmissilmälle näkymättömien valon aallonpituuksien, joita multispektri- ja hyperspektrikamerat tallentavat, perusteella. Kuvassa 11 on esitetty, että terveet, hyvinvoivat kasvit heijastavat näkyvää punaista valoa vähemmän ja lähi-infrapunavaloa enemmän kuin kuolleet tai heikkokuntoiset kasvit. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) on käytetyin kasvillisuusindeksi, kun määritellään kasvien hyvinvointia. NDVI lasketaan kaavalla kasvin heijastama lähi-infrapunavalo + näkyvä punainen valo jaettuna kasvin heijastama lähi-infrapunavalo – näkyvä punainen valo. Lyhyesti ilmaistuna NDVI on indikaattori kasvin fotosynteettisesti aktiiviselle biomassalle. NDVI kertoo viljelmien ja yksittäisten kasvien biomassan määrästä, sen avulla voidaan määrittää lannoitustarvetta ja sitä voidaan käyttää apuna sadon enustamisessa. NDVI:n avulla voidaan myös paikallistaa veden puutteesta kärsiviä kasveja sekä etsiä kasvitautien tai tuholaisien vaivaamia kasveja. (Earth Observing System, 2019)



Kuva 11. Terveet, heikkokuntoiset ja kuolleet kasvit heijastavat valon eri aallonpituuksia eri lailla, terveet kasvit heijastavat näkyvää punaista valoa vähemmän ja lähi-infrapunavaloa enemmän kuin kuolleet ja heikkokuntoiset kasvit (Earth Observing System, 2019).

4.2 Dronen hyödyntäminen lannoituksessa ja kasvinsuojelussa

Käytettäessä dronen hyötykuormana erilaisia levityslaitteita, pystytään sen avulla suorittamaan muitakin kuin kuvaustehtäviä. Rakeisten materiaalien levityslaitteita valmistaa usea yritys, joiden laitteiden toiminta perustuu erilaisiin tekniikoihin ja rakenteisiin. Laitteiden avulla voidaan levittää siemeniä, lannoitteita, kasvinsuojeluaineita, rehua sekä muita rakeisia

aineita. Kanadalaisyhtiö CFR Innovationsin levityslaitteet ovat kevyitä ja ne voivat levittää kerrallaan 8 tai 16 litraa, mallin mukaan. Saksalaisen Rauchin kehittämän levityslaitteen täyttömäärä voi olla jopa 50 litraa. Dronen hyödyntäminen materiaalien levityksessä tuottaa etua vaikeakulkuisissa maastoissa, kulkuyhteyksien puuttuessa käsiteltäville alueille ja esimerkiksi, kun märkä maaperä estää traktoreilla tai muilla työkoneilla liikkumisen. Dronien lentoreittien automatisoinnilla päästään hyvin levitystuloksiin. (Hill, 2018)

Kasvinsuojeluaineiden ruiskuttaminen dronien avulla on sallittua Aasiassa. Arvioiden mukaan esimerkiksi Etelä-Koreassa dronien avulla ruiskutetaan noin 30 prosenttia maan maatalousalasta. Yhdysvalloissa droneruiskutuksia on hyväksytty joissakin osavaltioissa, esimerkiksi Kaliforniassa ja Iowassa. Euroopan valtioista Sveitsi on ensimmäisenä hyväksynyt dronet kasvinsuojeluruiskutuksissa (Kanters, 2019). Dronet korvaavat hyvin etenkin reppuruiskutuksina tehtävää kasvinsuojelutyötä. Dronet ovat nopeampia ja tarkempia kuin ihmiset, ja niiden suorittamilla ruiskutuksilla voidaan vähentää reppuruiskutuksista aiheutuvia terveyshaittoja. Dronien hyödyntämisen vahvuus kasvinsuojeluaineiden levityksessä on niiden vaivaton pääsy hankaliin maastoihin, tasainen kasvinsuojeluaineiden levitys, mahdollisuus ruiskuttaa täsmällisesti tarvittavat kasvitauti- tai tuholaisesiintymät sekä tehokkuus ihmistyönä tehtyihin ruiskutuksiin verrattuna. (Hill, 2018) Jotta dronien käyttö kasvinsuojeluaineiden ruiskuttamisessa voisi yleistyä, tarvitaan useissa valtioissa ilmailu- ja kasvinsuojelulakien muutoksia sekä kasvinsuojeluaineille hyväksyntöjä dronelevitykseen (Kanters, 2019).

Drone4Agro on kehittänyt, ei vain droneen liitettävää levityslaitetta, vaan kasvinsuojeluaineita tai lannoitteita ruiskuttavan dronen (Kuva 12, s. 25). Laitteet valmistetaan jokaisen viljelijän tarpeisiin sopiviksi. Laitteen ruiskutusleveys on 3–9 metriä, levitettävää ainetta voi olla 15–80 kilogrammaa ja dronessa voi olla 8–24 roottoria. (Drone4Agro, n.d.) Rantizo markkinoi droneen liitettävää sähköstaattista kasvinsuojeluruiskua. Sähköstaattinen ruiskutus perustuu kemikaalin ja kasvin väliseen sähköiseen jännitteeseen, jonka ansiosta kemikaalin pisarat kiinnittyvät tehokkaammin lehtien pinnoille. Se vähentää kasvinsuojeluaineen menekkiä ja mahdollistaa dronen käytön suuremman alueen ruiskutuksessa. (Eckelkamp, 2018; Rantizo, 2020) DJI, merkittävä laitevalmista dronemarkkinoilla, valmistaa maatalouskäyttöön soveltuvia Agras-sarjan droneja, joilla voi ruiskuttaa neste-mäisiä kasvinsuojeluaineita. Agras T16-mallissa on 16 litran tankki ruiskutettavalle nesteelle, tutka tasaisen lentokorkeuden ylläpitämiseksi ja kokoon taittuva rakenne kuljettamisen helpottamiseksi (DJI, 2020a). DJI:n (2020b) mukaan ruiskuttaminen Agras MG-1-mallin dronella, jossa on 10 litran tankki kasvinsuojeluaineelle, on 40–60 kertaa nopeampaa kuin ihmistyönä tehty ruiskutus.



Kuva 12. Drone4Agron 12-roottorisen Agridrone Valck:n ruiskutusleveys on 4,5 metriä (Drone4Agro, n.d.).

4.3 Dronen hyödyntäminen biologisessa torjunnassa ja tuhoeläinten torjunnassa

Yksi biologisen torjunnan käytön hankaluus on ollut torjuntaeliöiden työläs ja hidas levittäminen, joka on tehty ihmistyönä. Ihmisen tehdessä levitystyötä, myös levittämisen tarkkuus saattaa vaihdella. Dronevalmistajat ja dronetoimijat sekä biologisten torjuntaeliöiden tuottajat ovat kehittämään droneihin liitettäviä levityslaitteita (Kuva 13, s. 26), jotka soveltuvat kantoaineeseen pakattujen elävien eliöiden levitykseen.

Dronien ansiosta korkeiden kasvien, esimerkiksi hedelmäpuiden, käsittely biologisilla torjuntaeliöillä onnistuu tehokkaammin ilmasta käsin. Parabug (2019) tarjoaa biologisten eliöiden levityspalvelua Yhdysvalloissa ja Australiassa droneteknologialla, jolle yritys on hakenut patenttia. He ovat levittäneet laitteillaan esimerkiksi harsokorennon toukkia ja petopunkkeja. Yritys ilmoittaa suorittavansa dronella 20 hengen päivän aikana tekemän levitystyön 2–3 tunnissa. Torjuntaeliötuottaja Koppert on kehittänyt torjuntaeliöiden levitykseen Natutec Dronen, jota se on testannut ja ottanut käyttöön Kaliforniassa yhdessä dronetoimija UAV-IQ:n kanssa (Koppert, 2020). Dronea on hyödynnetty ainakin mansikan, viinirypäleen, hampun ja pähkinäpuiden kasvinsuojelussa (UAV-IQ, n.d.a). Myös UAV-IQ, kumppanina Koppertin kanssa, markkinoi eliöiden levityspalvelua. Dronen levityspinta-ala on noin 6–8 hehtaaria tunnissa (15–20 eekkeriä) ja palvelun hinta on 45 euroa per hehtaari (20 dollaria per eekkeri) (29.1.2020 dollarin kurssin mukaan) (UAV-IQ, n.d.b).



Kuva 13. Vasemmalla yhdysvaltalaisen Parabugin ja oikealla eurooppalaisen Ecobotixin malli biologisten torjuntaeliöiden dronelevityslaitteista. (Parabug, 2019; Ecobotix, n.d.)

Euroopassa tanskalainen Eco Drone-hanke etsi droneista yhtä ratkaisua luomutuotannon lisäämiseen ja kasvinsuojeluaineiden vähentämiseen. Etelä-Tanskan Yliopiston, Århusin yliopiston, torjuntaeliöitä tuottavan EWH BioProductionin ja dronetoimija Ecobotixin hankkeessa kehitettiin drone ja siihen levityslaite (Kuva 13), jolla voidaan levittää luontaisia eliöitä tuholaisten torjumiseksi. (SDU, 2019) Ecobotixilla (n.d.) on tarjolla biologisten torjuntaeliöiden levityspalvelu esimerkiksi marja-, hedelmä- ja viljakasvien viljelijöille sekä joulukuusien kasvattajille. Tanskassa kasvatetaan vuosittain noin 10 miljoonaa tuholaisten herkkää kaukasianpihtaa (*Abies nordmanniana*), joista 90 prosenttia lähtee vientiin.

Japanissa Sagan yliopisto, Sagan prefektuurin hallitus ja IT-yritys OPTiM ovat kehittäneet ja testanneet viljelyyn optimoitua dronea. OPTimin valmistama Agri Drone on varustettu kehittyneillä kuvauslaitteilla, kuvien analysoinnin avulla tuholaisten tai kasvitautiesiintymät voidaan paikallistaa tarkasti. Dronessa on kasvinsuojeluruisku esiintymien täsmäruiskutusta varten. Sillä voidaan myös lennättää kasvuston yläpuolella uv-valoansaa, joka torjuu tuholaisten ilman kemikaaleja. (DronesOnVideo, n.d.)

Dronella voi lennättää siihen kiinnitettynä esimerkiksi laitetta lintujen karkottamiseen. Australiassa pelloilta siemeniä syövät linnut ovat merkittävä ongelma. Niiden karkottamisen kustannuksia on onnistuttu pienentämään huomattavasti lennättämällä dronea, johon on kiinnitetty lintuja karkottava äänilaitte. Laitte lähettää erilaisia korkeita huutoääniä ja petolintujen saalistusääniä. Tekniikka mahdollistaa dronen lennättämisen myös autonomisesti ohjelmoidun reitin ja aikataulun mukaan. (Brann, 2016) Puutarhatuotannossa lintujen karkottamisesta hyötyisivät ainakin marjan- ja hedelmäviljelijät. Suomen säännökset sallivat kuitenkin dronien lennättämisen vain näköyhteydessä.

4.4 Dronen hyödyntäminen kasvihuoneviljelyssä

Droneilla on hyödyntämistapoja myös kasvihuoneviljelyssä. Huoneiden rakenteet saattavat aiheuttaa haasteita dronien lennättämiselle kasvihuoneissa. Roottorityyppiset dronet soveltuvat paremmin sisätiloihin kuin kiinteäsiipiset dronet. Kasvihuoneiden toimintaa ja rakenteita sekä kasveja voidaan tarkkailla ja kuvata esimerkiksi kasvuolosuhteiden ja turvallisuuden ylläpitämiseksi tai markkinointimateriaalin tuottamiseksi. Kasvihuoneita voidaan varjostaa levittämällä peiteaine kasvihuoneiden kattoihin. Dronea voi hyödyntää varjostusaineen levityksessä ruiskutuslaitteen avulla, korvaten esimerkiksi käsintehtyn levityksen tai helikopterilevityksen. (Robbins & Maja, 2018)

Roldán ym. (2015) selvittivät kasvihuoneen olosuhteiden mittaamista minidroneen liitettyjen antureiden avulla. Kokeessa mitattiin kasvihuoneen lämpötilaa, kosteutta, valotehoa sekä hiilidioksidipitoisuutta. Dronemittauksen etuna kiinteisiin mittalaitteisiin verrattuna on mahdollisuus kerätä mittaustietoa lähes koko kasvihuoneen alueelta sekä saman mittalaitteen hyödyntäminen suurella alueella. Antureiden kiinnityskohtaan dronessa tulee kiinnittää huomiota, jotta laitteen ilmavirtaus ei häiritse mittaustuloksia.

Kasvihuoneen yleisen tarkkailun lisäksi dronea voidaan hyödyntää kasvihuoneessa monipuolisen kuvamateriaalin tuottamiseen. Hollantilainen start-up yritys Applied Drone Innovations (ADI) on kehittänyt dronekuvaus- ja kuvien analysointijärjestelmää, jonka korkearesoluutioisista kuvista voidaan erottaa kasveissa esiintyviä poikkeamia, kuten kasvitautien aiheuttamia häiriöitä. Yrityksen järjestelmää on lähdetty hyödyntämään kasvihuoneviljelyssä myös siementen itämisen seurannassa sekä nuorien taimien tarkkailussa. Suurien kasvihuoneviljelmien tarkkailussa ja taimien laskennassa dronen avulla pystytään kuvaamaan kaikki kasvatuspotit, -ruukut ja -levyt, ihmistyönä tehtynä se on täytynyt rajoittaa satunnaisotantana tehtyihin tarkastuksiin. Dronen avulla tuotetaan aikaisempaa enemmän tietoa, jonka vuoksi kuvien analysoinnin automatisointi tulee tarpeelliseksi. (Koerhuis, 2018; ADI, 2019)

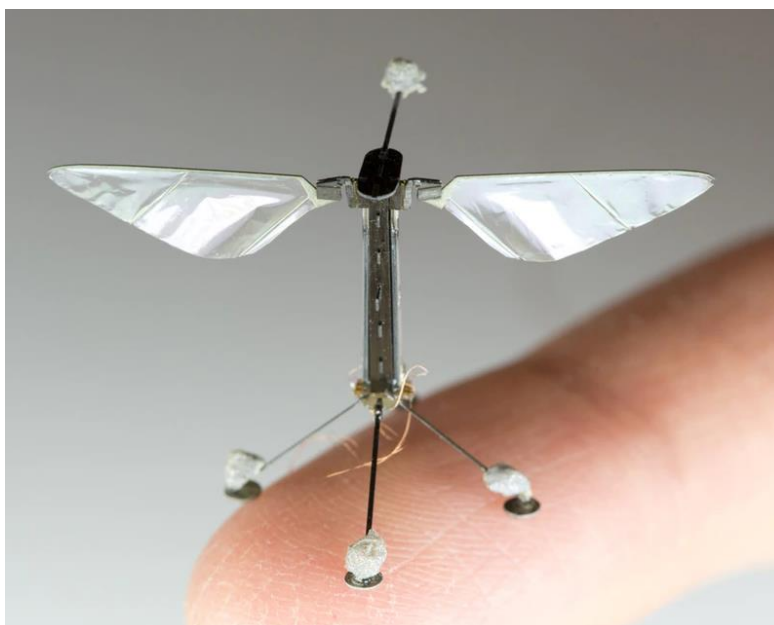
Sovelluksia, joissa hyödynnetään dronea tuholaiten torjuntaan kasvihuoneissa, tutkitaan ja kehitetään monella taholla. Abd El-Wahab (2018) tutki droneen liitettyjen ledien eri värialueiden vaikutusta tuholaiten torjuntaan. Kasvihuonekokeissa saatiin hyviä tuloksia ledien, etenkin valkoisen värialueen tehosta esimerkiksi vihannespunkin sekä kurkku- ja persikkakirvan torjunnassa. Dronella ledien toiminta-alueita pystytään laajentamaan tehokkaasti. Alankomaissa PATS Indoor Drone Solutions on kehittänyt mikrodronejärjestelmää, jonka pienet dronet torjuvat mekaanisesti kasvihuoneissa lentäviä tuholaisia. Yritys keskittyi ensimmäiseksi yökkösten torjunnan kehittämiseen ja aikoo laajentaa mikrodroneiden torjuntaa muihin lentäviin tuholaisiin. Järjestelmään kuuluu perusyksikkö, joka havainnoi

lentävät tuholaiset ja lähettävät dronen tuhoamaan sen, lisäksi droneille on erillinen laskeutumis- ja latausalusta. (Strating, 2019; PATS, n.d.)

Suomen ilmailuviranomainen ei sääntele dronien lennättämistä sisätiloissa (Traficom, 2018). Dronen hyödyntäminen kasvihuoneissa ei siten vaadi toimijalta rekisteröitymistä tai kouluttautumista.

4.5 Dronen hyödyntäminen kasvien pölytyksessä

Mehiläisten ja muiden pölyttävien hyönteisten esiintymisen riittävyys ja pölytystä vaativien kasvien pölytyksen onnistuminen huolestuttaa maailman laajuisesti suurta määrää ihmisiä. Eripuolilla maapalloa esimerkiksi yliopistot ovat lähteneet kehittämään keinotekoiseen pölyttämiseen robotimehiläisiä tai -hyönteisiä, mikrodroneja. Harvardin yliopiston Wyss-instituutin (n.d.) Robobee (Kuva 14) on vain puolikkaan paperiliittimen kokoinen ja alle 0,1 grammaa painava mikroilma-alus. Robobeen kehittäjien tarkoituksena on jalostaa laitteesta itsenäisesti lentävä ja ohjautuva robottihyönteinen, joka pystyy käyttäytymään koordinoitusti ryhmässä, kuten mehiläiset yhdyskunnassa. Mikrodroneiden käyttö kasvien pölytyksessä on vielä kehitysvaiheessa, mutta tulevaisuudessa niillä saattaa olla suuri merkitys ruuantuotannossa. Pölytystä suorittavat mikrodroneet voisivat olla käyttökelpoisia etenkin alueilla, jossa pölyttäjiä on vähän tai ei lainkaan, sekä korvaamassa ihmisten avustamaa pölytystä, esimerkiksi kasvihuoneviljelyssä (Niittymaa, 2019).



Kuva 14. Robobee-mikrodronen kehittäminen Yhdysvalloissa kasvien pölyttämiseen mehiläisen lailla. (Wyss Institute, n.d.)

Pölyttävien mikrodroneiden lisäksi dronea voidaan käyttää kasvien siitepölyn levitykseen. Yhdysvalloissa Dropcopter (n.d.) tarjoaa viljelijöille dronella suoritettavaa pölytyspalvelua omena-, manteli-, kirsikka- ja

päärynäviljelmien pölyttämiseen. Droneavusteista pölytystä voidaan hyödyntää, kun pölyttäviä hyönteisiä on vähän tai kukinta-ajan olosuhteet, esimerkiksi kylmyys, estävät pölyttäjien toiminnan.

4.6 Dronen hyödyntäminen sadon tarkkailussa ja sadon poimimisessa

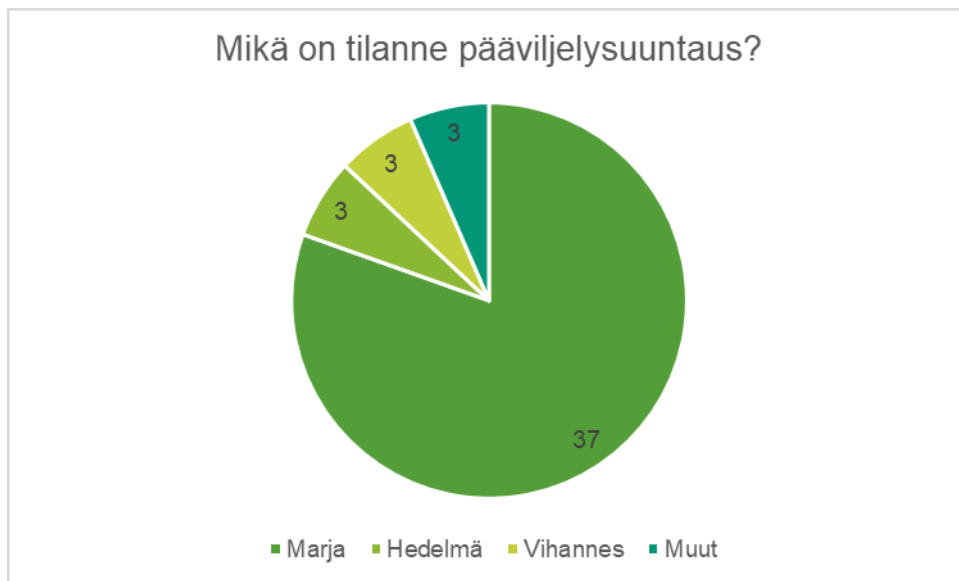
Hedelmäviljelyssä on tutkittu ja kehitetty dronen hyödyntämistä hedelmien kypsytyden määrittelyssä sekä sadon poimimisessa. Valente, Almeida & Kooistra (2019) selvittävät tutkimuksessaan mahdollisuutta määrittää omenoiden kypsytyttä droneen liitetyn pienikokoisen kemikaalianturin avulla. Menetelmä perustuu hedelmien erittämän etyleenin mittaamiseen anturin avulla. Israelilainen yritys Tevel Aerobotics Technologies kehittää dronesovellusta hedelmien poimimiseen. Yrityksen kehittämä drone, jossa on mekaaninen tartuntaosa hedelmien poimimiseen, tunnistaa hedelmät koon, värin ja kypsytyden perusteella. Tehokkaaseen toimintatyöhön tarvitaan joukko droneja, jotka lentävät ja poimivat autonomisesti, ihmisen valvoessa toimintaa. Poimintatyötä suorittava drone mahdollistaa hedelmäpuiden kasvattamisen korkeammiksi ja sitä kautta suuremman sadon pinta-alaa kohden. Yritys kehittää myös muita dronen lisälaitteita esimerkiksi kasvien leikkaamiseen ja lehtien poistamiseen. Tavoitteena on kaupallistaa ensimmäiset dronet vuonna 2020. (Maccioni, 2019; Tevel, n.d.)

Yhdysvalloissa Idahon Yliopiston tutkijat ovat selvittäneet dronen hyödyntämismahdollisuuksia hedelmä- ja taimitarhoilla. Dronea voidaan käyttää puiden korkeuden ja latvuksen koon määrittelyyn sekä puiden laadun ja terveyden tarkkailuun. Kasvukauden aikana dronea voidaan hyödyntää tuholaisten ja kasvitautien hallinnassa sekä tuottamaan tietoa kastelu- ja lannoitustarpeen määrittelyyn. Yksi mahdollinen käyttökohde tutkijoiden mukaan on hedelmä- tai pähkinäpuiden sadon arviointi. Tarhurit voivat hyödyntää dronea myös markkinointimateriaalien luomiseen. Dronen etuna on nopeus ja laatu tiedon keräämisessä. Dronella voidaan tuottaa erilaisilla kamerasensoreilla kuvamateriaalia, jota ihmissilmä ei pysty havaitsemaan, tiedon kerääminen tapahtuu huomattavasti nopeammin kuin ihmisen suorittamana. (Fisk, 2020)

4.7 Kysely puutarhatuottajille

Puutarhatuotannon viljelijöille suunnattuun kyselyyn saatiin 18.11.2019–24.1.2020 välisenä aikana 46 vastausta. Vastauksista 35 saatiin kirjallisina vastauksina paperiselle kyselylomakkeelle täytettynä ja 9 sähköisinä vastauksina Google Forms-kyselyyn.

Kyselyyn vastanneista 37:n pääviljelysuuntaus oli marjanviljely, kolmella pääviljelysuuntaus oli hedelmäviljely ja kolmella vihannesviljely (Kuva 15, s. 30). Vastanneista yksi ilmoitti pääviljelysuuntaukseksi viljanviljelyn, yksi taimitarhauksen ja yksi marjojen tukkutoiminnan (pakkasmarja), näitä viljelijöitä käsitellään tästä eteenpäin muut viljelijät ryhmänä.



Kuva 15. Viljelijöille suunnatun kyselyn suurin vastaajaryhmä oli marjanviljelijät.

Taustatietokysymykseen tilan viljelystä avomaalla, tunnelissa ja kasvihuoneessa saatiin 46 vastausta. Lähes kaikki vastaajat, 45 kappaletta, harjoittavat viljelystä avomaalla. Pelkästään avomaalla viljelystä on 31 vastaajalla. Viljelystä avomaalla ja tunnelissa on 11 vastaajalla, avomaalla ja kasvihuoneessa kahdella vastaajalla, avomaalla, tunnelissa ja kasvihuoneessa yhdellä vastaajalla. Yksi vastaajista viljelee pelkästään kasvihuoneessa.

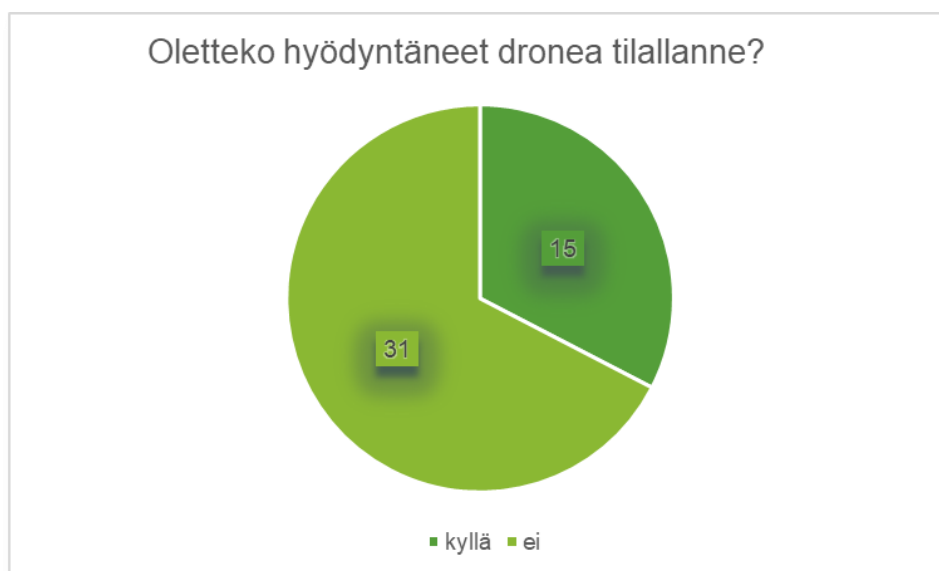
Marjanviljelijöistä 19 ilmoitti tilansa pääviljelykasviksi mansikan, kolme mansikan ja vadelman, kaksi mansikan ja jonkun muun kasvin, yksi vadelman ja viljan, yksi mustaherukan ja yksi punaisen karviaisen. Yhdeksän marjanviljelijää jätti vastaamatta kysymykseen tilan pääviljelykasvista. Hedelmänviljelijöistä kaikki, kolme kappaletta, ilmoittivat pääviljelykasvikseen omenan. Vihannesviljelijöistä yhden tilan pääviljelykasvi on porkkana, yhden avomaankurkku sekä yhden salaatti ja yrtit. Kyselyyn vastanneen taimitarhan viljelykasvina ovat koristekasvit, viljanviljelijän pääviljelykasvit ovat kaura ja ohra.

Kysymykseen tilan viljelyssä olevasta pinta-alasta saatiin 44 vastausta, kaksi vastaajaa ei ilmoittanut tilansa pinta-alaa. Kuvassa 16 (s. 31) on esitetty tilojen jakautumista pinta-alan mukaan. Kuvasta huomataan, että valtaosa vastaajista, 35 kappaletta, on ilmoittanut tilansa viljelyssä olevan pinta-alan olevan 50 hehtaaria tai vähemmän.



Kuva 16. Kyselyyn vastanneiden viljelyssä oleva pinta-ala oli suurimmalla osalla 50 hehtaaria tai vähemmän.

Tilallaan dronea hyödyntäneitä viljelijöitä oli 46 vastanneesta 15 kappaletta eli 33 prosenttia, 31 vastaajaa eli 67 prosenttia vastaajista ei ollut käyttänyt dronea (Kuva 17). Dronen hyödyntämistavoista eniten mainittiin dronen käyttö kuvaukseen. Vastauksissa mainittiin kasvustokuvaus, markkinointimateriaalin kuvaaminen, lohkojen kuvaaminen sekä salaojien paikantaminen kuvaamalla. Yksittäisinä hyödyntämistapoina mainittiin esimerkiksi haittalintujen karkotus sekä harsojen ja kauriiden tarkkailu.



Kuva 17. Kolmasosa kyselyyn vastanneista viljelijöistä oli hyödyntänyt dronea tilallaan.

Kuvassa 18 (s. 32) on esitetty, että yhteensä 33 viljelijää ilmoitti aikovansa hyödyntää dronea tulevaisuudessa, 17 vastaajaa lähivuosina ja 16 vastaajaa myöhemmin. Vastaajista 11 ilmoitti, että heidän tavoitteenaan ei ole

hyödyntää dronea tulevaisuudessa. Kaksi vastaajaa jätti vastaamatta tähän kysymykseen. Kysymykseen hyödyntäisikö viljelijä dronea itse vai käyttäisikö drone-palvelua saatiin 42 vastausta. Vastaajista 28 haluaisi hyödyntää dronea itse ja 14 käyttäisi palvelua. Kysyttäessä, missä tehtävissä viljelijät haluaisivat hyödyntää dronea, oli mahdollisuus valita useampi vastaus ja vastata omalla vastauksella. 43 vastaajaa vastasi tähän kysymykseen ja suurin osa vastaajista valitsi useamman vastausvaihtoehdon. Vastaukset jakaantuivat siten, että 39 vastaajaa haluaisi hyödyntää dronea tarkkailuun, 22 viljelmien kartoitukseen, 15 kasvinsuojeluun, 13 lannoitukseen, 11 sadon valmistumisen seurantaan ja kuusi vastaajaa sadon ennustamiseen. Yksittäisinä hyödyntämistapoina mainittiin lintujen karkotus, salaajien toimivuuden seuraaminen sekä markkinointi.



Kuva 18. Lähes 72 prosenttia vastaajista ilmoitti aikovansa hyödyntää dronea tulevaisuudessa, joko lähivuosina tai myöhemmin.

Kysyttäessä syitä siihen, miksi tila ei ole hyödyntänyt dronea, oli mahdollisuus valita useampi vastausvaihtoehto ja kertoa oma vastaus. Vastauksia tähän kysymykseen saatiin 40 vastaajalta, joista 23 ilmoitti dronen käytön esteeksi tiedon puutteen, 22 käyttökokemuksen puutteen, 15 ajanpuutteen ja 10 kustannukset. Viisi vastaajaa ilmoitti syyksi sen, että tila ei hyödy dronen käytöstä ja neljä vastasi, että drone ei sovellu tilan tarpeisiin. Yksittäisinä syinä dronen käytön esteeksi ilmoitettiin kiinnostuksen puute sekä se, että drone ei sovellu ammattikäyttöön tai sen käyttö ei ole ollut ajankohtaista.

Kun kysyttiin viljelijöiden kantaa dronen hyödyntämisen tulevaisuudesta, oli neljä vastausvaihtoehtoa, joista vastaaja sai valita useamman vaihtoehdon. Vastauksia saatiin yhteensä 44 ja 23 vastaajaa oli valinnut kaksi vaihtoehtoa; käyttö tulee lisääntymään ja kehittyy uusia hyödyntämistapoja. Käyttö tulee lisääntymään oli 10 vastaajan valinta, 10 vastaajaa ilmoitti vastaukseksi vaihtoehdon; kehittyy uusia hyödyntämistapoja. Yksi vastaaja valitsi vaihtoehdon; en näe niiden yleistyvän tulevaisuudessa.

4.8 Dronea käyttäneiden viljelijöiden haastattelut

Dronea käyttäneille viljelijöille suunnatulla haastattelulla kartoitettiin viljelijöiden mielipiteitä dronen hankinnasta ja dronen ominaisuuksista, dronen käyttötavoista, droneen liittyvästä kouluttautumisesta, säännöistä ja rekisteröitymisestä, dronen hyödyntämisen edistämisestä sekä dronen käytön tulevaisuudesta. Tutkimuksessa tehtiin neljä haastattelua.

Kolme haastateltua olivat marjanviljelijöitä ja yksi haastateltu oli viljatilallinen. Haastateltujen viljelijöiden tiloista kolmen tila sijaitsee Länsi-Suomessa (Varsinais-Suomessa, Pohjanmaalla ja Pohjois-Pohjanmaalla) ja yhden viljelijän tila sijaitsee Itä-Suomessa (Pohjois-Karjalassa). Kaikilla viljelijöillä on käytössä Dji:n valmistama drone, joiden hankintahinnat ovat vaihdelleet noin 300–2 500 euron välillä. Hankintahinnaltaan edullisimmat dronet on hankittu käytettynä tai kun laite on ollut tarjouksessa.

Kaksi haastatelluista kertoi valokuvausharrastuksen tai kiinnostuksen valokuvaukseen olleen syynä dronen hankintaan. Heistä toiselle dronen käyttö tilan mainoskuvaamiseen oli tärkein hankintaperuste dronelle. Kahdella tilalla dronen hankinta oli ollut pitkään mielessä ennen sen hankkimista. Muita perusteita dronen hankinnalle viljelijät kertoivat olleen kiinnostus katsella peltoja ylhäältä päin, tarve karkottaa lintuja sekä tarve valvoa ja karkottaa peuroja.

Viljelijät kertoivat käyttäneensä dronea tilallaan kasvulohkojen tarkkailuun, peltojen ongelmakohtien kartoitukseen, lintujen karkotukseen ja valvontalentoihin kauriiden ja harsojen tarkkailussa ja joskus myös kauriiden karkotukseen valvontalennon yhteydessä. Kaksi viljelijää oli käyttänyt dronea mainosmateriaalin kuvaamiseen.

Kun haastatelluilta kysyttiin dronen hankintaan vaikuttavista ominaisuuksista, yksi viljelijä mainitsi tärkeimmäksi ominaisuudeksi dronen lentoajan ja akun keston. Yhdelle viljelijälle merkittävin ominaisuus on dronen toimivuus. Kaksi viljelijää mainitsi tärkeiksi ominaisuuksiksi dronen erilaiset toiminnot, kuten toiminto kotiin paluu ja toiminto seuraa lennättäjää sekä mahdollisuus lennättää dronea kartalta valittujen pisteiden mukaista reittiä. Yhden viljelijän mielestä tärkeä ominaisuus ovat sensorit, jotka estävät dronen törmäyksen esteisiin. Yksi viljelijä mainitsi dronen kameran kuvanlaadun hankintaan vaikuttavaksi seikaksi. Yksi haastateltava koki tärkeäksi hankinnan yhteydessä saatavan dronen käyttökoulutuksen. Yhden viljelijän mielestä hankintaan vaikuttava ominaisuus oli kokonaisuus eli valmis dronepaketti, johon ei tarvitse hankkia lisäosia.

Kaikki haastatellut ovat itse opiskelleet dronen käyttöä. Yksi viljelijä on sen lisäksi osallistunut yhden illan pituiseen ProAgrian koulutustilaisuuteen, jossa oli teoriaosuus ja dronen lentoesitys. Yksi viljelijä ei kokenut koulutusta tarpeelliseksi, koska asuu syrjäseudulla. Kolme haastateltua olivat sitä mieltä, että koulutukselle olisi tarvetta. Yhden haastatellun mielestä

koulutusta olisi hyvä saada uusista säännöistä. Yksi viljelijä haluaisi koulutusta dronen käytöstä ja siitä, mitä dronella voi tehdä. Dronen kaikkien ominaisuuksien hyödyntäminen olisi yhden haastatellun mielestä hyödyllinen koulutusaihe. Kolmen haastatellun, jotka kokivat koulutuksen tarpeelliseksi, mielestä koulutusta järjestävällä taholla ei ole merkitystä. Koulutuksen järjestäjästä kysyttäessä keskustelussa nousi kaikkien haastateltujen kanssa mahdollisena järjestäjänä esille ProAgria. Yhden haastatellun mielestä dronen käyttökoulutusta voisi järjestää droneja myyvät tahot. Yksi haastateltu mainitsi oppilaitokset mahdollisena koulutuksen järjestäjänä.

Haastatelluista yksi koki, että laitteiden lentoaikojen pidentäminen, tiedon lisääminen dronen hyödyntämisestä ammattikäytössä esimerkiksi alan ammattilehdissä ja tiedotus dronen käyttöä koskevista muutoksista, voisi edistää dronen hyödyntämistä. Yksi viljelijä mainitsi dronen hyödyntämistä edistävästä ominaisuuksista dronen autopilot-toiminnon eli mahdollisuuden lennättää dronea tietyllä valitulla alueella tai reitillä. Yksinkertainen ohjelma lentoreittien suunnitteluun sekä karttaohjelmien markkinointi sekä niiden kustannusten kohtuullisuus mainittiin dronen hyödyntämistä edistävinä tekijöinä. Lämpökamerat ja niiden hintojen laskeminen edistäisi hyödyntämistä kahden haastatellun mielestä. Yksi haastatelluista mainitsi, että kuvaamiseen soveltuvan dronen hankintahinnan aleneminen voisi edistää dronen käyttöönottoa.

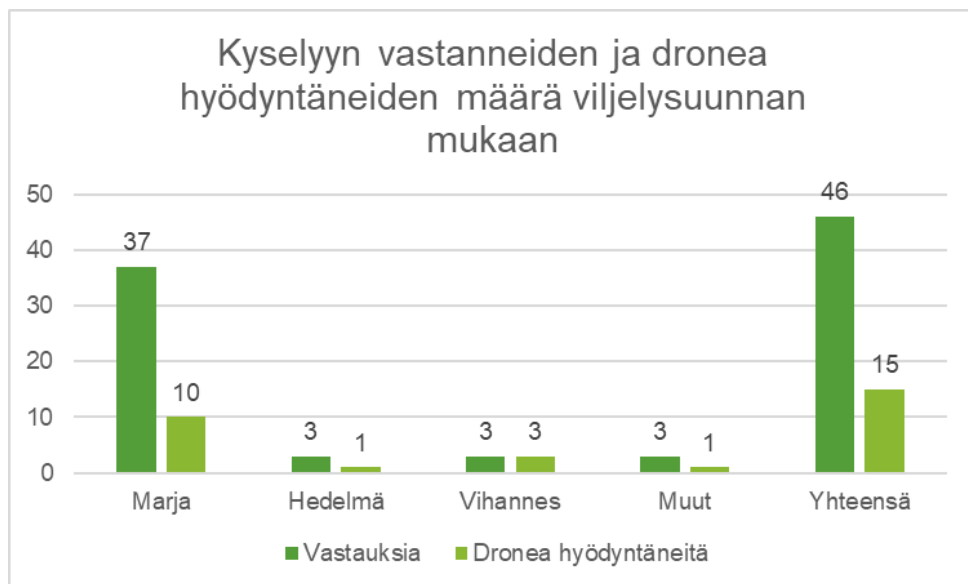
Kaikki haastatellut kertoivat perehtyneensä dronea koskevien ohjeiden ja määräysten perusasioihin. Yksi haastatelluista mainitsi perusasioista lentokorkeusrajan ja näköyhteysvaatimuksen, toinen lentokenttien kiello- ja rajoitusalueet. Haastatelluista yksi mainitsi, että Traficomin Droneinfo-sovellus on tuttu. Yksikään haastatelluista ei ollut vielä rekisteröitynyt dronen käyttäjäksi (eli RPAS-toimijaksi). Yksi haastatelluista oli tietoinen siitä, että rekisteröitymisvaatimus on tulossa kaikille dronea lennättäville ja yhdellä oli tieto, että dronen käyttäminen omalla tilalla on lentotyötä, joka edellyttää rekisteröitymistä.

Haastatelluista kolme ilmoitti jatkavansa dronen käyttöä omalla tilallaan samalla tavalla kuin tähänkin asti, lisäksi yksi heistä kertoi harjoittelevansa dronen käyttöä lisää. Yksi haastateltu kertoi luopuvansa viljelystä, joten dronen käyttö viljelyn apuna loppuu tämän viljelijän osalta. Kun kysyttiin viljelijöiden mielipiteitä dronen käytön tulevaisuudesta puutarhatuotannon ja maatalouden alalla, yhden viljelijän mielipide oli se, että dronen käyttö tulee lisääntymään jonkin verran. Yhden haastatellun mielestä dronen käyttö tulee lisääntymään ja kiinnostus sitä kohtaan kasvaa sekä tulee kuvauspalvelun tarjoajia, jotka kuvaavat järeämmällä kalustolla ja lämpö- tai multispektrikameralla. Yhdellä haastatellulla ei ollut mielipidettä dronen käytön kehittymisestä.

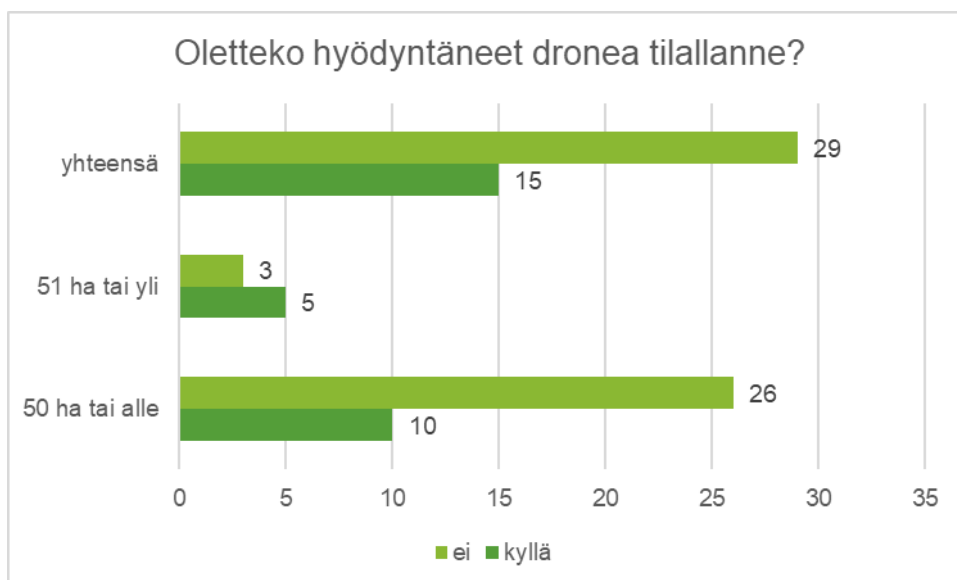
5 TULOSTEN TARKASTELO

Tutkimuksen tulosten tarkastelussa on pyritty analysoimaan kyselyn ja haastattelun tuloksia ja löytämään niistä yhdenmukaisuuksia tai eroavaisuuksia. Tuloksia on analysoitu myös esimerkiksi vastaajien viljelysuuntauksen ja tilan koon perusteella.

Kyselyn tulosten perusteella dronen hyödyntäminen on suositumpaa vihannesviljelijöiden kuin marjan- tai hedelmänviljelijöiden keskuudessa (Kuva 19). Vihannesviljelijöistä kaikki vastanneet olivat käyttäneet dronea tilallaan, kun kaikkien vastaajien keskuudessa noin joka kolmas vastaaja oli hyödyntänyt dronea. Kun vertaillaan vastauksia dronen käytöstä tilan viljelyssä olevan pinta-alan mukaan (Kuva 20, s. 36), huomataan, että suuremmilla tiloilla dronen käyttö on yleisempää kuin pienemmillä tiloilla. Tiloilla, joiden viljelyssä oleva pinta-ala on 50 hehtaaria tai vähemmän, dronea on käyttänyt 28 prosenttia vastaajista, dronea käyttäneiden osuus tiloilla, joiden pinta-ala on 51 hehtaaria tai enemmän, on 68 prosenttia.

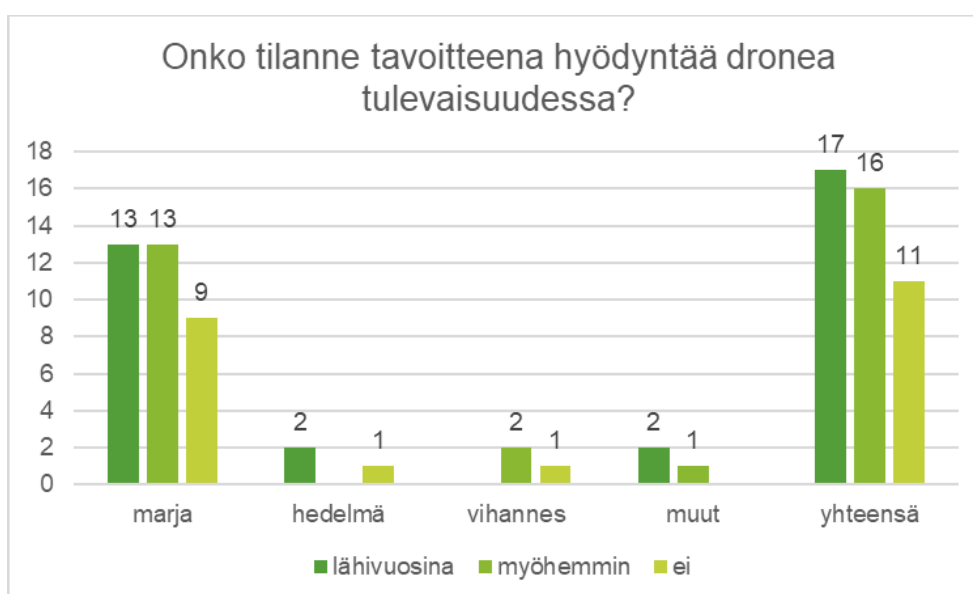


Kuva 19. Suurimman vastaajaryhmän, marjanviljelijöiden, dronea hyödyntäneiden osuus oli noin 27 prosenttia, kun kaikkien vastanneiden kohdalla osuus oli noin 32 prosenttia.



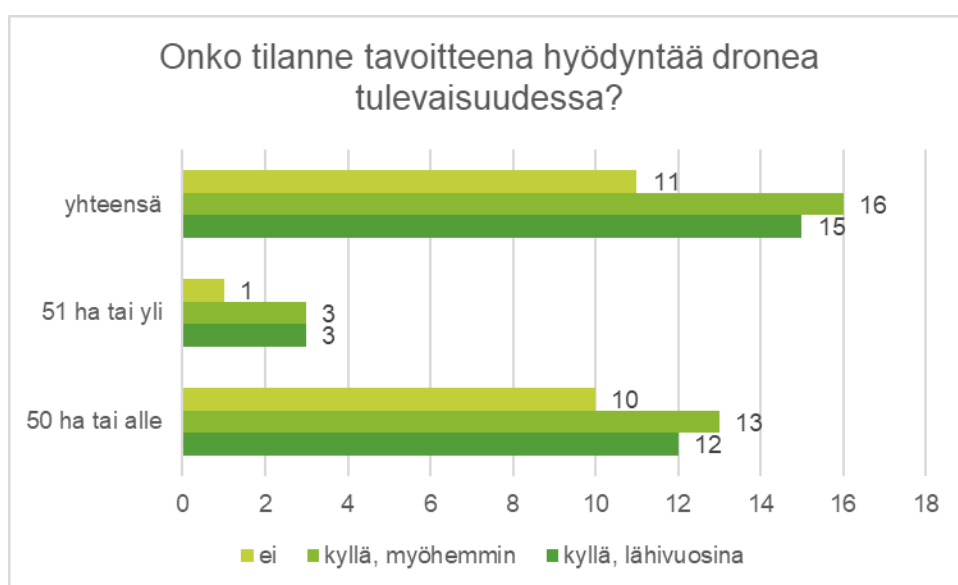
Kuva 20. Suurempien tilojen ryhmässä dronea hyödyntäneitä tiloja on ollut enemmän kuin tiloja, jotka eivät ole hyödyntäneet dronea.

Dronen hyödyntämistavoista yleisin oli sekä kyselyn tulosten että haastattelujen perusteella kuvaaminen ja kuvaamiseen perustuvat tarkkailu, valvonta ja kartoitus. Myös tavoitteista hyödyntää dronea tulevaisuudessa, saatiin samansuuntaiset tulokset kyselystä ja haastatteluista. Lähes kolme neljäsosaa marjanviljelijöistä ilmoitti aikovansa hyödyntää dronea lähivuosina tai myöhemmin, hedelmän- ja vihannesviljelijöiden osalta vastaava tulos oli kaksi kolmasosaa, muista vastanneista kaikki ilmoittivat tavoitteekseen hyödyntää dronea tulevaisuudessa (Kuva 21). Haastatteluista viljelijöistä kaksi marjanviljelijää kolmesta aikoo hyödyntää dronea lähitulevaisuudessa. Myös haastatellun viljanviljelijän tarkoituksena on jatkaa dronen hyödyntämistä tilallaan.



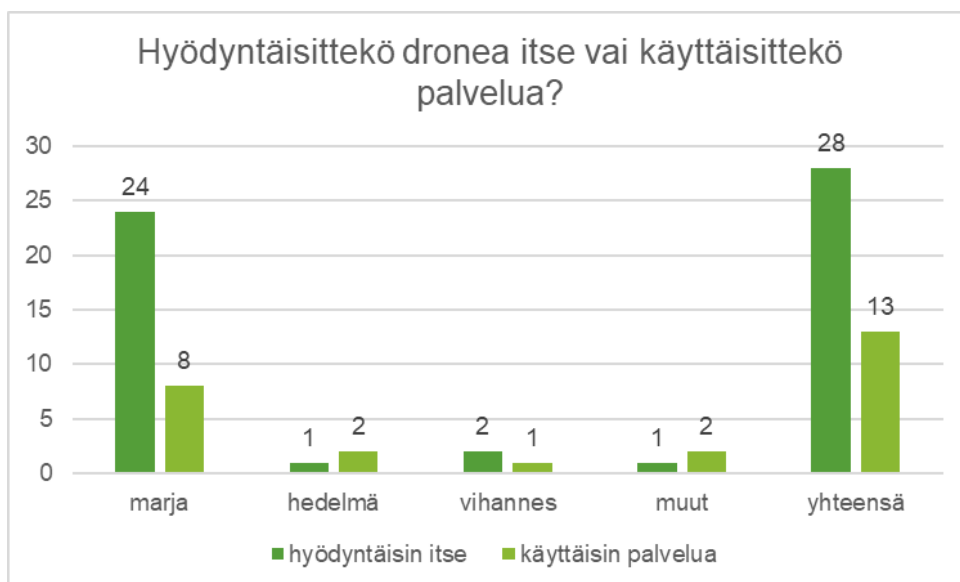
Kuva 21. Kaikissa viljelijäryhmissä suurempi osuus vastaajista ilmoitti tavoitteekseen hyödyntää dronea tulevaisuudessa.

Vertailua vastaajien tilan koon vaikutuksesta tavoitteisiin hyödyntää dronea tulevaisuudessa on esitetty kuvassa 22. Vertailusta huomataan, että tilojen, joiden viljelyssä oleva pinta-ala on 50 hehtaaria tai vähemmän, vastaajista prosentuaalisesti suurempi osuus kuin isompien tilojen vastaajista, 29 prosenttia, on ilmoittanut, että heidän tavoitteenaan ei ole hyödyntää dronea tulevaisuudessa. Tilojen, joiden viljelyssä oleva pinta-ala on 51 hehtaaria tai enemmän, vastaava osuus oli 14 prosenttia. Vastaajat, jotka ilmoittivat, että heidän tavoitteenaan on hyödyntää dronea lähivuosina, muodostivat pienemmän tilakoon ryhmässä 34 prosentin osuuden ja suuremman tilakoon ryhmässä 43 prosentin osuuden. Kyllä, myöhemmin – vaihtoehdon oli valinnut pienempien tilojen vastaajista 37 prosenttia ja suurempien tilojen vastaajista 43 prosenttia. Myös haastatellut viljelijät olivat samaa mieltä tulevaisuuden tavoitteistaan kuin kyselyyn vastanneet.

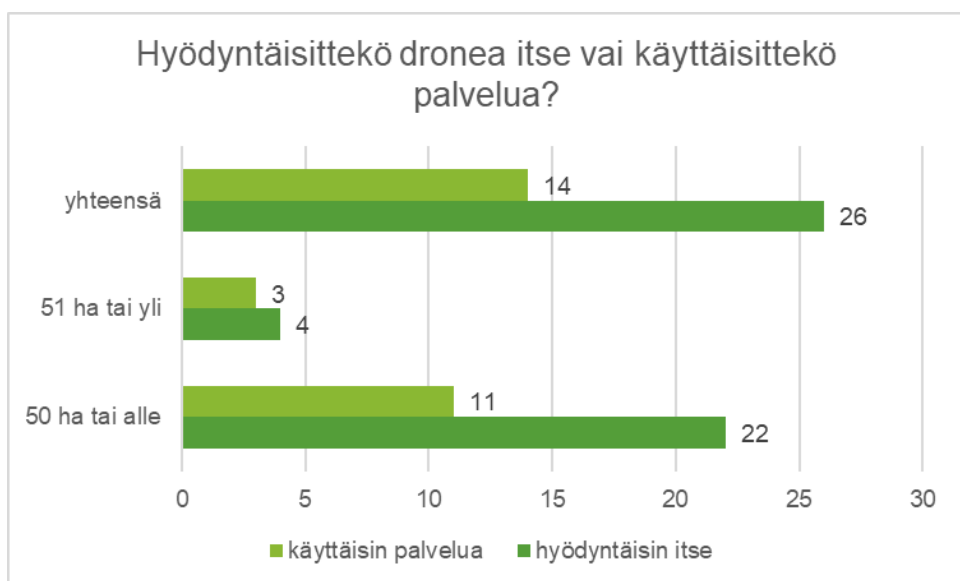


Kuva 22. Lähes kaikkien vastaajien, jotka ilmoittivat, ettei tilan tavoitteena ole hyödyntää dronea tulevaisuudessa, tilan viljelyssä oleva pinta-ala oli 50 hehtaaria tai vähemmän.

Kyselyn vastausten perusteella marjanviljelijät halusivat hyödyntää dronea itse useammin kuin muut viljelijät (Kuva 23, s. 38). Marjanviljelijöiden keskuudessa 75 prosenttia ilmoitti hyödyntävänsä dronea mieluummin itse, hedelmäviljelijöillä vastaava osuus on 33 prosenttia, vihannesviljelijöillä 67 prosenttia ja muiden viljelijöiden ryhmässä 33 prosenttia. Tuloksista ilmenee, että suurempien tilojen kiinnostus käyttää dronepalvelua on hieman korkeampi kuin pienempien tilojen (Kuva 24, s. 38). Tiloista, joiden viljelyssä oleva pinta-ala on 51 hehtaaria tai enemmän, 57 prosenttia ilmoitti hyödyntävänsä dronea mieluummin itse ja 43 prosenttia dronepalvelua. Tiloilla, joiden viljelyssä oleva pinta-ala on 50 hehtaaria tai vähemmän, dronen hyödyntämisestä itse oli kiinnostunut 67 prosenttia ja dronepalvelun käyttämisestä 33 prosenttia.



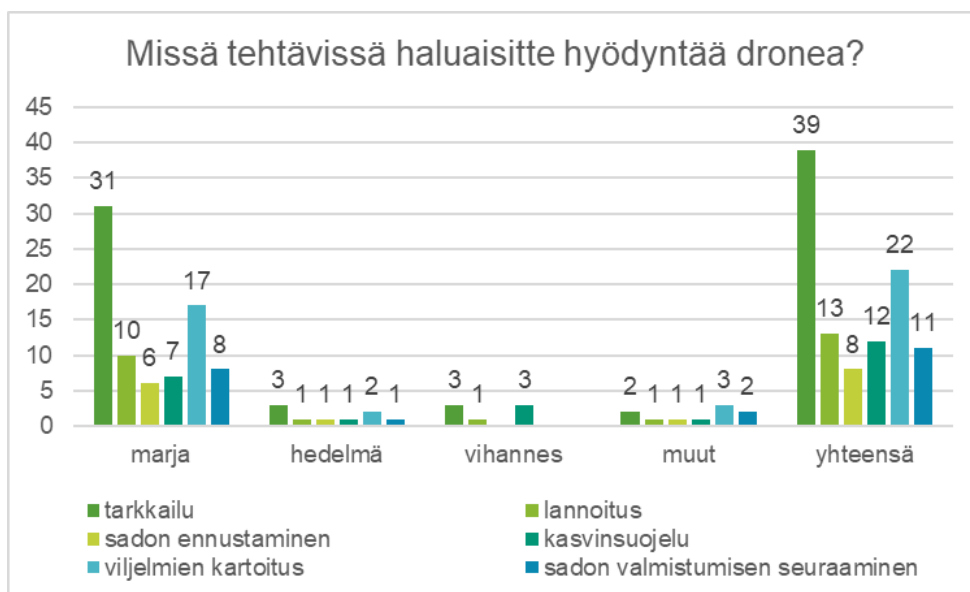
Kuva 23. Kyselyn perusteella hedelmän-, vihannes- ja muut viljelijät ovat prosentuaalisesti innokkaampia hyödyntämään dronepalvelua kuin marjanviljelijät.



Kuva 24. Suuremmilla tiloilla kiinnostus hyödyntää dronepalvelua on suurempi kuin pienemmillä tiloilla.

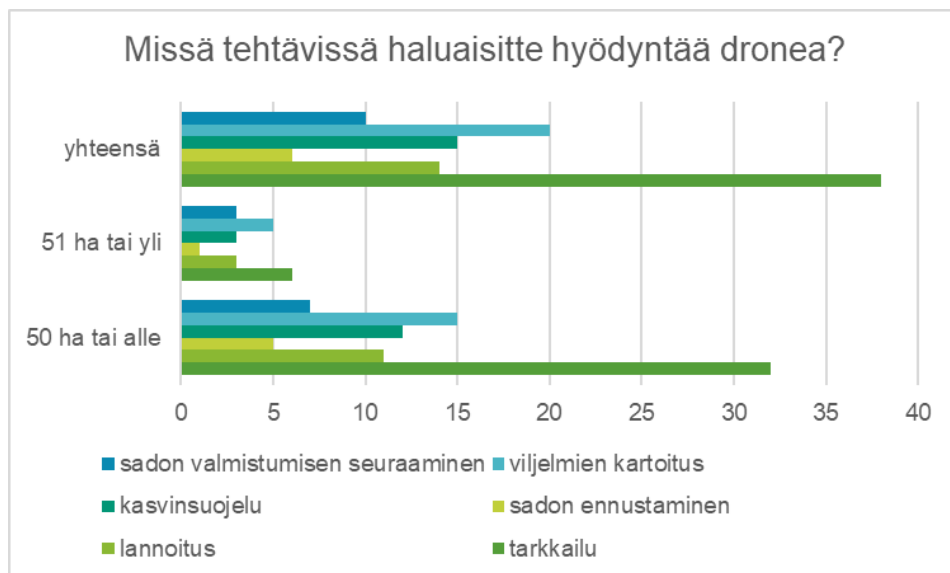
Tehtävät, joissa viljelijät haluaisivat hyödyntää dronea on esitetty kuvassa 25 (s. 39). Kuvasta on nähtävissä, että tarkkailu on suosittu tehtävä kaikissa viljelysuuntausryhmissä. Myös lannoituksen vastausvaihtoehdoista valintojen osuus on tasainen, noin kolmannes viljelijöistä kaikissa viljelysuuntausryhmissä on valinnut sen. Eroja ryhmien välillä on sadon ennustamisen, kasvinsuojelun, viljelmien kartoituksen ja sadon valmistumisen seuraamisen vaihtoehtojen valinnoissa. Etenkin vihannesviljelijäryhmä esiintyy poikkeavana muista, ryhmästä yksikään ei ollut valinnut tehtävistä sadon ennustamista, viljelmien kartoitusta eikä sadon valmistumisen seuranta. Sadon ennustamisen oli muista ryhmistä valinnut marjanviljelijöistä 18

prosenttia, hedelmänviljelijöistä 33 prosenttia ja muista viljelijöistä 33 prosenttia. Viljelmien kartoituksen oli tehtävävaihtoehdoista valinnut 50 prosenttia marjanviljelijöistä, 67 prosenttia hedelmänviljelijöistä ja 100 prosenttia muista viljelijöistä. Sadon valmistumisen seuraaminen – tehtävä oli valinta 24 prosentille marjanviljelijöistä, 33 prosentille hedelmänviljelijöistä ja 67 prosentille muista viljelijöistä. Vihannesviljelijöistä kaikki ilmoittivat haluavansa hyödyntää dronea kasvinsuojelutehtävissä, marjanviljelijöistä 21 prosenttia, hedelmänviljelijöistä 33 prosenttia ja muista viljelijöistä 67 prosenttia valitsi kasvinsuojelun dronen tehtävävaihtoehdoista.



Kuva 25. Tarkkailu ja viljelmien kartoitus ovat suosituimpia, kun vastaajat saivat valita tehtäviä, joissa haluaisivat hyödyntää dronea.

Kun tarkastellaan tilakoon vaikutusta halukkuuteen hyödyntää erilaisia dronen käyttötapoja, huomataan vastauksissa joitakin eroavuuksia riippuen siitä, onko tilan viljelyssä oleva pinta-ala 50 hehtaaria tai vähemmän vai 51 hehtaaria tai enemmän. Kuvassa 26 (s. 40) on esitetty kaaviomuodossa haluttujen hyödyntämistapojen ja viljelyssä olevan pinta-alan yhteyttä. Tarkkailutehtävät ovat molemmissa ryhmissä lähes yhtä suosittuja, pienempien tilojen vastaajista 89 prosenttia ja isompien tilojen vastaajista 86 prosenttia ilmoitti haluavansa hyödyntää dronea tarkkailuun. Lannoituksen hyödyntämistapana valitsi 31 prosenttia pienemmistä tiloista ja 43 prosenttia isommista tiloista. Kiinnostus hyödyntää dronea kasvinsuojelussa oli vähäisempää pienemmillä tiloilla, 33 prosenttia, kun vastaava luku suuremmilla tiloilla oli 43 prosenttia. Halukkuus hyödyntää dronea sadon ennustamisessa oli molemmissa ryhmissä sama, 14 prosenttia. Hyödyntämistavoista viljelmien kartoituksen valitsi pienemmän tilakoon ryhmästä 42 prosenttia ja suuremman tilakoon ryhmästä 71 prosenttia. Pienemmistä tiloista 19 prosenttia ja suuremmista 43 prosenttia haluaisi hyödyntää dronea sadon valmistumisen seuraamiseen.



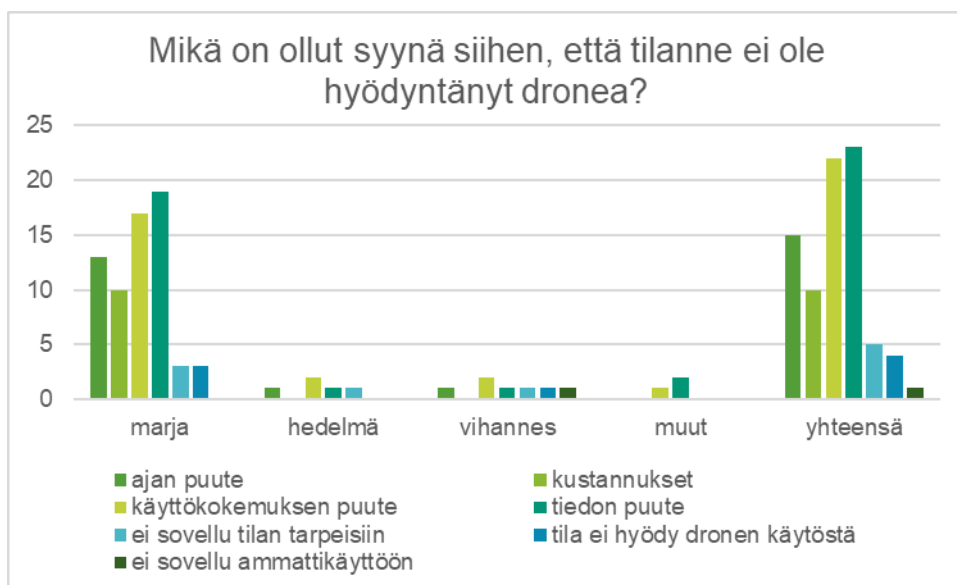
Kuva 26. Tarkkailu ja viljelmien kartoitus olivat suosituimmat vastaukset tilan koosta riippumatta.

Kysyttäessä syitä siihen, miksi tila ei ole hyödyntänyt dronea, nousi tiedon puute prosentuaalisesti suurimmaksi syyksi kaikkien viljelijöiden keskuudessa. Kuvassa 27 (s. 41) on esitetty eri viljelijäryhmien vastauksia. Kaikista viljelijöistä 50 prosenttia ilmoitti tiedon puutteen syyksi siihen, ettei tila ole hyödyntänyt dronea. Eri viljelijäryhmien tarkastelu osoittaa, että 51 prosenttia marjanviljelijöistä, 33 prosenttia sekä hedelmän- että vihannesviljelijöistä ja 67 prosenttia muista viljelijöistä on sitä mieltä, että tiedon puute on ollut dronen hyödyntämisen esteenä.

Toiseksi yleisimmäksi syyksi tarkastelussa osoittautui käyttökokemuksen puute, jonka 48 prosenttia kaikista vastaajista kokee olevan yksi syy siihen, etteivät he ole hyödyntäneet dronea. Marjanviljelijöistä 46 prosenttia, hedelmänviljelijöistä 67 prosenttia, vihannesviljelijöistä 67 prosenttia sekä muista viljelijöistä 33 prosenttia on sitä mieltä, että käyttökokemuksen puute on ollut yksi syy siihen, että he eivät ole hyödyntäneet dronea. Ajan puutteen koki dronen hyödyntämisen esteeksi 33 prosenttia kaikista vastaajista. Vastauksen yleisyys oli viljelijäryhmissä tasainen, lukuun ottamatta muut viljelijät ryhmää, jossa yksikään vastaaja ei ilmoittanut ajan puutetta dronen hyödyntämisen esteeksi, marjanviljelijöistä 35 prosenttia sekä hedelmän- ja vihannesviljelijöistä 33 prosenttia koki, että ajanpuute on ollut yhtenä syynä siihen, ettei tila ole hyödyntänyt dronea.

Kaikista vastaajista 22 prosenttia koki, että kustannukset ovat syynä siihen, ettei tila ole hyödyntänyt dronea. Kustannukset syyksi ilmoittaneista kaikki olivat marjanviljelijöitä, joista 27 prosenttia oli sitä mieltä, että kustannukset ovat olleet yksi syy olla hyödyntämättä dronea. Kaikista vastaajista 11 prosenttia valitsi yhdeksi syyksi sen, että tila ei hyödy dronen käytöstä. Tätä mieltä oli marjanviljelijöistä 8 prosenttia, hedelmänviljelijöistä 33 prosenttia, vihannesviljelijöistä 33 prosenttia ja muista viljelijöistä 0 prosenttia. Yhdeksän prosenttia kaikista vastaajista oli valinnut vaihtoehdon; tila

ei hyödy dronen käytöstä, syyksi siihen, että he eivät ole hyödyntäneet dronea. Tämän vaihtoehdon kohdalla on havaittavissa hajontaa eri viljelijäryhmien välillä. Marjanviljelijöistä 8 prosenttia, hedelmäviljelijöistä 33 prosenttia ja vihannesviljelijöistä 33 prosenttia kokivat, että heidän tilansa ei hyödy dronen käytöstä, muut viljelijät ryhmästä yksikään vastaaja ei valinnut vaihtoehtoa; tila ei hyödy dronen käytöstä. Vain yksi kaikista vastaajista, joka kuuluu vihannesviljelijöiden ryhmään, oli sitä mieltä, että drone ei sovellu ammattikäyttöön.

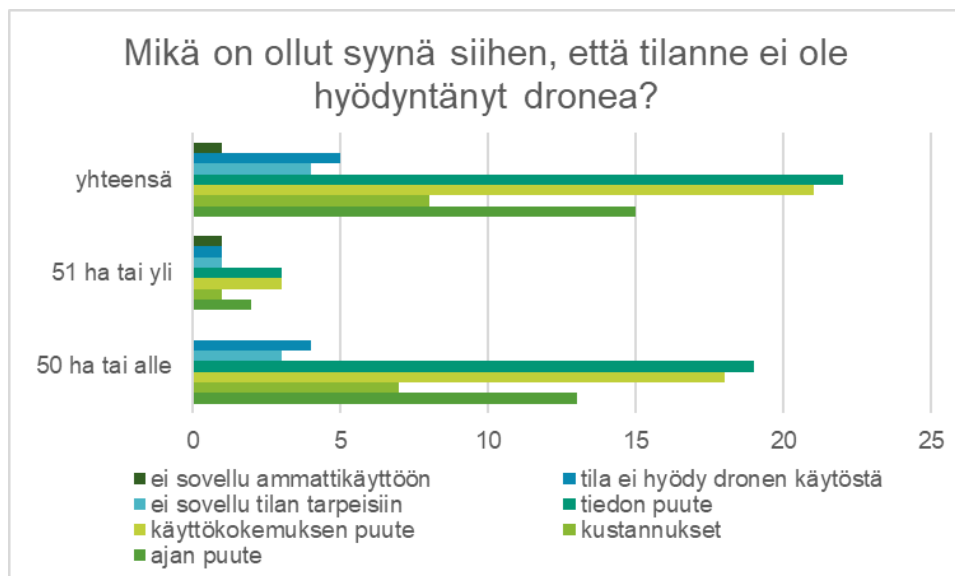


Kuva 27. Tiedon puute ja käyttökokemuksen puute oli useimmin syynä siihen, miksi tila ei ole hyödyntänyt dronea.

Kun vertaillaan tilakokoa ja syitä siihen, miksi tila ei ole hyödyntänyt dronea, huomataan eroavuuksia, jotka on esitetty kuvassa 28 (s. 42). Tilat, joiden viljelyssä oleva pinta-ala on 50 hehtaaria tai vähemmän, ovat ilmoittaneet useammin syyksi ajan, tiedon ja käyttökokemuksen puutteen sekä kustannukset kuin tilat, joiden viljelyssä oleva pinta-ala on 51 hehtaaria tai vähemmän. Suurempien tilojen vastaajat valitsivat prosentuaalisesti useammin vaihtoehdot; ei sovellu tilan tarpeisiin, tila ei hyödy dronen käytöstä ja ei sovellu ammattikäyttöön. Pienempien tilojen vastaajista 53 prosenttia koki tiedon puutteen olevan dronen hyödyntämisen esteenä, suurempien tilojen vastaajista 38 prosenttia oli samaa mieltä.

Käyttökokemuksen ilmoitti yhdeksi syyksi 50 prosenttia pienempien tilojen vastaajista, saman syyn oli valinnut 38 prosenttia suurempien tilojen vastaajista. Pienempien tilojen vastaajista 36 prosenttia oli sitä mieltä, että ajanpuute on ollut syynä olla hyödyntämättä dronea, suurempien tilojen ryhmässä vastaava luku oli 25 prosenttia. Pienempien tilojen ryhmästä 19 prosenttia koki, että kustannukset ovat yksi syy siihen, että tila ei ole hyödyntänyt dronea, suurempien tilojen ryhmässä 13 prosenttia valitsi syyksi kustannukset. Pienemmän tilakoon vastaajat olivat 8 prosentin osalta sitä mieltä, että drone ei sovellu tilan tarpeisiin, isomman tilakoon vastaajista 13 prosenttia oli samaa mieltä. Tila ei hyödy dronen käytöstä –

vaihtoehtona oli valinnut 11 prosenttia pienempien tilojen vastaajista, 13 prosenttia suurempien tilojen vastaajista oli samaa mieltä. Ainoa vastaaja, joka ilmoitti, että drone ei sovellu ammattikäyttöön, kuului suurempien tilojen ryhmään.



Kuva 28. Tiedon puute ja käyttökokemuksen puute olivat useimmin valitut syyt tilan koosta riippumatta.

Myös osa dronea käyttäneistä vastaajista ilmoitti syitä siihen, miksi tila ei ole hyödyntänyt dronea. Kun vertaillaan dronea käyttäneiden ja ei-käyttäneiden vastauksia on havaittavissa joitakin eroavaisuuksia dronen hyödyntämisen esteissä. Ei-käyttäjien ryhmässä vastausprosentti oli korkeampi kaikkien muiden syiden paitsi; ei sovellu tilan tarpeisiin ja ei sovellu ammattikäyttöön vaihtoehtojen kohdalla. 55 prosenttia ei-käyttäneistä ilmoitti käyttökokemuksen puutteen ja 65 prosenttia tiedonpuutteen yhdeksi syyksi siihen, että tila ei ole hyödyntänyt dronea. Dronea käyttäneiden ryhmässä käyttökokemuksen puute oli syynä 33 prosentilla ja tiedon puute 20 prosentilla vastaajista. Dronea käyttäneistä 13 prosenttia koki, että drone ei sovellu tilan käyttöön, ei-käyttäjistä samoin vastasi 10 prosenttia ryhmän vastaajista.

Dronea käyttäneiden viljelijöiden haastatteluista saatujen mielipiteiden mukaan käyttökokemuksen kasvattaminen, tiedon lisääminen erilaisista dronen hyödyntämismahdollisuuksista ja muiden viljelijöiden käyttökokemuksista kuuleminen voisivat lisätä dronen hyödyntämistä. Yksi haastateltu mainitsi dronen hankintakustannusten alenemisen mahdollisuutena edistää dronen hyödyntämistä.

Dronen hyödyntämisen kehittymisestä olivat kaikki vastaajat yhtä lukuun ottamatta sitä mieltä, että dronen käyttö tulee lisääntymään ja/tai dronelle kehittyy uusia hyödyntämistapoja. Myös haastattelujen perusteella vahvistui viljelijöiden näkemykseksi se, että dronen hyödyntäminen tulee kehittymään tulevaisuudessa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tutkimuksen kirjallisuusselvityksen avulla löydettiin monenlaisia esimerkkejä dronen hyödyntämisestä puutarhatuotannossa. Monet näistä hyödyntämistavoista olisivat sovellettavissa myös Suomen puutarhatuotantoon. Droneen liitettävän laitteiston osalta Suomen hyödyntämistavat ovat keskittyneet lähinnä erilaisten kameroiden hyödyntämiseen. Etenkin pienemmillä tiloilla ja korkeiden kasvien viljelyssä dronea voisi hyödyntää myös esimerkiksi lannoitteiden tai biologisten torjuntaeliöiden levityksessä. Dronen hyödyntämistapojen yleistyminen edellyttää kuitenkin tiedon ja käyttökokemusten jakamista sekä viljelijöille suunnattua käyttökoulutusta hyödyntämismahdollisuuksista. Kyselyn tulosten perusteella koulutukselle olisi tarvetta edellä mainituissa asioissa. Juuri tiedon ja käyttökokemuksen puute koettiin suurimmiksi syiksi siihen, miksi vastaajat eivät olleet vielä hyödyntäneet dronea. Myös haastatteluista välittyi viljelijöiden ajatukset koulutuksen tarpeesta.

Droneteknologian ennustetaan kehittyvän nopeasti tulevina vuosina ja esimerkiksi lentoaikojen pidentäminen, akkujen ja latausteknologian kehittymisen myötä, parantaa dronen hyödyntämismahdollisuuksia ammattikäytössä myös puutarhatuotannon parissa. Erilaisten kameratekniikoiden ja dronella tuotettujen kuva-aineistojen analysointiohjelmien kehittyminen sekä konenäön hyödyntäminen tulee mahdollistamaan tarkan ja tehokkaan tiedon tuottamisen viljelmiltä. Dronen hyödyntäminen aikaa vievissä ja tarkkuutta vaativissa työtehtävissä, kuten esimerkiksi biologisten torjuntaeliöiden levityksessä, voisi mahdollistaa suurempien alojen käsittelyn sekä tasaisemman levityksen droneen liitettävän levityslaitteen avulla.

Dronen hyödyntäminen puutarhatuotannossa ei tarkoita sitä, että jokaisen tilan pitäisi hankkia oma drone ja siihen liitettäviä laitteita. Drone hyödyntämistapoja voinee tulevaisuudessa hankkia myös ostopalveluina dronetoimijalta, joka voi suorittaa esimerkiksi kasvustokuvauksia tai levittää lannoitteita tai biologisia torjuntaeliöitä tarkoitukseen soveltuvilla erikoiskameroilla tai -laitteilla. Kyselyn tulosten mukaan puutarhatuotannon alalla on dronepalveluista kiinnostuneita tiloja. Biotus Oy:lle dronen hyödyntäminen voisi tarjota mahdollisuuden markkinoita biologisia torjuntaeliöitä useammille tiloille ja laajemmille viljelyaloille tehokkaamman ja tarkan levitysteknologian ansiosta.

Dronetoimijoiden määrä on Traficomien ylläpitämässä listauksessa kasvanut vuosittain. Lähivuosiin on odotettavissa kasvupiikkiä tilastoon, kun Euroopan alueen yhteiset dronesäännöt astuvat voimaan ja edellyttävät kaikkia dronea käyttäviä rekisteröitymään. Uudet dronesäännöt tuovat dronetoimintaan muitakin muutoksia, joiden tarkoitus on parantaa droneihin liittyvää turvallisuutta sekä yhtenäistää sääntöjä Euroopan alueella. Dronen hyödyntämiseen liittyvät sääntöjen ja lentotoiminnan turvallisuuden noudattaminen on jokaisen dronea käyttävän velvollisuus ja niillä

pyritään parantamaan ihmisten ja ympäristön turvallisuutta. Puutarhatuotannon osalta voi kuitenkin ajatella, että viljelmät sijaitsevat useimmiten harvaan asutuilla alueilla, joilla muihin ihmisiin ja rakennuksiin kohdistuvia turvallisuusriskejä on vähemmän kuin kaupunkiympäristössä.

Tutkimuksen kysely- ja haastattelumenetelmien avulla selvisi, että viljelijät ovat kiinnostuneita dronen hyödyntämisestä, mutta toistaiseksi dronen hyödyntäminen on perustunut pääasiassa kuvaamiseen ja tarkkailuun. Tarkkailu, kuvaus ja viljelmien kartoitus olivat kyselyn ja haastattelujen perusteella toivottuja dronen hyödyntämistapoja myös tulevaisuudessa. Kyselyn tulokset edustavat paremmin marjaviljelijöiden kuin muiden alojen viljelijöiden mielipiteitä. Vastausten tilojen koon jakautumassa oli paremmin edustettuna pienemmät tilat, tämä saattaa johtua siitä, että puutarhatuotannossa on paljon pieniä tiloja. Kysely antoi kuitenkin suuntaa antavan kuvan dronen hyödyntämisestä puutarhatuotannossa Suomessa, jota saatiin vahvistettua viljelijöille suoritetuilla haastatteluilla. Kyselyn vastausprosentiksi laskettiin noin 12 prosenttia kun verrattiin vastausten määrää ja arvioituja tapahtumien osallistujia määriä. Vastausten määrää olisi voinut pyrkiä kasvattamaan jakamalla kyselyä aktiivisemmin sosiaalisen median ja sähköisten verkostojen kautta.

Tutkimuksen huolellinen suunnittelu on perusta onnistuneelle tutkimukselle. Tämän tutkimuksen suunniteluun olisi voinut käyttää enemmän aikaa ja huolellisuutta. Tutkimusmenetelmät ovat olleet sopivat tähän tutkimukseen, ja ne ovat tuottaneet uutta tietoa. Kolmen eri tutkimusmenetelmän yhdistäminen on ollut tämän tutkimuksen vahvuus ja niillä on saavutettu monipuolista ja uutta tietoa dronen hyödyntämisestä.

Tutkimuksella haettiin vastauksiin kahteen tutkimuskysymykseen, joihin löydettiin vastauksia kaikilla tutkimusmenetelmillä. Kirjallisuusselvitys antoi esimerkkien avulla kuvan siitä, minkälaisissa sovelluksissa dronea voidaan puutarhatuotannossa hyödyntää. Siihen löydettiin kattavasti erilaisia dronen käyttökohteita ja sen voidaan arvioivan edustavan hyvin puutarhatuotannon dronen käytön nykytilaa. Kysely ja haastattelut tuottivat tietoa kohderyhmänä olleiden viljelijöiden dronen käyttöasteesta ja hyödyntämistavoista. Suomen puutarhatuottajien määrään suhteutettuna kyselyyn vastanneiden ja haastateltujen määrä on kuitenkin pieni otos. Niillä saavutettuja tuloksia voidaankin pitää enemmän suuntaa antavina kuin koko alaa kattavasti edustavina.

Tutkimusta aloitettaessa olisi ollut syytä miettiä tarkemmin, miten kyselyn vastausmääriä olisi voitu kasvattaa. Kunnianhimoisemman tavoitteen asettaminen vastausmäärille ja siihen pyrkiminen olisi voinut tuottaa suuremman määrän vastauksia. Tutkimuksen haastatteluissa päästiin syventämään viljelijöiden käyttökokemuksia ja haastattelutilanteet olivat onnistuneita ja tietoa antavia. Haastattelujen määrää olisi voinut kasvattaa etsimällä dronea hyödyntäneitä viljelijöitä esimerkiksi sosiaalisen media kanavien kautta tai Biotus Oy:n asiakkaista.

Dronen hyödyntämiseksi on Suomessa ja maailmalla käynnissä kehittämishankkeita ja uutta yritystoimintaa, joissa on lupaavia mahdollisuuksia puutarhatuotantoon. Uusien teknologioiden ja sovellusten saattamisessa käytännön viljelytyöhön on vielä paljon tekemistä. Toivottavasti dronen hyödyntämisen mahdollisuudet eivät jää teknologiayritysten ja tutkijoiden testi- ja koeasteelle, vaan ne saadaan lähitulevaisuudessa avustamaan viljelijöitä pelloille, tunneleihin, kasvihuoneisiin sekä tulevaisuuden kasvatusympäristöihin.

LÄHTEET

- Abd El-Wahab, R. (2018). Drone with embedded light emitting diodes (leds) against insects and mites in greenhouses. *Current Trends in Natural Sciences*. 7/14, ss. 236–244. Haettu 31.1.2020 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/329787941_DRONE_WITH_EMBEDDED_LIGHT_EMITTING_DIODES_LEDs_AGAINST_INSECTS_AND_MITES_IN_GREENHOUSES
- Abrams, M. (2019). 7 Invasive Species Hunting Drones. Haettu 21.1.2020 osoitteesta <https://www.asme.org/topics-resources/content/7-invasive-species-hunting-drones>
- ADI (2019). ADI books first commercial order with Beekenkamp Plants. Haettu 3.2.2020 osoitteesta <https://applieddroneinnovations.nl/archives/1637/adi-books-first-commercial-order-with-beekenkamp-plants/>
- Aeromon (n.d.) Emissions are harmful and hard to detect. Aeromon provides a solution to find and report them today. Haettu 21.1.2020 osoitteesta <https://www.aeromon.fi/#home>
- AgEagle (n.d.). Kevytrakenteinen, kiinteäsiipinen drone AgEagle RX60 pysyy lentämään tunnin ajan ja ottamaan tuhansia kuvia yhdellä latauksella. Haettu 29.3.2020 osoitteesta <https://www.ageagle.com/drones>
- Aviamaps (n.d.). Aviamapsin dronekartassa on esitetty kielto-, rajoitus- ja vaara-alueet sekä niiden vaikutukset dronen lennättämiseen, esimerkiksi lentokorkeuteen, päiväkohtaisesti. Vasemmassa kuvassa dronekartan tilanne 24.3.2020 ja oikeanpuoleisessa 25.3.2020. Haettu 24.3.2020 osoitteesta <https://aviamaps.com/map?drone#p=4.27/65.35/26.1>
- Biotus Oy (n.d.). Biotus. Haettu 11.5.2020 osoitteesta <https://biotus.fi/>
- Brann, M. (2016). Bird-scaring drone saving seed crops in the Ord Valley. ABC Rural. 19.9.2016. Haettu 30.1.2020 osoitteesta <https://www.abc.net.au/news/rural/2016-09-19/bird-scaring-drone-saving-ord-valley-seed-crops/7852742>
- Business Finland (2019). Ensimmäiset drone-olympialaiset suomessa vauhdittavat globaalia kasvualaa. Haettu 25.3.2020 osoitteesta <https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/uutiset/tiedotteet/2019/ensimmaiset-drone-olympialaiset-suomessa-vauhdittavat-globaalia-kasvualaa/>
- DJI (2020a). AGRAS T16. Haettu 27.1.2020 osoitteesta https://www.dji.com/fi/t16?site=brandsite&from=landing_page

DJI (2020b). AGRAS MG-1. Haettu 27.1.2020 osoitteesta <https://www.dji.com/fi/mg-1?site=brandsite&from=nav>

DJI (n.d.). DJI:n P4 Multispectral, neliroottorinen drone multispektrikameralla, soveltuu esimerkiksi maatalouden kasvustokuvauksiin. Haettu 29.3.2020 osoitteesta <https://www.dji.com/fi/p4-multispectral?site=brandsite&from=nav>

Drone4Agro (n.d.) Drone4Agron 12-roottorinen Agridrone Valck:n ruiskutuslevys on 4,5 metriä. Haettu 27.1.2020 osoitteesta <http://drone4agro.com/products/>

Drone Dusters (n.d.). Seed Nurture Protect. Aerial Crop Spraying Solutions. Haettu 22.1.2020 osoitteesta <https://drone-dusters.com/brochures/DDBrochure1.pdf>

Drone Industry Insights (2016). Drone Business Development Guide. The comprehensive guide for a successful start into UAV operation. Haettu 13.1.2020 osoitteesta <https://www.droneii.com/wp-content/uploads/2019/10/Drone-Business-Development-Guide.pdf>

DroneOnVideo (n.d.). New OPTiM Agri Drone for pinpoint attack on insects. Haettu 30.1.2020 osoitteesta <https://dronesonvideo.com/optim-agri-drone-pinpoint-attack-insects/>

DroneSeed (2019). Drone reforestation. Quicker. Safer. Ready. Haettu 22.1.2020 osoitteesta <https://www.droneseed.com/>

Dropcopter (n.d.). Aerial Pollination for Agriculture. Haettu 13.4.2020 osoitteesta <https://www.dropcopter.com/>

Earth Observing System (2019). NDVI FAQ: ALL YOU NEED TO KNOW ABOUT NDVI. Haettu 17.4.2020 osoitteesta <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>

Eckelkamp, M. (2018). Drone Targets Weeds With Precision. *AgPro*. 24.9.2018. Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://www.agprofessional.com/article/drone-targets-weeds-precision>

Eriksson, T., Halla, H., Jokinen K. & Suojala-Ahlfors T. (2018). Elinvoimaa puutarhasektorin uudistumiseen ja kasvuun. Voimakas-hankkeen (2015–2017) tulokset, johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset. Luke, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 5/2018. Haettu 9.2.2020 osoitteesta https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541504/luke-luobio_5_2018.pdf?sequence=1

Eskola, J., Lätti, J. & Vastamäki, J. (2018). Teemahaastattelu – lyhyt selviytymisopas. Teoksessa R., Valli (toim.) *Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1*. Jyväskylä: PS-kustannus, ss. 27–51.

FAO & ITU (2018). Drone-sanan suomennos tarkoittaa alun perin mehiläisyhdyskunnan kuhnuria, se voi olla suomennettuna myös verbi surista tai hurista. Haettu 13.1.2020 osoitteesta https://rpas-regulations.com/wp-content/uploads/2019/07/FAO_Food-Agriculture-Organization-of-the-UN_Drones-for-Agriculture_2018.pdf

Fisk, S. V. (2020). Drones effective tools for fruit farmers. American Society of Agronomy. Haettu 25.3.2020 osoitteesta <https://www.agronomy.org/science-news/drones-effective-tools-for-fruit-farmers>

Hill, P. (2018). Drone spraying and spreading becoming reality. Future Farming. 21.9.2018. Haettu 27.1.2020 osoitteesta <https://www.futurefarming.com/Tools-data/Articles/2018/9/Drone-spraying-and-spreading-becoming-reality-335322E/>

Island Conservation (2019). Press Release: Ecological Restoration of North Seymour Island Underway Thanks to Rat Removal. Haettu 21.1.2020 osoitteesta <https://www.islandconservation.org/ecological-restoration-north-seymour-island-drone-rat-removal/>

Jensen, J. (2019). Agricultural Drones: How Drones Are Revolutionizing Agriculture and How to Break into this Booming Market. UAV Coach. Haettu 27.1.2020 osoitteesta <https://uavcoach.com/agricultural-drones/>

Jyväskylän yliopisto (2010). Koppa. Tutkimusprosessi. Haettu 10.5.2020 osoitteesta <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/tutkimusprosessi>

Kanters, J. (2019). Game of drones – Where next for this technology. *The Precision Ag Corner* 3/2019, ss. 34–29.

Keski-Uudenmaan ympäristökeskus (n.d.). Peltojen ilmakehu. Haettu 16.1.2020 osoitteesta <https://www.vilkkuhanke.fi/viljelykaytonnot/peltojen-ilmakehulla-satotaso-ylos-ja-ravinteet-satoon/>

Kleemola, J. (2013). Ilmakuvien käyttö viljelysuunnittelussa. Haettu 17.1.2020 osoitteesta https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/103474/Ilmakuvat_artikkeli_FI.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Koerhuis, R. (2018). Drone technology for disease detection in orchids. Future Farming. 26.9.2018. Haettu 3.2. osoitteesta <https://www.futurefarming.com/Tools-data/Articles/2018/9/Drone-technology-for-disease-detection-in-orchids-338443E/>

Koppert (2020). Lift Off for Koppert Innovation. Haettu 29.1. 2020 osoitteesta <https://www.koppertus.com/news/2019/lift-off-for-koppert-innovation/>

Laitinen, A. (2019). *Utilization of drones in vertical profile measurements of the atmosphere*. Diplomityö. Haettu 17.1.2020 osoitteesta <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116237/LaitinenAntti.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Laki kasvinsuojeluaineista 1563/2011). Haettu 13.1.2020 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20111563#Lidp446066160>

LEDinside (2019). Korean Design Team Puts UV LED on Drone to Clean Subway Trains and Stations. <https://www.ledinside.com/news/2019/7/uv-led-drone-clean-subway-trains-stations>

Lehtoranta, R. (2020). Drone-lennokki ja lämpökamera avuksi hirvienlaskennassa Kymenlaaksossa — Lämmin alkuvuosi on estänyt lumijälkiin perustuvan talvilaskennan. *Kouvolan Sanomat*. 13.1.2020. Haettu 21.1.2020 osoitteesta <https://kouvolansanomat.fi/uutiset/lahella/c2e3049c-d745-4342-b620-624e820851d4>

Lientola, E. (2017). *Kauko-ohjatut ilma-alukset luonnonvara-alalla – tutkimus käyttömahdollisuuksista, tekniikan tarjoamista vaihtoehtoista ja käyttöön liittyvistä osaamistarpeista*. Opinnäytetyö. Biotalousliiketoiminnan kehittäminen. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 16.1.2010 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/133977/Lientola_Esa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Luke (2017). Ilmasto muuttuu – miten se vaikuttaa luonnonvaroihin ja elinkeinoihin? Luke Tietokortti. Haettu 9.2.2020 osoitteesta http://juuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/538894/tietokortti_ilmasto.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Luke (2019). Puutarhayritysten keskipinta-ala on kasvanut, yritysten määrä on vähentynyt, mutta tuotantopinta-ala lisääntynyt. Haettu 7.2.2018 osoitteesta <https://stat.luke.fi/puutarhatilastot>

Luke (n.d.a). Tilastotietokanta. Marjan- ja hedelmänviljely avomaalla / kokonaistuotanto. Haettu 7.2.2020 osoitteesta http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_04%20Tuotanto_20%20Puutarhatilastot/10_Marjan_hedelmanvilj_avomaa_kokonaistuot.px/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db

Luke (n.d.b). Tilastotietokanta. Vihannesviljely kasvihuoneessa / ruukkuvihannekset. Haettu 7.2.2020 osoitteesta

http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_04%20Tuotanto_20%20Puutarhatilastot/08_Vihannesviljely_kasvi-huone_ruukkuvih.px/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db

Maa- ja metsätalousministeriö (2020). Alkutuotannon kriittiset alat tarvitsevat 1500 työntekijää Suomeen pikaisesti. Haettu 5.4.2020 osoitteesta

https://mmm.fi/artikkeli/-/asset_publisher/alkutuotannon-kriittiset-alat-tarvitsevat-1500-tyontekijaa-suomeen-pikaisesti#4abf54b3

Maccioni, F. (2019). Startup says time is ripe for fleets of drones to help farmers pick fruit. *THE TIME OF ISRAEL*. 29.4.2019. Haettu 4.2.2020 osoitteesta

<https://www.timesofisrael.com/startup-says-time-is-ripe-for-fleets-of-drones-to-help-farmers-pick-fruit/>

MetsäForest (2018). Metsä Group aloittaa metsäsuunnitelmien teon dronella. Metsä Groupin lehdistötiedote 14.5.2018. Haettu 23.1.2020 osoitteesta

<https://www.metsaforest.com/fi/Yritys/Tiedotteet/Pages/Tiedote.aspx?Encrypte-dId=1906BC517B4E2610&Title=MetsaGroupaloittaametsasuunnitelmienteondronella#>

MicaSense (n.d.). Yhdistetty lämpö-, multispektri- ja RGB-kamera MicaSense Altum, on oikealla yhdistetty DJI Matrice 200 droneen. Haettu 29.3.2020 osoitteesta

<https://www.micasense.com/altum>

Niittymaa, V. (2019). Mehiläiskatoon ja kukkien pölyttämiseen haetaan uusi ratkaisu – voisiko se olla minidrone? *Maaseudun Tulevaisuus*.

9.10.2019. Haettu 28.1.2020 osoitteesta <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/artikkeli-1.524938>

Näsi, R., Honkavaara, E., Blomqvist, M., Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Hakala, T., Viljanen, N., Kantola, T. & Holopainen, M. (2018). Remote sensing of bark beetle damage in urban forests at individual tree level using a novel hyperspectral camera from UAV and aircraft. *Urban Forestry & Urban Greening*. 30/2018, ss. 72–83. Haettu 23.1.2020 osoitteesta

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/234793/1_s2.0_S1618866716305581_main.pdf?sequence=1

Parabug (2019). Biocontrol By Drone. Haettu 28.1.2020 osoitteesta

<https://www.parabug.solutions/solutions>

PATS (n.d.). Automating Insect Control. Haettu 31.1.2020 osoitteesta

<https://pats-drones.com/>

Pekkala, J. (2015). 3D-laserkeilausaineiston hyödyntäminen inframallintamisen yhteydessä ja sen lopputuotteen laadun varmistaminen. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 58/2015. Haettu 17.1.2020 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-58_3d-laserkeilausaineiston_web.pdf

Rantizo (2020). Fly & Apply. Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://rantizo.com/>

Robbins, J. & Maja J. M. (2018). Technology — Drones in a Greenhouse? *Greenhouse Product News*. September 2018. Haettu 31.1.2020 osoitteesta <https://gpnmag.com/article/technology-drones-in-a-greenhouse/>

Roberts, M. (2020). Drone spraying takes off as regulations relax worldwide. *Future Farming*. 5.3.2020. Haettu 11.3.2020 osoitteesta <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2020/3/Drone-spraying-takes-off-as-regulations-relax-worldwide-550982E/>

Roldán, J. J., Joossen, G., Sanz, D., del Cerro J. & Barrientos, A. (2015). Mini-UAV Based Sensory System for Measuring Environmental Variables in Greenhouses. *Sensors*. 15/2, ss. 3334–50 . Haettu 31.1.2020 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/272076736_Mini-UAV_Based_Sensory_System_for_Measuring_Environmental_Variables_in_Greenhouses

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2009). *Menetelmäopetuksen tietovaranto KvaliMOTV*. Kvalitatiivisten menetelmien verkko-oppikirja. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Haettu 5.5.2020 osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/tietoarkisto/julkaisut/kvalimotv.pdf>

Saari, H. (2013.) Maailman pienin hyperspektrikamera Suomesta. *Positio 1/2013*. ss. 10–13. Haettu 17.1.2020 osoitteesta <http://docplayer.fi/17707429-Maailman-pienimmalla-kameralla-on-monta-kayttokohdetta.html>

Scentroid (n.d.). Sampling Drone DR300. Haettu 21.1.2020 osoitteesta <http://scentroid.com/scentroid-sampling-drone/>

SDU (2019). ECO drone. Haettu 29.1.2020 osoitteesta https://www.sdu.dk/en/om_sdu/institutter_centre/sdumechanicalengineering/researchprojects/completed+projects/ecodrone

Seppänen, M., Kurppa, S., Rinne, M. & Alakukku, L. (2019). *Ruokaa! Kestävä maatalous ja ruoantuotanto*. Helsinki: Maahenki Oy.

Silmula, J. (2018). Imatralaisyhtiön kehittämä lentorobotti valvoo metsäjätin tehdasta – ilman ihmisen ohjausta. *Maaseudun Tulevaisuus*. 25.6.2018. Haettu 23.1.2020 osoitteesta <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/artikkeli-1.260925>

Simonen, S. (1961). *Suomen puutarhatalouden historia*. Helsinki: Yhteiskirjapaino Oy.

Starting, J. (2019). Micro drones hunting through the greenhouse. *Green Tech*. 18.12.2019. Haettu 31.1.2020 osoitteesta <https://www.greentech.nl/news/micro-drones-huntingthrough-the-greenhouse/>

Statens Jordbruksverk (2019). Trädgårdsundersökningen 2018. Haettu 7.2.2020 osoitteesta <http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Tradgardsodling/JO%2028/JO28SM1901/JO28SM1901.pdf>

Stora Enso (2019). Drone löytää kirjanpainajien aiheuttamat tuhot nopeammin kuin ihminen. Haettu 23.1.2020 osoitteesta <https://www.storaensometsa.fi/drone-loytaa-kirjanpainajien-aiheuttamat-tuhot-nopeammin-kuin-ihminen/>

Suomen ympäristökeskus (2019a). Pienoiskopterit apuna jääpatojen havainnoinnissa. Haettu 21.1.2020 osoitteesta [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesikirje/Pienoiskopterit_apuna_jaapatojen_havainn\(50330\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesikirje/Pienoiskopterit_apuna_jaapatojen_havainn(50330))

Suomen ympäristökeskus (2019b). Konenäkö ympäristötiedon tuotannossa (EnVision). Haettu 21.1.2020 osoitteesta <https://www.syke.fi/hankkeet/envision>

Tevel (n.d.). A Fleet of Autonomous Airborne Robots for Fruit Harvesting. Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://www.tevel-tech.com/>

Thompson, L. J., Shi, Y., Ferguson, R. B. (2017). Getting Started with Drones in Agriculture. NebGuide. Haettu 17.1.2020 osoitteesta <http://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g2296/build/g2296.htm>

Tolpo, A. (2019). Ilmaston lämpeneminen patistaa etsimään uusia keinoja tuhohyönteisten torjuntaan – kopterikameralla kuusen tuhoutumisen näkee jo ennen ihmssilmää. Yle 20.7.2019. Haettu 23.1.2020 osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-10883783>

Traficom (2018). Droneinfo.fi. Usein kysyttyä. Haettu 13.1.2020 osoitteesta https://www.droneinfo.fi/fi/usein_kysyttya/ilmailu_-_miehittamattomat_ilma-alukset_ja_lennokit

Traficom (2019a). Droneinfo.fi. Miehittämätön ilmailu. Haettu 13.1.2020 osoitteesta <https://www.droneinfo.fi/fi/lentotyö>

Traficom (2019b). Drone-uutiskirje 1/2019. EU-dronelaki julkaistu – Soveltaminen alkaa heinäkuussa 2020. Haettu 14.1.2020 osoitteesta <http://traficom2019.mailpv.net/a/s/148493499-50e8e9559293a62382d4a499d29d6c25/3325741/>

Traficom (2020). Ohjeita turvalliseen lennättämiseen. Haettu 10.2.2020 osoitteesta https://www.droneinfo.fi/fi/nain_lennatat_turvallisesti

Tuominen, S. & Kangas, A. (2018). Miehittämättömät lentolaitteet metsien kaukokartoituksessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2018–10085 . Haettu 22.1.2020 osoitteesta <https://metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article10085.pdf>

Tukes (2018). Kasvinsuojeluaineiden kestävä käytön toimintaohjelma II 2018–2022. Haettu 15.1.2020 osoitteesta <https://tukes.fi/documents/5470659/6372801/Kasvinsuojeluaineiden+kest%C3%A4v%C3%A4n+k%C3%A4yt%C3%B6n+toimintaohjelma+II/77219118-9fb2-482d-85de-a44ed022b1c6/Kasvinsuojeluaineiden+kest%C3%A4v%C3%A4n+k%C3%A4yt%C3%B6n+toimintaohjelma+II.pdf>

Turun yliopisto (2019). Hukkakauran ja muiden rikkakasvien tunnistaminen pienoishelikopterikuvista. EIP-HANKKEEN (2017–2019) LOPPURAPORTTI. Haettu 4.2.2020 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/338581356_Hukkakauran_ja_muiden_rikkakasvien_tunnistaminen_pienoishelikopterikuvista_EIP-hankkeen_2017-2019_loppuraportti

UAS VISION (2019). Drones Can Help Lift Biocontrol in Specialty Crops, <https://www.uasvision.com/2019/09/11/drones-can-help-lift-biocontrol-in-specialty-crops/>

UAV-IQ, (n.d.a). Precision integrated pest management (IPM). Haettu 29.1.2020 osoitteesta <https://www.uaviq.com/en/biocontrol/>

UAV-IQ, (n.d.b). Frequently asked questions Beneficial Insects Release by Drone. Haettu 29.1.2020 osoitteesta <https://www.uaviq.com/en/faq/>

UAV Coach (n.d.). Pyöriväsiipiset ja kiinteäsiipiset dronet ovat hyvin erinäköisiä, ne eroavat toisistaan myös lento-ominaisuuksiltaan. Haettu 13.1.2020 osoitteesta <https://uavcoach.com/drone-with-camera/>

University of Delaware (2018). Types on drones for field production. Haettu 13.1.2020 osoitteesta <https://www.udel.edu/academics/colleges/canr/cooperative-extension/fact-sheets/types-of-drones-for-field-crop-production/>

Valente, J., Almeida, R. & Kooistra, L. (2019). A Comprehensive Study of the Potential Application of Flying Ethylene-Sensitive Sensors for Ripeness Detection in Apple Orchards. *Sensors*. 2019, 19, 372. Haettu 4.2.2020 osoitteesta <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/2/372/htm>

Videodrone (2019). Aeromon BH-12 on droneen kiinnitettävä päästömittauslaite, joka mittaa useiden kaasujen sekä pienhiukkasten pitoisuuksia ilmassa. Haettu 17.1.2020 osoitteesta <https://video-drone.fi/en/payloads/aeromon-bh-12/?fbclid=IwAR09vwEfl2lCgDceT-DhhofqmDpS3L9wiadmFXP7309L41d6mAtkDuYRi48Q>

Vilka, H. (2015). E-kirja *Tutki ja kehitä* (4., uudistettu painos). Jyväskylä: PS-kustannus.

Vuori, R. A. (2010). *Suomen puutarhatalouden jäljillä*. Turenki: Kirjapaino Jaarli Oy.

Väisänen, T. (2019). VEMIDI –hankkeen kuulumiset ja saavutukset. Haettu 21.1.2020 osoitteesta <https://mmm.fi/documents/1410837/16439768/VEMIDI+SYKE.pdf/41179c3f-f364-9850-9008-d33d5f2031c7/VEMIDI+SYKE.pdf>

Whiting, K. (2019). This tech company is aiming to plant 500 billion trees by 2060 – using drones. World Economic Forum. Haettu 22.1.2020 osoitteesta https://www.weforum.org/agenda/2019/12/technology-artificial-intelligence-ai-drone-trees-deforestation/?utm_source=Facebook%20Videos&utm_medium=Facebook%20Videos&utm_campaign=Facebook%20Video%20Blogs

Wyss Institute (n.d.). RoboBees: Autonomous Flying Microrobots. Haettu 28.1.2020 osoitteesta <https://wyss.harvard.edu/technology/robobees-autonomous-flying-microrobots/>

HAASTATTELUT

Kontu S. (2020). Puhelin-haastattelu 21.2.2020

Manninen M. (2020). Sähköposti-haastattelu 8.3.2020

Tilvis K. (2020). Puhelin-haastattelu 25.2.2020

Valtari J. (2020). Puhelin-haastattelu 20.2.2020

KYSELYLOMAKE

Kysely: Dronen hyödyntäminen puutarhatuotannossa

(drone = lentävä, miehittämätön ilma-alus)

Kysely on osa Hämeen ammattikorkeakoulun kestävän kehityksen opiskelijan (Satu Kilpinen) opinnäytetyötä. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää dronen käyttömahdollisuuksia puutarhatuotannossa, työn tilaaja on Biotus Oy. Kyselyn voi palauttaa Biotus Oy:n pisteelle, kyselyyn vastanneiden kesken arvotaan kaksi luuppia.

Vastaukset käsitellään nimettömästi.



Kyselyyn voi vastata myös sähköisesti QR-koodilla avautuvan linkin kautta.

Mikä on tilanne pääviljelysuuntaus? (valitkaa yksi vaihtoehto)

marjanviljely

vihannesviljely

hedelmänviljely

muu _____

Onko tilallanne viljelyä (voitte valita useamman vaihtoehdon)

avomaalla

tunnelissa

kasvihuoneessa

Mikä on tilanne pääviljelykasvi? _____

Kuinka paljon tilallanne on viljelyksessä olevaa peltopinta-alaa? (valitkaa yksi vaihtoehto)

0-5 ha

6-10 ha

11-15 ha

16-25 ha

26-50 ha

51-75 ha

76-100 ha

101-150 ha

yli 150 ha

Oletteko hyödyntäneet dronea tilallanne?

kyllä

ei

Miten olette hyödyntäneet dronea? _____

Onko tilanne tavoitteena hyödyntää dronea tulevaisuudessa? (valitkaa yksi vaihtoehto)

- kyllä, lähivuosina kyllä, myöhemmin ei

Jos hyödyntäisitte dronea, tekisittekö sen itse vai haluaisitteko käyttää drone-palvelua, jos sellaista olisi tarjolla? (valitkaa yksi vaihtoehto)

- hyödyntäisin itse käyttäisin palvelua

Missä tehtävissä haluaisitte hyödyntää dronea? (voitte valita useamman vaihtoehdon)

- tarkkailu lannoitus
 sadon ennustaminen kasvinsuojelu
 viljelmien kartoitus sadon valmistumisen seuraaminen
 muu _____

Mikä on ollut syynä siihen, että tilanne ei ole hyödyntänyt dronea? (voitte valita useamman vaihtoehdon)

- ajanpuute kustannukset
 käyttökokemuksen puute tiedon puute
 ei sovellu tilan tarpeisiin tila ei hyödy dronen käytöstä
 ei sovellu ammattikäyttöön muu _____

Miten näette dronen hyödyntämisen tulevaisuudessa? (voitte valita useamman vaihtoehdon)

- käyttö tulee lisääntymään kehittyy uusia hyödyntämistapoja
 en koe niitä tarpeellisiksi en näe niiden yleistyvän tulevaisuudessa

Jos teillä on kokemuksia dronen hyödyntämisestä, olisitteko valmis kertomaan niistä opinnäytetyön tekijälle esimerkiksi puhelin- tai sähköpostihaastattelussa?

- kyllä, nimi ja puhelinnumero _____

Kiitos vastauksestanne!

Voitte osallistua arvontaan täyttämällä yhteystietonne tähän. (Nimi, tilan/yrityksen nimi, puhelinnumero)

_____ **biotus**

HAASTATTELUKYSYMYKSET DRONEN KÄYTTÄJILLE (vastaukset voi kirjoittaa kysymysten alapuolelle tai perään)

Mikä on tilanne viljelysuuntaus?

Minkälainen drone tilallanne on käytössä, mikä hintainen?

Mikä tarve tai syy vaikutti siihen, että tilanne hankki dronen ja aloitti sen käytön?

Miten dronea on tilallanne käytetty?

Onko mielestänne dronen ominaisuuksilla merkitystä, kun tekee dronehankintaa? Minkälaisilla ominaisuuksilla?

Onko joku tilallanne saanut dronen käyttökoulutusta?

Minkälainen koulutus olisi tarpeen ja mikä taho voisi järjestää sitä?

Mikä voisi edistää dronen käytön lisääntymistä ja uusien hyödyntämistapojen käyttöönottoa?

Voisiko joku dronen ominaisuus, lisäosa, sovellus tai ohjelmisto tai tiedon analysointityökalu tai jonkun näiden kehittäminen lisätä mahdollisuuksia hyödyntää dronea puutarhatuotannossa?

Oletteko perehtyneet dronea koskeviin ohjeisiin ja määräyksiin?

Oletteko rekisteröityneet dronen käyttäjäksi?

Miten näette dronen käytön tulevaisuuden omalla tilallanne ja puutarhatuotannossa?