



# Dronejen käyttö ja hyödyntäminen lentokenttäympäristössä

Toivo Tauriainen-Koper

OPINNÄYTETYÖ  
Tammikuu 2021

Konetekniikka  
Lentokonetekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Lentokonetekniikka

TAURIAINEN-KOPER TOIVO:

Dronejen käyttö ja hyödyntäminen lentokenttäympäristössä

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Huhtikuu 2023

---

Lentoliikenne on koronapandemian jäljiltä vielä toipumassa entiselleen ja lentokentällä toimivat organisaatiot voisivat tehostaa toimintaansa sekä säästää resursseja dronejen avulla. Dronejen yleistymistä hidastavat kuitenkin tekniset ja lainsäädännölliset rajoitteet.

Tutkimuksellisen opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää dronejen käyttöä lentokenttäympäristössä. Opinnäytetyössä tuodaan esille erilaisia käyttötarkoituksia droneille sekä niistä saatavia hyötyjä yrityksille, jotka toimivat lentokentällä. Työn tilaajana oli Tampereen ammattikorkeakoulu.

Opinnäytetyössä käytettiin laadullista tutkimusmenetelmää. Työn teoriaosuus pohjautuu aikaisempiin aihetta käsitteleviin tutkimuksiin sekä alan kirjallisuuteen, artikkeleihin ja uutisiin. Työssä haastateltiin lentokentällä ja ilmailualalla toimivia yrityksiä ja organisaatioita.

Opinnäytetyössä saatujen tulosten perusteella droneja voitaisiin käyttää lentokenttäympäristössä infrastruktuurin tarkastamiseen, pelastustoimintaan, lentokoneiden huoltotoimenpiteisiin sekä jäänpoistoon. Haastatteluista kootun yhteenvedon perusteella droneja ei tällä hetkellä ole lentokentällä laajamittaisessa käytössä, mutta kiinnostusta ilmailussa dronejen hyödyntämiseen ja käytön lisäämiseen oli havaittavissa. Teknologian kehittyessä tulevat dronet todennäköisesti yleistymään myös ilmailualalla, mutta tämä vaatisi dronejen kehittämistä ja testaamista käytännössä.

---

Asiasanat: drone, ilmailu, lentokenttä, miehittämätön ilmailu

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Aircraft Engineering

TAURIAINEN-KOPER TOIVO:

The Use and Utilization of Drones in the Airport Environment

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 4 pages  
April 2023

---

Aviation industry and especially passenger traffic are still recovering from the Covid-19 pandemic, which affected the air transportation industry on a global scale. The organisations working at an airport could utilize drones in their operations to increase productivity and efficiency.

The purpose of this thesis was to gather information about using drones in the airport environment. The aim of the thesis was to find out how drones could be used at an airport and what benefits they brought to their users. The work was commissioned by Tampere University of Applied Sciences.

The thesis was done using a qualitative research method. The data were collected from previous studies on the topic as well as literature, articles and news dealing with the topic. Interviews were also conducted with companies and organisations which were operating at the airport or in the industry.

The findings indicated that drones could be used at the airport environment for infrastructure inspections, search and rescue, aircraft maintenance procedures and de-icing. Based on the summary gathered from the interviews, drones are not currently widely used at the airports, but the participants of the interview showed interest in the topic. As technology develops, drones will probably become more common in aviation as well, but this would require more extensive research and testing of drones in practice.

---

Key words: drone, aviation, airport, unmanned aviation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TYÖN TOTEUTUS.....	7
	2.1 Työn aiheen valinta ja sen rajaaminen.....	7
	2.2 Tutkimusongelma, tutkimuskysymykset ja työn tavoitteet.....	8
	2.3 Tutkimusmenetelmä.....	8
	2.4 Tiedon kerääminen ja analysointi.....	9
3	TEORIAA MIEHITTÄMÄTTÖMISTÄ ILMA-ALUKSISTA.....	10
	3.1 Mikä on miehittämätön ilma-alus?.....	10
	3.2 Miehittämättömien ilma-alusten luokittelu .....	12
	3.3 Miehittämättömien ilma-alusten historiaa .....	14
	3.4 Siviilimarkkinoiden kehitys .....	17
4	TUTKIMUSTULOKSET.....	20
	4.1 Haastattelut.....	20
	4.2 Kirjallisuudesta ja haastatteluista saadut tulokset .....	20
	4.2.1 Dronella operointi lentokentällä .....	20
	4.2.2 Lentokoneiden huolto ja korjaustoiminta .....	22
	4.2.3 Pelastustoiminta .....	24
	4.2.4 Lentokoneiden jäänpoisto- ja jäänestotoiminta.....	25
	4.2.5 Lentokenttäalueen infrastruktuurin tarkastaminen.....	28
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	29
	5.1 Yhteenveto .....	29
	5.2 Luotettavuus ja eettisyys.....	30
	5.3 Työn toteutus ja kehitysideat.....	31
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET .....	36
	Liite 1. Traficomien miehittämättömän ilma-alu -tiimin haastattelu .....	36
	Liite 2. Fintraffic Lennonvarmistus Oy:n haastattelu .....	37
	Liite 3. Lentokoneita huoltavan yrityksen edustajan haastattelu 1(2)..	38
	Liite 3. Lentokoneita huoltavan yrityksen edustajan haastattelu 2(2)..	39

**LYHENTEET JA TERMIT**

ASM	Airspace Management (suom. Ilmatilanhallinta)
ATC	Air Traffic Control (suom. Lennonjohto)
ATS	Air Traffic Services (suom. Ilmaliikennepalvelu)
EU	Euroopan Unioni
FAA	Federal Aviation Administration (suom. Yhdysvaltain ilmailuhallinto)
GPS	Global Positioning System (suom. Maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä)
HF	Human Factor (suom. Inhimillinen tekijä)
LPT	Laser Power Transfer (suom. Laser voimansiirto)
UAV	Unmanned Aerial Vehicle (suom. Miehittämätön ilma-alus)
UAS	Unmanned Aircraft System (suom. Miehittämätön lentokone järjestelmä)
RPA	Remotely Piloted Aircraft (suom. Kauko-ohjattava ilma-alus)
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System (suom. Kauko-ohjattava ilma-alus järjestelmä)
TAMK	Tampereen Ammattikorkeakoulu
WPT	Wireless Power Transfer (suom. Langaton voimansiirto)
MRO	Maintenance, Repair & Overhaul (suom. Lentokoneiden huolto- ja korjaustoiminta)

## 1 JOHDANTO

Miehittämättömät ilma-alukset, joista yleisesti käytetään nimitystä drone, ovat viimeisien vuosien aikana yleistyneet huomattavasti niin harraste- kuin ammattilaiskäytössä. Ne ovat saaneet paljon uutisointia osakseen niin Ukrainassa vellovan sodan, kuin yksityisyyden suojaaja ja lentoliikennettä häiritsevän toiminnan takia. Toisaalta tekniikan kehittyessä ja tietotaidon lisääntyessä dronejen potentiaalia voitaisiin hyödyntää yhteiskuntaa tukevissa toiminnoissa.

Korona-pandemian vaikutukset lentoliikenteeseen ja ilmailuun olivat huomattavat, koska monet maat asettivat matkustamiselle rajoituksia, jonka seurauksena vapaa-ajan matkustaminen kansainvälisellä tasolla romahti. Taantuneet matkustajamäärät pakottivat lentoyhtiöt sopeutumaan muuttuneeseen maailmantilanteeseen ja etsimään säästöjä tai vaihtoehtoisia ratkaisuja matkustajaliikenteelle. Näitä olivat esimerkiksi lentokoneiden säilyttäminen maassa, matkustajakoneiden konfiguroiminen rahtikoneiksi sekä henkilöstön lomauttaminen. Toimenpiteistä huolimatta monet lentoyhtiöt toipuvat vieläkin pandemian aiheuttamista taloudellisista tappioista. (Bouwer ym. 2022.)

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Tampereen Ammattikorkeakoulu, eli TAMK. Valitsin opinnäytetyön aiheeksi dronet, koska opiskelun aikana TAMK:ssa suoritettujen drone -projektien myötä tietämykseni droneista laajeni entisestään. Ymmärsin paremmin kuinka monikäyttöisiä ja hyödyllisiä dronet voivat olla. Opiskellessani aikaisemmin lentokoneasentajaksi suoritin työharjoittelun lentokoneita huoltavassa yrityksessä vuonna 2011. Harjoittelun aikana lähestulkoon kaikki huoltotoimenpiteet tehtiin ihmisen toimesta ilman automaatiota ja robotiikkaa. Tuolloin ei olisi voitu kuvitellakaan, että droneja pystyttäisiin hyödyntämään huolto-organisaatioissa työtehtävien suorittamiseen.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan miehittämättömien ilma-alusten eli dronejen käyttöä lentokenttäympäristössä. Tavoitteena on selvittää, että käytetäänkö kotimaisilla lentokentillä toiminnan tukemiseen droneja apuna. Tämän lisäksi työssä tutkitaan, että mihin tarkoituksiin droneja voitaisiin lentokentällä käyttää ja mitä hyötyä droneista saataisiin toiminnalle. Opinnäytetyötä voidaan käyttää lähtökoh- tana dronetoiminnan jatkokehitykselle lentokenttäympäristössä.

## 2 TYÖN TOTEUTUS

### 2.1 Työn aiheen valinta ja sen rajaaminen

Aiheen valinta ja sen rajaaminen ovat mille tahansa kirjoitelmalle tärkeimpiä tehtäviä. Aiheen valinta on systemaattinen prosessi, jossa tarkastellaan tutkimuksen toteutettavuutta, merkityksellisyyttä sekä sitä, että voiko tutkimus tuoda uutta tietoa (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997, 66–68). Tämän opinnäytetyön osalta aiheetta piti muuttaa alkuperäisestä sekä sitä piti myös rajata, jotta siitä ei muodostuisi liian laajaa kokonaisuutta. Alkuperäinen aihe olisi käsitellyt viranomaisen toimintaa ja sotilasilmailua, mikä olisi vaatinut tutkimuksen luonteen takia tutkimusluvan ja lain mukaan tiedon salaamista tarvittavilta osin (Laki viranomaisen toiminnan julkisuudesta 1999/621). Aihetta kartoitettiin lentokonetekniikan opettajien kanssa ja sain aiheelle lopullisen varmistuksen opinnäytetyön ohjaajaltani, jonka jälkeen aiheeksi valikoitui dronejen käyttö ja hyödyntäminen lentokenttäympäristössä.

Ensimmäinen rajaus tehtiin koskemaan siviili-ilmailua, sillä opinnäytetyö on luonteeltaan julkinen asiakirja, jonka vuoksi työssä ei käsitellä sotilasilmailua. Toinen rajaus tehtiin koskemaan maassa tapahtuvia toimintoja, jotta opinnäytetyö ei olisi liian laaja. Maassa tapahtuvalla toiminnalla tarkoitetaan tässä yhteydessä lentokoneiden huolto- ja korjaustoimenpiteitä, lennonjohtoa, eli ATC:tä (engl. Air Traffic Control) sekä lentokentän kunnossapitoa ja pelastustoimintaa.

Oma työkokemus ilmailusta sekä lentokonetekniikkaan erikoistuminen opinnoissa vaikuttivat merkittävästi siihen, että opinnäytetyön aiheeksi valikoitui dronet. Viimeisen vuoden aikana droneista on lisäksi uutisoitu erittäin paljon, koska niitä on Ukrainan sodassa käytetty laajasti hyväksi (Chen & Ilyushina 2023). Tämän vuoksi aihe tuntui ajankohtaiselta ja mielenkiintoiselta, koska droneille olisi varmasti käyttöä siviilissäkin.

## 2.2 Tutkimusongelma, tutkimuskysymykset ja työn tavoitteet

Jorma Kananen kertoo kirjassaan *Opinnäytetyön kirjoittajan opas* (2015), kuinka tutkimusongelman määrittely on onnistuneen opinnäytetyön edellytys, sillä ongelma täytyy muodostaa siten, että se voidaan ratkaista. Tutkimusongelman määrittämiseen vaikuttavat muun muassa aineistonsaanti, aihealueen tuntemus sekä oma mielenkiinto aihetta kohtaan. (Kananen 2015, 41.) Toisaalta opinnäytetyön tuloksia voidaan käyttää jatkotutkimusta varten, vaikka kaikkiin tutkimuskysymyksiin ei saada vastausta tai ongelmaa täysin ratkaistua.

Tutkimusongelman muodostamisessa rajaaminen on tärkeää, sillä siinä kiteytyy opinnäytetyön tavoitteet ja tarkoitus (Kananen 2015, 46). Tämän opinnäytetyön tutkimusongelmana on selvittää, mihin tarkoituksiin droneja käytetään lentokenttäalueella ja tutkia mihin toimintoihin droneja voitaisiin käyttää sekä selvittää mitä hyötyä niistä on toiminnalle.

Tutkimusongelmasta saadaan johdettua tutkimuskysymykset, joihin on helpompi vastata, kuin itse ongelmaan. Kysymyksiin saadaan kerätyn aineiston avulla vastaus, jolloin ongelmakin ratkeaa (Kananen 2015, 55). Tutkimuskysymyksiksi muodostuivat tässä opinnäytetyössä: Mihin lentokentällä toimivat yritykset ja organisaatiot käyttävät tai voisivat käyttää droneja sekä mitä hyötyä droneista olisi yritykselle tai lentokentän omalle toiminnalle?

Työn ensisijaisena tavoitteena on löytää tutkimuskysymyksiin vastaukset sekä laajentaa ymmärrystä miehittämättömien ilma-alusten käytöstä lentokenttäympäristössä. Toissijaisena tavoitteena työssä on kerätä tietoa drone-toiminnasta lentokenttäympäristössä tuleville tutkimuksille tai jatkokehitystä varten.

## 2.3 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmät voidaan jakaa kahteen pääkategoriaan; laadulliseen ja määrälliseen tutkimukseen. Nämä voidaan jakaa edelleen alaluokkiin riippuen tutkimusprosessista ja tutkimusongelma ratkaistaan käyttäen näitä menetelmiä tai niiden kokonaisuuksia. Tätä kutsutaan tutkimusotteeksi tai lähestymistavaksi,



jonka valinta on tutkijan tärkeimpiä päätöksiä opinnäytetyötä aloittaessa. (Kananen 2015, 63–67.) Laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen lähtökohtana on olemassa olevan ilmiön tutkiminen ja kuvaaminen mahdollisimman kokonaisvaltaisesti pyrkimyksenä ymmärtää tutkittavaa ilmiötä (Hirsjärvi ym. 1997, 160–161).

Tässä opinnäytetyössä käytetään kvalitatiivista tutkimusmenetelmää, koska käytännön ilmiötä on tarkoitus tutkia teoreettisesti kirjallisuutta sekä kerättyä aineistoa hyväksikäyttäen, samalla syventäen ymmärrystä tutkittavasta ilmiöstä. Sen lisäksi haastatteluilla pyritään saamaan tarkempaa tietoa tutkittavasta ilmiöstä, sekä siitä mitä kokemuksia haastateltavilla on droneista ja niiden käytöstä lentokenttäympäristössä.

## **2.4 Tiedon kerääminen ja analysointi**

Laadullisen tutkimuksen aineistoa voidaan kerätä eri menetelmillä, joita ovat muun muassa: haastattelut, havainnointi, kyselyt ja dokumentit. Aineistonkeruumenetelmillä pyritään saamaan vastaukset tutkimuskysymyksiin ja tutkimusongelmaan, jolloin aineistoa kerätään systemaattisesti vaiheittain niin kauan kunnes ongelma ratkeaa. (Kananen 2015, 128–131.) Opinnäytetyöhön kerätään tietoa alan kirjallisuudesta sekä haastatteleamalla ilmailualalla toimivia yrityksiä sähköpostin välityksellä. Tiedonkeruussa hyödynnetään aihealueesta tehtyjä aiempia tutkimuksia, artikkeleita sekä uutisia luotettavista lähteistä. Haastatteluiden tarkoituksena on kerätä tietoa drone-toiminnasta ja sen laajuudesta lentokenttäympäristössä.

Laadulliseen tutkimukseen kerätyn aineiston analysointi edellyttää aineistojen yhteismitallistamista. Tämä tarkoittaa sitä, että haastattelut muutetaan tekstimuotoon, minkä jälkeen tekstiaineistoa analysoidaan lukemalla (Kananen 2015, 83). Opinnäytetyön kirjallinen aineisto analysoidaan lukemalla ja kääntämällä tarvittaessa suomen kielelle, jolloin sitä voidaan hyödyntää sellaisenaan. Haastattelut muutetaan tekstimuotoon ja analysoidaan lukemalla, jonka jälkeen ne liitetään opinnäytetyöhön.

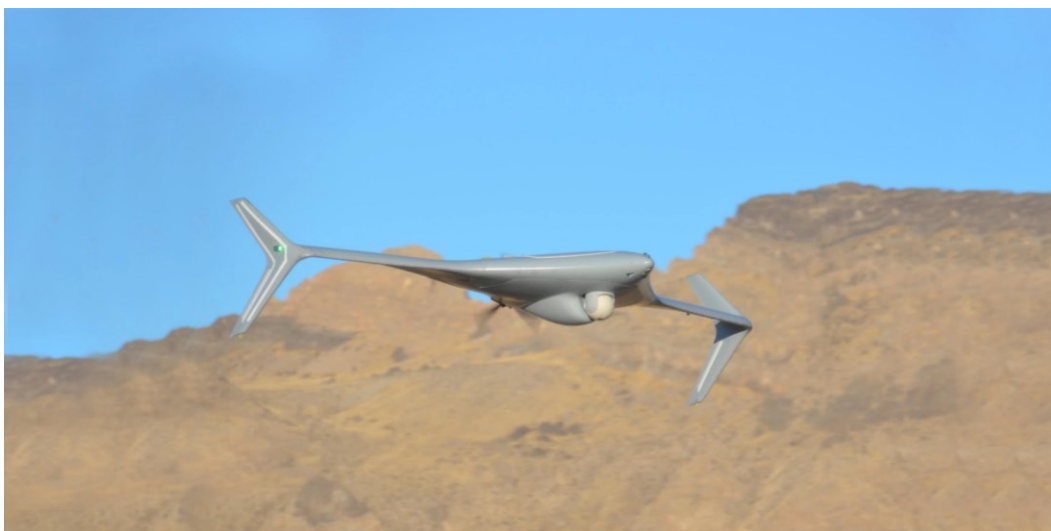
### 3 TEORIAA MIEHITTÄMÄTTÖMISTÄ ILMA-ALUKSISTA

#### 3.1 Mikä on miehittämätön ilma-alus?

Liikenne- ja viestintävirasto Traficomın mukaan droneksi kutsutaan yleiskielessä kaiken kokoisia miehittämättömiä ilma-aluksia, joita ohjataan operaattorin toimesta kauko-ohjauksella. Muita nimityksiä miehittämättömälle ilma-alukselle ovat esimerkiksi UAV (engl. Unmanned Aerial Vehicle) ja UAS (engl. Unmanned Aerial System). Droneja on saatavilla niin ammatti- kuin harrastekäyttöön ja käyttötarkoituksen mukaan niiden paino, koko sekä toimintaperiaate vaihtelevat. Muita nimityksiä miehittämättömälle ilma-alukselle ovat RPA (engl. Remotely Piloted Aircraft) ja RPAS (engl. Remotely Piloted Aircraft System). (Traficom 2022).

Suomen kielessä on laajalti käytetty miehittämättömistä ilma-aluksista myös sanaa lennokki, mutta drone-sana on vakiinnuttanut paikkansa yhteiskunnassa, koska sanasta lennokki tulevat helposti mieleen yksinomaan kiinteäsiipiset radio-ohjattavat lentokoneet (Tukiainen 2018). Toisaalta lyhenteet UAS ja RPAS kuvastavat täsmällisemmin miehittämättömiä ilma-aluksia, jotka voivat olla hyvinkin itsenäisiä järjestelmiä eivätkä näin ollen tarvitse jatkuvasti operaattoria toimiakseen (Boyle 2020, 7). Tässä opinnäytetyössä käytetään kuitenkin pääsääntöisesti termejä miehittämätön ilma-alus tai drone, koska ne ovat yleisesti vakiintuneet käyttöön.

Droneja on siis monenlaisia, mutta ne jaetaan yleisesti kiinteäsiipisiin ja roottoreilla toimiviin ilma-aluksiin. Kiinteäsiipisestä dronesta esimerkki kuvassa 1 ja roottoreilla toimivasta drone on esitetty kuvassa 2. Tämän lisäksi on myös olemassa ilmaa keveämpiä lentolaitteita, kuten kuvassa 3 esitetty ilmalaiva, joka on suomalaisen Kelluu-yrityksen valmistama drone.



KUVA 1. Kiinteäsiipinen miehittämätön ilma-alus Northrop Grumman Bat (Northrop Grumman n.d.).



KUVA 2. DJI Mavic 3 moniroottorinen drone (Gigantti n.d.).



KUVA 3. Kelluu- yrityksen miehittämätön ilmalaiva (Kelluu n.d.).

### 3.2 Miehittämättömien ilma-alusten luokittelu

Dronet voidaan jaotella eri luokkiin painonsa, kokonsa, lentokorkeuden, toimintasäteen, toimintaperiaatteen tai käyttötarkoituksen mukaan. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom (2022) luokittelee dronet painon ja käyttötarkoituksen mukaan avoin-, erityinen- sekä tulevaisuudessa sertifioitu -kategoriaan. Avoimessa kategoriassa droneihin ja niiden lennättämiseen liittyy seuraavanlaisia ehtoja:

- Dronen suurin lentoonlähtömassa ei saa ylittää 25 kg:aa.
- Dronea saa lennättää enintään 120 metrin korkeudella maan tai veden pinnasta.
- Lennätystoiminta perustuu suoraan näköyhteyteen.
- Vaarallisten aineiden kuljettaminen on kielletty.
- Dronesta ei saa pudottaa mitään.
- Toimitaan turvallisen välimatkan päästä ihmisistä huomioiden ilmatilan rajoitukset.

Mikäli avoimen kategorian ehdoilla ei lennätystoimintaa voida suorittaa, luokitellaan drone erityiseen- tai sertifioitu -kategoriaan ja näiden dronejen lennättämistä varten tarvitaan Traficomilta erillinen lupa. Jälkimmäisissä kategorioissa määräykset ja rajoitukset droneille ja lennätystoiminnalle ovat avointa kategoriata tiukemmat. (Traficom, 2022.)

Traficom in luokittelulla otetaan siis dronen lisäksi kantaa myös itse lennätystoimintaan, jotta toiminta olisi mahdollisimman turvallista eikä siitä aiheutuisi häiriötä muulle lentoliikenteelle tai ihmisille. Ajankohtaisimman tiedon löytää parhaiten vi-raston verkkosivuilta.

Michael J. Boyle esittelee kirjassaan *The Drone Age* (2020), että dronet luokitellaan sotilas- tai siviilidroneihin, koska niiden käyttötarkoitukset poikkeavat merkittävästi toisistaan. Yleisesti ottaen sotilasdronejen hinta on korkeampi ja laatu parempaa, koska sotilasdronet ovat monimutkaisempia huipputeknisiä laitteita, joissa on paljon sensoreita ja automatiikkaa. Ne usein vaativatkin toimiakseen laajemman organisaation taustalle, kuten huoltohenkilöstöä, operaattoreita ja toiminnanjohtajan. Lisäksi sotilasdronet voivat operoida korkeammalla ja pidempään, kuin vastaavat siviilimarkkinoilta löytyvät dronet. (Boyle 2020, 7–9.) Toisaalta sota Ukrainassa on osoittanut, kuinka siviilimarkkinoille tarkoitettuja droneja käytetään laajasti sotilaallisen toiminnan tukena (Kokkonen 2023).

Sotilaskäyttöön tarkoitettuja droneja on myös monenlaisia, osa on valmistettu puhtaasti tiedusteluun, kun toisilla pyritään aseellisesti vaikuttamaan kohteeseen. Näiden kahden dronen välimuotojakin esiintyy (US Air Force n.d.). Esimerkiksi kuvassa 4 esitetty MQ-9 Reaper- drone kykenee sekä tiedustelevaan, että vaikuttamaan kohteeseen.



KUVA 4. MQ-9 Reaper kuvattuna Etelä-Afganistanissa (US. Air Force n.d.).

Mitään yhteneväistä ja kaiken kattavaa luokittelujärjestelmää ei droneista maailmanlaajuisesti ole olemassa, mutta yleisesti ottaen siviilimarkkinoille tarkoitettut dronet luokitellaan painon ja toimintaperiaatteen mukaan eri kategorioihin. Vastaavasti sotilasdronet luokitellaan toimintasäteen ja lentokorkeuden sekä käyttötarkoituksen mukaan eri kategorioihin.

### 3.3 Miehitämättömien ilma-alusten historiaa

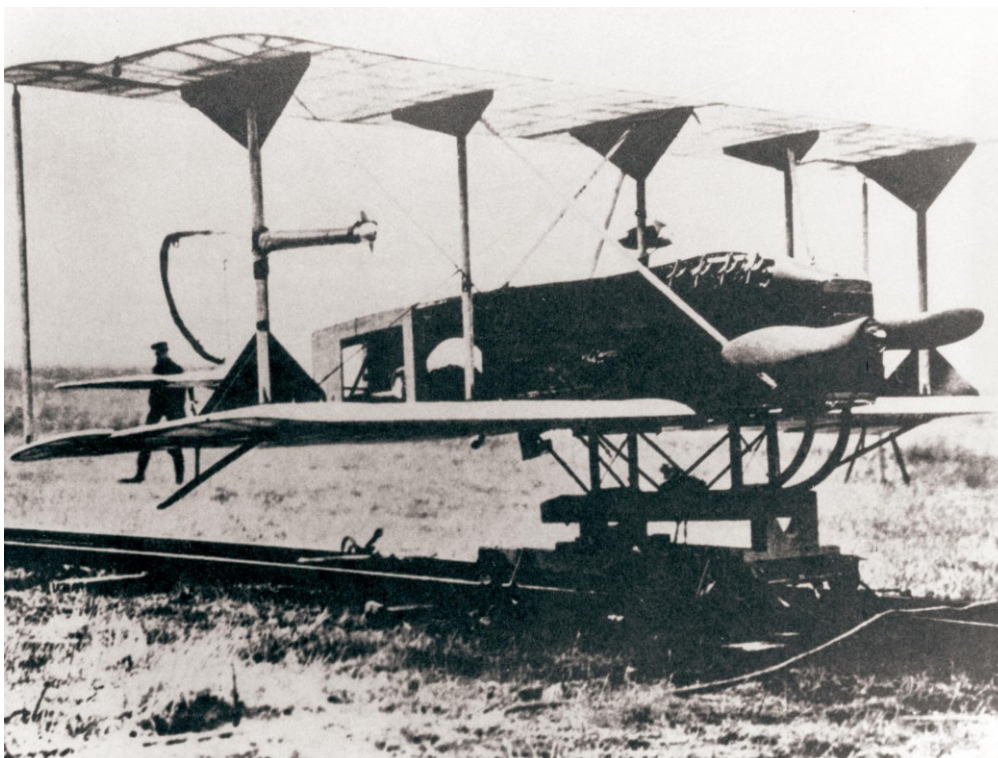
Miehitämättömät ilma-alukset eivät ole ilmiönä kovinkaan uusi, mutta niiden historia voi olla suurimmalle osalle ihmisistä tuntematon asia, joten tässä osiossa käydään läpi niiden kehitystä. Aikaisimmat miehitämättömät ilma-alukset olivat kuumailmapalloja, joita on käytetty jo 1800-luvun puolivälistä saakka vihollisen tiedusteluun sotatoimissa (Tal & Altschuld 2021, 11).

Michael J. Boyle esittelee kirjassaan, kuinka dronet ovat integroituneet osaksi länsimaista yhteiskuntaa jo 1900-luvun alusta alkaen. Pitkän historiansa takia miehitämättömien ilma-alusten kehitys ei ole tapahtunut kovinkaan nopeasti ja suoraviivaisesti, vaan se on tapahtunut vaiheittain usein yrityksen ja erehdyksen kautta. Nykyaikaiset dronet ovatkin vakiinnuttaneet asemansa yhteiskunnassa vasta, kun teknologia on ollut tarpeeksi kehittynyttä. (Boyle 2020, 31–33.)

Boylen mukaan miehitämättömien ilma-alusten kehityksen taustalla on yleensä ollut jokin sota tai konflikti, joka on vauhdittanut uuden teknologian kokeilemistä sodankäynnissä, jotta vastustajasta saadaan yliote. Ennen kuin dronejen ja risteilyohjusten välille tehtiin selkeä jako, pidettiin jälkimmäisiä myös droneina. Tästä esimerkkinä saksalaisten pahamaineiset V1 ja V2 ohjukset, joita käytettiin liittoutuneita vastaan. Drone teknologian alkeellisuus ja komponenttien koko tarkoittivat sitä, että aikaisimmat miehitämättömät ilma-alukset olivat isoja ja usein myös epäluotettavia. (Boyle 2020, 21–26.)

Ensimmäiset miehitämättömät ilma-alukset muistuttivat silloisia kaksitasoisia lentokoneita, joissa voimanlähteenä oli mäntämoottori ja työntövoimaa tuotettiin potkurilla. Yhdysvalloissa oli useampi miehitämättömän ilma-aluksen kehityspro-

jekti käynnissä 1900-luvun alussa, joista menestyksekkäimmät johtivat niin sanotun lentävän torpedon valmistamiseen. Tiedemiehet Elmer Sperry ja Peter Cooper Hewitt yhdessä lentokoneita suunnittelevan Glenn Curtissin kanssa, valmistivat tällaisen ilma-aluksen ensimmäisinä (kuva 5). Tämän ensiaskeleen kohti autonomisia ilma-aluksia mahdollisti valtion taloudellinen tuki, Sperryn kehittämä hyrräteknologia sekä Hewitin laaja tietämys ilmailusta ja radioteknologiasta. (Polmar 2019.)



KUVA 5. Ensimmäisiä miehittämättömiä ilma-aluksia (Polmar 2019).

Miehittämättömiä ilma-aluksia alettiin käyttämään ilmatorjunnan harjoitusmaaleina 1930-luvulla. Britanniassa kehitettiin tuolloin kauko-ohjattava ilmamaali muokkaamalla de Havilland Tiger Moth lentokoneesta miehittämätön versio. Tämä ilma-alus tunnettiin nimeltä Queen Bee, joka suomeksi tarkoittaa kuningatarmehiläistä. Kyseinen malli oli ensimmäisiä sarjavalmisteisia droneja ja niitä valmistettiin noin 400 kappaletta. (Boyle 2020, 33.)

Queen Bee:stä inspiroituneena Yhdysvallat alkoivat kehittämään vastaavanlaista ilmamaalia omiin tarpeisiinsa. Kehitystyötä johti komentajakapteeni Delmar Fahrbney, joka kunnioittaakseen englantilaisten Kuningatarmehiläistä alkoi käyttä-

mään yhdysvaltalaisista miehittämättömistä ilma-aluksista sanaa drone, eli kuhnurimehiläinen. (O'Malley n.d.) Tämän jälkeen miehittämättömistä ilma-aluksista alettiin käyttää yleisemmin sanaa drone.

Kamera- ja anturitekniikan kehittyessä droneja alettiin käyttää myös tiedustelutoimintaan. Yhdysvallat käyttivät Vietnamin sodassa droneja tiedusteluun varsin laajasti ja menestyksekkäästi, sillä 3 435 lennetyistä tehtävästä 90 % onnistui. (Fahlstrom & Gleason 2012, 5.) Vuonna 1973 Israelissa kehitettiin ensimmäinen moderni drone, joka oli nimeltään Mastiff, jota käytettiin tiedusteluun ja valvontaan. Yli seitsemän tunnin toiminta-aika ja reaaliaikainen kuvayhteys antoivat käyttäjälleen arvokasta tietoa kohteesta ja sitä pidetäänkin yhtenä ensimmäisistä nykyaikaisista droneista. (Ruotsalainen 2020, 9.)

Miehittämättömien ilma-alusten kehitystyö jatkui sotilaskäyttöön tarkoitetuilla droneilla 80-luvulta tähän päivään asti ja niihin kehitettiin erilaisia asejärjestelmiä, jotta niillä pystyttiin vaikuttamaan kohteeseen. Tämän seurauksena dronejen merkitys nykyaikaisessa sodankäynnissä kasvoi huomattavasti. Yhdysvallat liittolaisineen käyttivätkin tuona aikana miehittämättömiä ilma-aluksia useissa konflikteissa tiedusteluun, kohteen maalittamiseen ja tuhoamiseen. Afganistanin sodassa dronet olivatkin avainasemassa, koska niitä voitiin monipuolisesti hyödyntää operaatioissa tukemalla muita joukkoja taistelussa. (Fahlstrom & Gleason 2012, 5–7.)

Sotilasdroneissa hyväksi koetut tekniset ratkaisut ovat vaikuttaneet myös siviili-puolen kehitykseen miehittämättömien ilma-alusten osalta. Dronet ovat yleistyneet siviilimarkkinoilla vasta viimeisin vuosikymmenten aikana, kun teknologia on ollut tarpeeksi luotettavaa, halpaa sekä komponentit ovat olleet pienikokoisia. Esimerkiksi jo pelkästään harjattomat sähkömoottorit ja kehittynyt akkuteknologia ovat merkittävästi lisänneet siviilidronejen määrää. (Terwilliger ym. 2017, 21–26.)

Useissa tapauksissa teknologiaa on ensin kehitetty sotateollisuudessa sotilaallisiin käyttötarkoituksiin, josta sitä on vasta jälkepäin vapautettu siviilienkin saataville. Näin on tapahtunut esimerkiksi GPS:n (eng. Global Positioning System),



internetin sekä mikroaaltouunin kohdalla (McFadden 2020). Sama kaava on toistunut myös miehittämättömien ilma-alusten kohdalla, kun niitä on lähes sata vuotta kehitetty ensin sotilaalliseen käyttöön, minkä jälkeen vasta teknologiaa on voitu valjastaa yhteiskunnan muille osa-alueille käyttöön. Yhteiskunnallisella tasolla droneissa on paljon potentiaalia, jonka vuoksi niitä käytetäänkin jo maanviljelyssä, etsintä ja pelastustehtävissä, infrastruktuurin tarkastamiseen sekä tavaran kuljetukseen (Terwilliger ym. 2017, 21–26).

### 3.4 Siviilimarkkinoiden kehitys

Dronejen kaupallisesta kehityksestä on tehty selvitys, jonka mukaan droneja on myyty vuonna 2021 maailmanlaajuisesti 2,8 miljoonaa kappaletta ja niiden markkina-arvo on ollut 5 miljardia euroa. Selvityksen mukaan vuosittain myytyjen dronejen määrä on noussut tasaisesti aina vuodesta 2016, jolloin myytiin miljoona dronea, joiden markkina-arvo oli 2 miljardia euroa. (MarketLine 2022, 10–11.)

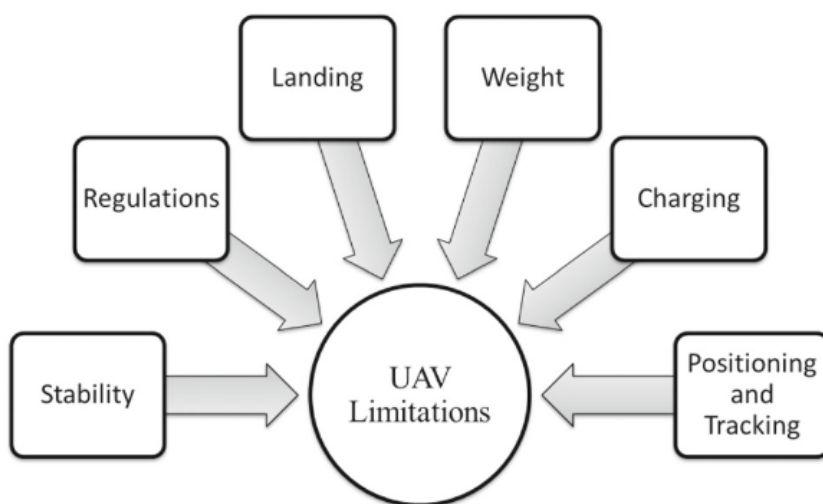
Laitevalmistaja DJI hallitsee 76,1 % osuudellaan markkinoita maailmanlaajuisesti, suuren markkinaosuuden taustalla ovat tuotteiden alhainen hinnoittelu ja laitteiden helppokäyttöisyys. Selvityksen mukaan yli puolet vuonna 2021 myydyistä droneista myytiin kuluttajille, koska niiden hinta on viime vuosina laskenut hieman. Kuluttajatason droneja käyttävät harrastajien lisäksi monet muut, kuten valokuvaajat, elokuvan tekijät, journalistit ja pienyritykset, jotka ostavat merkittävän osan halvemmista droneista. Tämän takia tilastot näyttävät todellista suurempaa myyntiä kuluttaja droneille. (MarketLine 2022, 9.)

Selvityksestä ilmeni myös se, kuinka kaupallisten dronejen markkina-arvo tulee kasvamaan tulevaisuudessa merkittävästi, koska yksittäinen laite voi maksaa jopa 100 000 dollaria. Suurempien myyntitulojen vuoksi suurin osa investoinneista ja kehitystyöstä suuntautuu kaupalliselle sektorille. Kaupallisella sektorilla liikevaihto muodostuu pääosin yrityksistä, jotka tarjoavat erilaisia drone-palveluita muille yrityksille. Selvityksessä ennustetaan, että vuonna 2026 myydään 4,4 miljoonaa dronea, joiden markkina-arvo on 17,1 miljardia dollaria. (MarketLine 2022,

2–9.) Tämä ennuste voi hyvinkin pitää paikkaansa, mikäli kaupallisen sektorin kehitys jatkuu voimakkaasti ja myytyjen dronejen määrät kasvavat. Toisaalta kaupallisen sektorin laaja kehitys vaatisi muutoksia niin laitteistolle kuin lainsäädännölle.

Kaupallisia käyttötarkoituksia tutkitaan ja kehitetään jatkuvasti, esimerkiksi opiskelujen aikana Tampereen Ammattikorkeakoulussa tutkittiin dronen käyttämistä männynsiemenien istuttamiseen. Tavoitteena tässä projektissa oli kehittää erilaisia metodeja, joilla pystyttäisiin uudistamaan metsää mahdollisimman tehokkaasti käyttäen droneja. Muita kaupallisia käyttökohteita löytyy maataloudesta, energiateollisuudesta ja logistiikasta. Maataloudessa droneilla voidaan tarkkailla viljelmien tilaa, jolloin torjunta-aineiden tai ravinteiden levittäminen ja kastelu voidaan hoitaa täsmällisemmin ja resursseja säästään. Energiateollisuudessa droneilla voidaan tarkastaa voimalinjoja ja infrastruktuuria nopeasti ja tehokkaasti asettamatta ihmisiä vaaraan. (Mohsan ym. 2023, 122–125.)

Kehitystä hidastavat tällä hetkellä lainsäädännölliset rajoitukset sekä teknologiset haasteet (kuvio 1), joita ovat esimerkiksi datansiirtonopeudet, tietoturva, dronen toimintasäde ja paikantaminen. Lisäksi turvallisuuden näkökulmasta dronet voivat loukata ihmisen yksityisyyttä tai aiheuttaa vahinkoa henkilöille ja materiaalille törmätessään niihin. (Mohsan ym. 2023, 127–129.)



KUVIO 1. Miehitettömien ilma-alusten kehitystä rajoittavat tekijät (Mohsan ym. 2023, 127).

Kuten kuvioista 1 nähdään, rajoituksia on tietoyhteyksien, säädösten ja teknisten ominaisuuksien kanssa. Tiedonsiirtonopeudet ja tietoturvallisuus ovat erittäin tärkeitä, jotta droneilla operoidaan mahdollisimman turvallisesti ilman häiriöitä. Lainsäädännössä haasteita ovat eroavaisuudet eri valtioiden ja viranomaisten välillä, jolloin mitään maailmanlaajuisesti yhtenevää lainsäädäntöä tai standardia droneille ja niiden lennättämiselle ei ole (Mohsan ym. 2023, 127–129).

Teknologiset haasteet hidastavat myös dronejen yleistymistä, koska akkujen kapasiteetti on rajallinen. Mikäli dronen toimintasädettä kasvatettaisiin lisäämällä akkujen määrää, kasvaisi siinä samalla myös dronen paino, joka itsessään on yksi haasteista. Akkujen langattomaan lataamiseen on kehitetty menetelmiä kuten WPT (engl. Wireless Power Transfer) tai LPT (engl. Laser Power Transfer), mutta ne vaativat vielä laajamittaista kehitystyötä yleistyäkseen. (Mohsan ym. 2023, 127–129.)

## **4 TUTKIMUSTULOKSET**

### **4.1 Haastattelut**

Haastattelut suoritettiin sähköpostin välityksellä aikatauluista ja pitkistä etäisyyksistä johtuen. Haastattelupyyntöihin tuli vastauksia kolmelta organisaatiolta, jolloin vastausprosentti oli noin 40 %. Haastateltavien nimiä ei tässä työssä heidän pyynnöstään mainita, vaan heihin viitataan yleisellä tasolla yrityksen tai organisaation edustajina. Haastatteluun vastanneet organisaatiot edustavat Liikenne ja viestintävirasto Traficomien miehittämättömän ilmailun tiimiä, lennonvarmistuksesta Suomessa vastaavaa Fintrafficia sekä yhtä lentokoneita Suomessa huoltavaa yritystä.

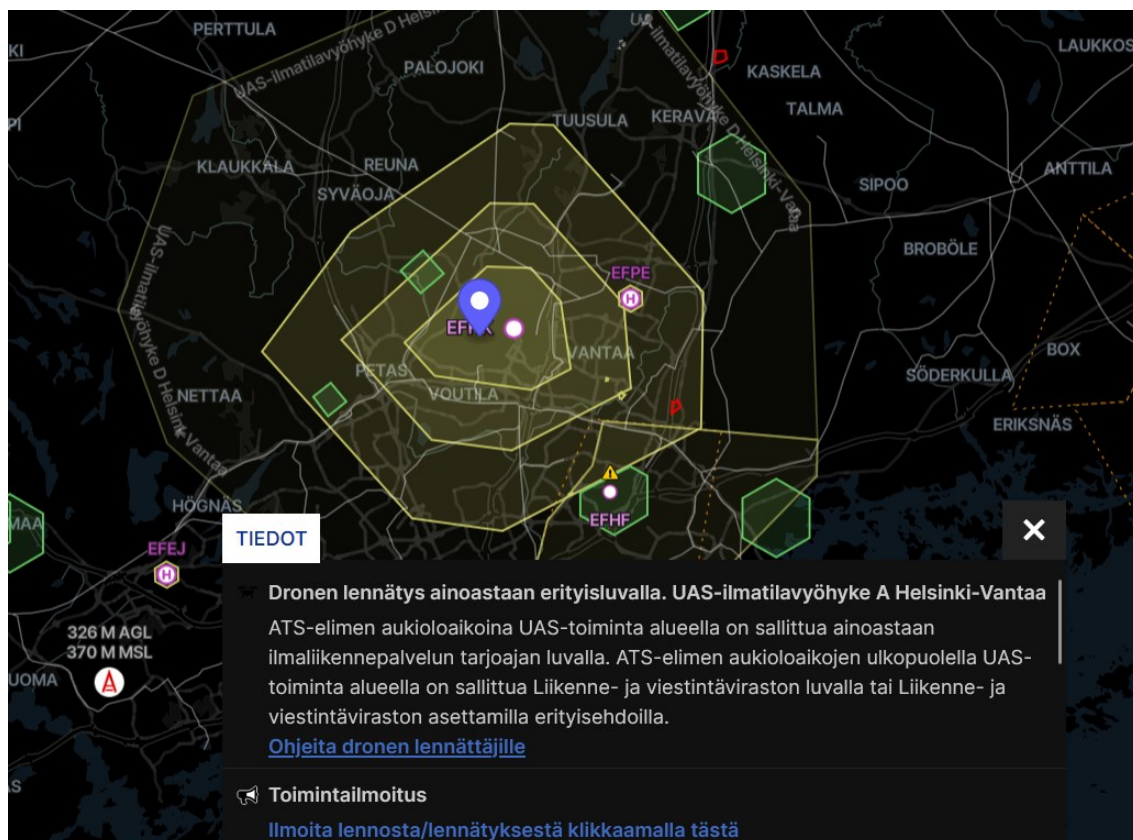
Sähköpostihaastattelut litteroitiin ja ne löytyvät tämän opinnäytetyön liitteistä, lisäksi kävin Traficomien drone-tiimiläisen kanssa puhelinkeskustelun aiheeseen liittyen. Keskustelimme droneista ja niiden luokittelusta sekä tulevista muutoksista ja keskustelua ei litteroitu, koska sähköpostitse annetussa vastauksessa sekä Traficomien verkkosivuilla käsiteltiin samoja asioita.

### **4.2 Kirjallisuudesta ja haastatteluista saadut tulokset**

Seuraavassa osuudessa käydään läpi kirjallisuudesta sekä haastatteluista saatuja tuloksia, siitä mihin toimenpiteisiin droneja käytetään tai voidaan käyttää lentokenttäympäristössä. Tulokset on jaettu toiminnan mukaan alaotsikoihin, joissa niitä käsitellään tarkemmin.

#### **4.2.1 Dronella operointi lentokentällä**

Miehittämättömän ilma-aluksen lennättäminen lentokentällä on luvanvaraista ja lentokenttä sekä sen lähialueet on jaettu UAS-ilmatilavyöhykkeisiin. Vyöhykkeellä tapahtuvaan lennätystoimintaan anotaan lupa lennonjohdosta, mikäli ATSein (engl. Air Traffic Service) on kiinni, anotaan lupaa Traficomilta. Kuvassa 5 on esitetty UAS-ilmatilavyöhyke Helsinki-Vantaan lentoasemalta. (Aviamaps n.d.)



KUVA 5. Kuvankaappaus UAS-ilmatilavyöhykkeestä Helsinki-Vantaan lentoasemalta (Aviamaps, n.d.).

Traficomien miehittämättömän ilmailun tiimin edustaja kertoi haastattelussa (Liite 1.), että mikäli dronella operoidaan avoimen kategorian ehtojen mukaisesti (luku 3.2), ei heille tarvitse ilmoittaa minkäläistä toimintaa droneilla harjoitetaan. Tämän vuoksi heillä ei ole tarkempaa tietoa miehittämättömien ilma-alusten käyttämisestä lentokenttäalueella. Drone-tiimin edustajan kanssa käydyssä puhelinkeskustelussa hän kertoi, kuinka avoimen kategorian ehdoin toimittaessa lentokenttäympäristössä lupa toiminnalle anotaan lennonjohdosta, mutta mikäli dronen lennättäminen tapahtuu sisätiloissa rekisteröidyn lennättäjän toimesta, ei siitä tarvitse ilmoittaa kenellekään.

Lennonvarmistuksesta vastaavan Fintrafficin edustaja vastasi omassa haastattelussaan (Liite 2.), että lentoaseman alueella tapahtuva lennätystoiminta on lentokenttätoimijan, eli Suomessa Finavian vastuulla ja näin ollen ei hänellä ole tarkempaa tietoa asiasta. Haastattelupyynnöitä lähetettiin myös Finavialle aiheeseen liittyen, mutta heidän edustajansa eivät vastanneet pyyntöihin.

UAS- ilmatilavyöhykkeillä ei saa pääsääntöisesti lennättää droneja, jotta ne eivät vaarantaisi muuta lentoliikennettä. Traficom ja Ilmavoimien esikunnan laatimassa asiakirjassa, joka käsittelee ilmatilanhallintaa eli ASM:ää (engl. Airspace Management) kerrotaan kuinka dronen lennätyskieltoalueet eivät koske viranomaisia, joten droneja voidaan käyttää esimerkiksi pelastustoimen tehtävien suorittamiseen lentokenttäalueella. Lisäksi asiakirjassa mainitaan, kuinka miehittämättömiä ilma-aluksia voidaan lentokenttäalueella lennättää, jos lennätys tapahtuu suojatun alueen lukuun. (Traficom 2021, 17–19.) Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että droneja voitaisiin käyttää viranomaisten toimintaan tai lentokentän toimintaa tukeviin toimenpiteisiin, kun lentotoimintaa toteutetaan määräysten ja rajoitusten mukaisesti.

#### **4.2.2 Lentokoneiden huolto ja korjaustoiminta**

Ilma-alusten lentokelpoisuuden kannalta niiden huoltaminen laadukkaasti on ensiarvoisen tärkeää, jotta lentotoiminta ei vaarantaisi ihmishenkiä. Lentokoneiden huollon laiminlyönnistä on esimerkiksi Alaskan Airlinesin lento 261, joka syöksyi mereen tappaen kaikki kyydissä olleet 88 henkilöä. Onnettomuuden aiheutti kulunut matoruuvi, joka sijaitsi lentokoneen ohjausjärjestelmässä. Ennenaikainen kuluminen oli seurausta voitelun puutteesta, koska voiteluainetta ei lisätty riittävästi, eikä tarpeeksi usein (National Transportation Safety Board 2002, 154–155).

Lentokoneiden huoltamiseen liittyy myös oleellisesti inhimilliset tekijät, jotka vaikuttavat usein toiminnan laatuun. Arviolta noin 80 % työvirheistä johtuvat nimenomaan inhimillisistä tekijöistä. Ihmisen suorituskyykyyn vaikuttavat monet seikat, jotka voidaan jakaa ympäristöön, käytettäviin resursseihin, työtehtäviin sekä työtä tekevän henkilön ominaisuuksiin. (FAA n.d.a.)

Yrityksen toiminnan kannalta on siis oleellista, että inhimillisiin tekijöihin suhtaudutaan vakavasti ja ne otetaan toiminnassa huomioon. Tyypillisesti henkilöstöä perehdytetään ja koulutetaan myös inhimillisiin tekijöihin liittyen, jotta niistä johtuvia työvirheitä ei sattuisi.

Lentokoneen ulkopuoliset vauriotarkastukset tehdään normaalisti ihmisen toimesta. Tarkastuksiin kuluu usein paljon aikaa varsinkin, jos vauriot sijaitsevat korkealla tai vauriokohtia on paljon. Usein tarkastuksiin pitää varata tarvittava välineistö, jotta vaurioihin päästään käsiksi. Tämän lisäksi mittaustulosten tarkkuus riippuvat käytetyistä välineistä ja mittaajasta itsestään, jolloin tulosten luotettavuus voi heikentyä ja jäljitettävyys vaikeutua. (McKenna 2022.) Tämä on tullut koettua niin työelämässä kuin opintojen aikana, kun mittauksia on suorittanut useampi henkilö, ovat tuloksetkin vaihdelleet.

Droneilla voidaan suorittaa ulkoisia tarkastuksia lentokoneille nopeasti ja turvallisesti, koska ne pääsevät korkealle asettamatta ihmistä vaaraan. Tämän lisäksi droneihin on saatavilla erilaisia ohjelmistoja, joilla vaurioita voidaan kuvata, karottaa ja analysoida tarkasti ja tehokkaasti. Tällöin tarkastuksiin käytetty aika vähenee huomattavasti, jopa 90 %:lla. Etenkin salamanvauriotarkastuksissa voi automaattisesti lentävä drone, joka on varustettu tarvittavalla ohjelmistolla, tarkastaa koko lentokoneen kahdessa tunnissa. Samaan tarkastukseen ihmisillä saattaa kuluu aikaa useita tunteja. (McKenna 2022.)

Dronet voivat siis nopeuttaa lentokoneiden tarkastamista ja tuoda lentoyhtiöillekin säästöjä, koska lentokone on nopeammin lentokunnossa kuljettamassa matkustajia. Nopeuden lisäksi luotettavuus ja jäljitettävyys ovat merkittäviä etuja, joita dronella saavutetaan. Droneilla suoritetaan tarkastuksia niin lentokoneita valmistavissa yrityksissä, kuin useissa lentoyhtiöissä (McKenna 2022).

Lentokoneita Suomessa huoltavan yrityksen edustajan mukaan (Liite 3.) heillä ei vielä käytetä huoltotoiminnassa droneja hyödyksi, mutta niille olisi käyttöä erilaisissa tarkastuksissa ja vaurioiden laajuuden määrittämisessä. Suurimmat hyödyt hänen mukaansa saavutettaisiin laadussa, luotettavuudessa ja ajan säästössä, sillä aikaa menee tällä hetkellä esimerkiksi salamanvauriotarkastuksiin 10-20 tuntia lentokonetta kohti. Vastaajan mukaan droneja voitaisiin käyttää vielä laajemmin hyödyksi, mikäli droneilla voitaisiin tehdä tarkempia vauriotarkastuksia, tarkastusten tulokset olisivat luotettavia ja droneissa käytetty ohjelmisto olisi integroitavissa huolto-organisaation tuotannonohjausjärjestelmiin.

### 4.2.3 Pelastustoiminta

Teknologian tutkimuskeskuksen VTT Oy:n koordinoimassa AiRMOUR- projektissa on kehitetty ja testattu miehittämättömiä ilma-aluksia kaupunkiympäristössä. Projekti on EU:n rahoittama ja yhteistyötä on tehty mm. Ruotsin, Norjan, Saksan ja Alankomaiden kanssa. Projektin tärkein tavoite on kehittää droneja ensihoitohenkilökunnan sekä lääkintätarvikkeiden kuljettamiseen kuten kuvassa 6 on esitetty. Kehitettyjen dronejen toimintaa on testattu käytännössä menestyksekkäästi, mutta laajamittaisen käytön haasteena on ilmalulainsäädännön rajoitteet kaupunkialueella. (AiRMOUR, 2023.)



KUVA 6. Ehang Falcon L400 hoitotarvikkeiden kuljetus-drone (AiRMOUR 2023).

Lentokenttäympäristössä tämän kaltaiset lääkintä- tai ambulanssidronet voisivat toimittaa henkilöstöä tai hoitotarvikkeita nopeasti paikasta toiseen, koska lentokenttäalueella usein on paljon liikennettä niin maassa kuin ilmassakin, joka aiheuttaa viivettä ensihoidon paikalle saapumiseen.

Droneja on menestyksekkäästi käytetty myös perinteisiin etsintätehtäviin, koska dronet ovat edullisimpia ja niitä on laajemmin saatavilla, kuin etsinnässä perinteisesti käytettyjä ilma-aluksia. Tämän lisäksi dronet suoriutuvat nopeammin tehtävästä, kuin maata pitkin liikkuvat etsintäpartiot. Kehittyneillä sensoreilla ja optiikalla varustettu drone voi operoida vaikeassakin maastossa ja pimeässä, löytäen kohteen todennäköisemmin kuin ihminen. (Vision Aerial 2021.)

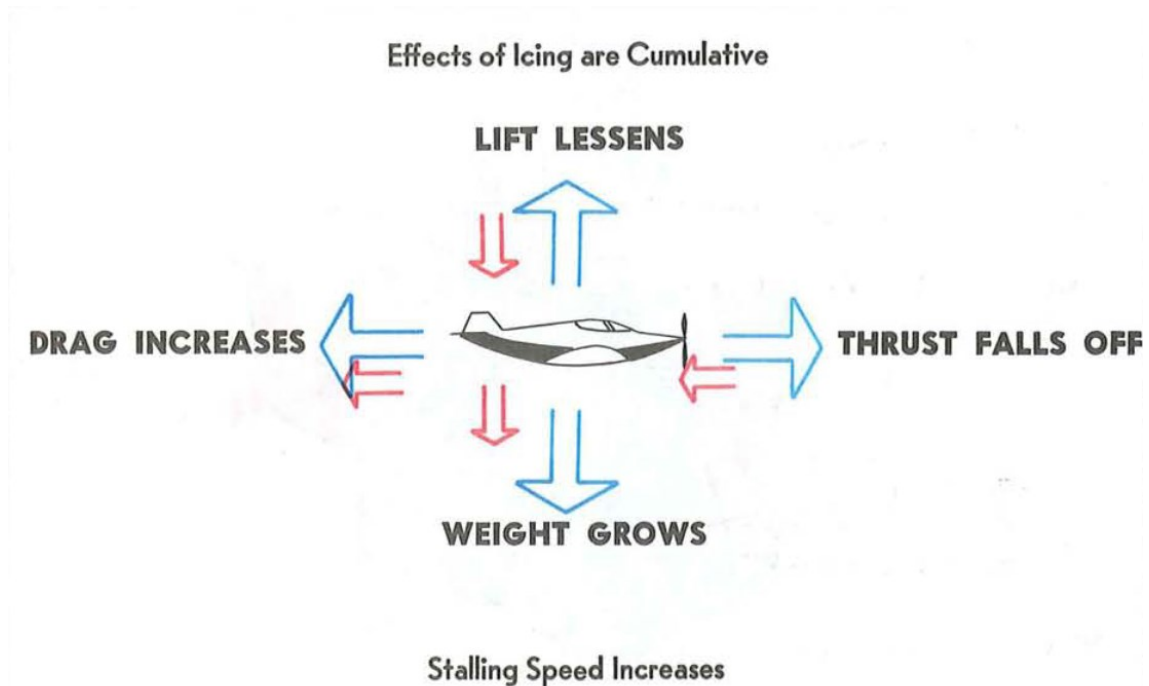


Onnettomuuden sattuessa droneja voidaan käyttää myös tapahtumapaikan kuvaamiseen, mikäli alueelle on vaikea tai vaarallista mennä. Tällöin droneilla saadaan onnettomuuden tutkintaa varten arvokasta tietoa tapahtumapaikasta, jolloin tutkijat saavat paremman käsityksen siitä, mikä tapaturman aiheutti. (Kelley 2022.)

Kuten aikaisemmin mainittiin lentokenttäalueelle muodostetut UAS-ilmatilavyöhykkeet eivät rajoita viranomaisen toimintaa, jolloin pelastustoimintaan käytettyjä droneja voitaisiin hyvinkin käyttää lentokentällä ja sen lähialueilla, kun perusteet toiminnalle ovat olemassa.

#### **4.2.4 Lentokoneiden jäänpoisto- ja jäänestotoiminta**

Jään muodostuminen lentokoneen rakenteisiin heikentää lentokoneen suorituskykyä, vaikuttaen sen lento-ominaisuuksiin (kuva 7). Siipiin muodostunut jää häiritsee siipien ohi kulkevan ilman virtausta, jolloin lentämiseen tarvittavan nosteen määrä vähenee ja lentokonetta on vaikeampi lentää. Tämän lisäksi jää lisää lentokoneen painoa, jolloin tehon tarve myös kasvaa. (FAA n.d.b.) Jää onkin aiheuttanut useita lento-onnettomuuksia ja läheltä piti tilanteita, kun sitä ei ole asianmukaisesti poistettu lentokoneen rakenteista (SKYbrary n.d.a). Lentokoneen ohjauspintoihin saattaa myös muodostua jäätä, jolloin ne eivät toimi halutulla tavalla. Jää voi myös aiheuttaa vakavia vaurioita tai lento-onnettomuuden, mikäli sitä irtoaa ilma-aluksesta ja kulkeutuu suihkumoottoriin (Maaz 2022).



KUVA 7. Jään vaikutukset ilma-aluksen suorituskyvylle (FAA n.d.b).

Mikäli lentokoneeseen muodostuu jäätä lennon aikana, on sen poistamista varten olemassa lentokoneessa omat järjestelmät, jotka estävät jään muodostumisen lentokoneen etureunoihin (Skybrary n.d.b). Lentokoneeseen maassa muodostunut jää poistetaan lentokentällä siihen tarkoitettulla kalustolla ja isoilla lentokentillä se suoritetaan erillisellä jäänpoistoalueella. Jäänpoistoautolla levitetään lentokoneen ulkopinnoille jäänpoistoainetta, joka sulattaa muodostuneen jään. Sulattamisen jälkeen lentokone käsitellään vielä jäänestoaineella, joka estää jään muodostumisen ilma-alukseen ennen kuin se on ilmassa. Edellä mainitut nesteet ovat sekoitus glykolia ja vettä, jotka voi silmämääräisesti erottaa toisistaan, koska jäänpoistoaine on tyypillisesti oranssin väristä ja jäänestoaine on väriltään vihreää. (Hoke 2014.)

Tutkimusta on myös tehty siitä, että miten droneja voitaisiin käyttää jäänpoistoon apuna. Yhden tutkimuksen tavoitteena oli hyödyntää dronea ja konenäköä jään havaitsemiseen. Tavoitteena tutkimuksella oli nopeuttaa jäänpoisto prosessia heikentämättä laatua, koska yleensä lentokoneen rakenteet tarkastetaan ihmisen toimesta, joko silmämääräisesti tai käsin kokeilemalla. Tutkimuksessa droneihin asennettiin multi- ja hyperspektrikamerat, jotta jään havaitseminen onnistuisi. Haasteena tutkimuksessa oli muun muassa reaaliaikaisten tulosten saaminen,

sillä mitä tarkempaa havaitsemismenetelmää käytetään, sitä enemmän kone näkö tarvitsee laskentatehoa ja tarkastukseen menee myös enemmän aikaa. (Musci, Mazzara & Lingua 2020, 2–23.)

Toisessa tutkimuksessa tutkittiin, miten jään poistaminen voitaisiin droneilla käytännössä toteuttaa. Tavoitteena tällä tutkimuksella oli suunnitella ja rakentaa jäänpoistojärjestelmä, joka on pienempi kuin jäänpoistoauto, jotta järjestelmä olisi pieni kokoinen ja mahtuisi lentokoneeseen. Tällöin olisi mahdollista suorittaa jään poistaminen syrjäisilläkin lentokentillä, joilla ei ole omaa jäänpoistoon tarkoitettua laitteistoa. Tutkimuksessa kokeiltiin jäänpoistoa laboratorio-olosuhteissa ja talvisissa olosuhteissa, jossa jää poistettiin kuorma-auton päältä (kuva 8). Tutkimuksessa havaittiin, että dronella voidaan poistaa jäätä erilaisilta pinnoilta vaatimusten ja standardien mukaisesti, kunhan järjestelmässä on tarpeeksi tehokas pumppu, joka tuottaa riittävän paineen ja tilavuusvirran. Tutkimuksessa todettiin lopuksi, että mikäli dronella voitaisiin jäänpoistamisen lisäksi tarkastaa ilma-alus ulkoisesti jään varalta, olisi droneista entistä enemmän hyötyä tällaisessa käytössä. (Villeneuve, Karmouch, Boulerice 2022, 1–16.)



KUVA 8. Kuvankaappaus jään poistamista dronella (Villeneuve ym. 2022, 15).

Olosuhteet ja inhimilliset tekijät voivat vaikuttaa perinteisillä menetelmillä suoritettuun jäänpoistoon, jolloin jäätä voi jäädä ilma-alukseen tämän luvun alussa

mainituin seurauksin tai pahimmillaan ilma-alusta voidaan laitteistolla kolhia vahingossa. Droneilla voidaan siis suorittaa jäänpoistoa edeltävät tarkastukset tai jäänpoisto. Toiminta voisi olla tehokkaampaa, jos yhdellä dronella voitaisiin tehdä molempia toimenpiteitä tai käytössä olisi useampi drone.

#### **4.2.5 Lentokenttäalueen infrastruktuurin tarkastaminen**

Lentokentät voivat olla hyvin suuria ja monimutkaisia kokonaisuuksia, joissa on paljon ihmisen rakentamaa infrastruktuuria ja teknologiaa, josta osa on lentotoiminnalle kriittistä. Kiitotiet, rullaustiet sekä asematasot kaikkine turvallisuusjärjestelmineen, opasteineen ja valoineen ovat ensi arvoisen tärkeitä turvallisuuden kannalta, jonka takia niiden kuntoa valvotaan säännöllisesti. (Ashford ym. 2013, 1.1, 5.1–5.5).

Infrastruktuuria tarkastetaan droneilla, koska ne ovat nopeita, tarkastusten laatu on hyvä ja niillä voidaan tarkistaa kohteita, jotka muuten ovat vaikeasti tavoitettavissa tai niiden tarkastaminen asettaisi ihmisen vaaraan. Viimeaikainen edistys elektroniikan, viestintäyhteyksien sekä tietotekniikan osa-alueilla ovat mahdollistaneet tarkastuksien tekemisen drone-parvella, jolloin aikaa sekä henkilötyötunteja säästyä vielä enemmän. (Jacobsen ym. 2023, 1–22.)

Eräässä Yhdysvaltain Ilmavoimien rahoittamassa tutkimuksessa kokeiltiin, kuinka droneilla voitaisiin automaattisesti tarkastaa lentokentän kestopäällysteiden kuntoa. Tutkimuksessa onnistuttiin automaattisesti tarkastamaan kiitotien kunto dronella, mutta parempiin tuloksiin vaadittaisiin suurempi tietomäärä, jotta konenäkö osaisi erottaa erilaisia vaurioita. Tämän lisäksi tutkimuksissa käytetty laitteisto sekä ohjelmisto olivat juuri tähän tarkoitukseen räätälöityjä, jolloin niillä on suuri merkitys tarkastuksen suorittamiseen ja saatuun lopputulokseen. (Pietersen, Beauregard & Einstein 2022, 1–11.)

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tässä luvussa käydään läpi keskeisimmät tutkimustulokset, kehitysehdotukset sekä pohditaan työn luotettavuutta ja eettisyyttä. Lopuksi pohditaan vielä opinäytetyössä käytettyjä tutkimusmenetelmiä ja niiden soveltuvuutta tähän tutkimukseen.

### 5.1 Yhteenveto

Tavoitteena opinäytetyössä oli selvittää, että mihin droneja käytetään tai voitaisiin käyttää lentokentillä ja mitä hyötyä droneista olisi niitä käyttäville organisaatioille. Dronet ovat yleistyneet yhteiskunnassamme, koska teknologian kehitys on sen mahdollistanut ja laitteiden hintataso on tullut kohtuulliseksi. Yleistymisen myötä droneille kehitellään myös uusia käyttökohteita ja niitä aletaan kaupallisesti käyttämään enemmän hyödyksi, koska ne tehostavat yritysten toimintaa. Tämä kehityssuunta on nähtävissä myös ilmailun puolella, koska droneja käytetään ulkomailla jo jossain määrin tarkastustoimenpiteisiin.

Tutkimuksesta ei selvinnyt aukottomasti sitä, kuinka laajasti droneja käytetään Suomen lentokentillä, mutta tutkimuksesta kävi ilmi, että dronejen käyttö on lentokentällä mahdollista tietyin ehdoin. Pelastustoiminta, lentokoneiden huoltotoiminta ja jäänpoisto sekä infrastruktuurin tarkastukset ovat esimerkkejä siitä mihin droneja voitaisiin tällä hetkellä käyttää lentokenttäympäristössä toiminnan tukena. Merkittävimmät hyödyt mitä droneilla saavutettaisiin toiminnalle ovat nopeus, luotettavuus sekä tarkastuksien jäljitettävyys. Näiden lisäksi automaation lisääntyminen droneissa nostaa niiden käyttöarvoa, koska toimenpiteitä voidaan suorittaa verrattain vaivattomasti ja nopeasti ilman, että ihmisen täytyy olla jatkuvasti ohjaamassa dronea.

Käytön yleistymiselle lentokentällä ovat haasteina ilmatilanhallinta, lentoturvallisuuden takaaminen sekä dronejen tekniset rajoitteet. Lentokenttäaluetta ja sen ympäröivää ilmatilaa valvotaan tarkasti, jotta toiminta siellä olisi mahdollisimman turvallista. Dronejen yleistymisen myötä lentokentän ilmatila voi ruuhkautua, mikä vaarantaisi mahdollisesti muiden ilmatilan käyttäjien turvallisuuden. Tämä koros-

tuu entisestään, jos droneja ei kyetä paikantamaan tai niitä ei saada otettua hallintaan lennonjohdon toimesta. Turvallisuuden haasteina ovat lisäksi dronejen viikaantuminen tai heikko tietoturva, jolloin hakkerointi tai hitaat tiedonsiirtoyhteydet saattavat aiheuttaa vaaratilanteita. Tällöin laitteiston vaatimuksiin täytyisi kiinnittää tarkemmin huomiota, mikäli droneja käytetään lentokenttäalueella. Tulevaisuudessa miehittämättömiä ilma-aluksia koskevat lait ja vaatimukset toivottavasti selkeytyvät, jotta droneja voitaisiin tehokkaammin käyttää hyödyksi.

Tällä hetkellä yleisimpiä käyttökohteita droneille ovat tavarankuljetus ja tarkastuksien tekeminen. Droneista tehdään laajasti tutkimus- ja kehitystyötä, koska dronet kiinnostavat kaupallista sektoria monipuolisuutensa ja käytettävyytensä ansiosta. Droneihin on jo kehitteillä erilaisia latausmenetelmiä, jotta niillä voitaisiin operoida pitempään ja teknologian kehittyessä droneihin saadaan todennäköisesti uusia laitteita ja antureita, jolloin niiden ominaisuudet paranevat ja käyttökohteet lisääntyvät entisestään

## **5.2 Luotettavuus ja eettisyys**

Opinnäytetyön luotettavuutta voidaan tarkentaa useamman tutkimusmenetelmän yhteiskäytöllä, josta käytetään termiä triangulaatio. Triangulaatio voidaan jaotella eri luokkiin, joista esimerkiksi metodinen triangulaatio tarkoittaa, että tutkimuksessa on käytetty useita tutkimusmenetelmiä ja aineistotriangulaatio tarkoittaa, että samaan ongelman ratkaisemiseksi on vastauksia kerätty useista lähteistä. (Hirsjärvi ym. 1997, 233.) Tässä opinnäytetyössä käytettiin luotettavuuden lisäämiseksi metodista- sekä aineistotriangulaatiota. Tutkimusmenetelminä käytettiin haastatteluja sekä kirjallisen aineiston analysointia, jossa tietoa hankittiin useista eri lähteistä. Tiedonkeruussa hyödynnettiin aineistotriangulaatiota hankkimalla tietoa monipuolisesti useista luotettavista lähteistä, jotka löytyivät oppilaitoksen tietokannoista ja internetistä.

Opinnäytetyö on kirjoitettu eettisesti kestäväällä tavalla ja hyvien tieteellisten käytänteiden mukaisesti, sillä työssä on otettu muiden tutkijoiden työt ja saavutukset huomioon. Lisäksi haastatteluiden osalta vastaajien anonymiteetti taattiin heidän pyynnöstään ja niihin vastaaminen perustui puhtaasti vapaaehtoisuuteen.

### 5.3 Työn toteutus ja kehitysideat

Opinnäytetyö toteutettiin keräämällä laajasti aineistoa droneista ja niiden käyttökohteista, jonka jälkeen aineisto analysoitiin lukemalla ja tulokset kirjattiin ylös. Tämä vaihe oli työn haastavin ja aikaa vievin osuus, koska juuri lentokenttätoimijoiden näkökulmasta aihetta ei ollut tutkittu laajasti entuudestaan. Tiedonhaku suoritettiin eräänlaisena prosessina, jossa aihealue kerrallaan tietoa haettiin systemaattisesti, jotta tutkimuskysymyksiin ja tutkittavaan ongelmaan saatiin vastaukset.

Haastatteluiden suorittamisessa haastavinta oli löytää riittävä määrä kohdehenkilöitä, jotka tietäisivät jotain droneista ja niiden käyttämisestä lentokentillä. Tämä vaihe olisi voitu suorittaa suunnitelmallisemmin, koska haastateltavia tuli lopulta kysytyä lentotekniikan vastuuopettajalta, jolloin vastausprosentti jäi alhaiseksi. Haastatteluihin olisi pitänyt varata enemmän aikaa, koska useista yhteydenotoista huolimatta suurin osa vastaajista jätti vastaamatta sähköposteihin. Haastattelut olisi voitu myös toteuttaa anonymisti esimerkiksi erillisellä lomakkeella, mutta sähköpostihaastattelut tuntuivat luontevammalta menetelmältä, jotta haastattelut olisivat vastavuoroisia ja olisi tarvittaessa mahdollista esittää tarkentavia kysymyksiä.

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö projekti ja tehty tutkimustyö oli mielenkiintoinen kokonaisuus, josta opin paljon uutta tietoa niin droneista, tiedonhakemisesta kuin tutkimuksen tekemisestäkin. Jatkotutkimusta voisi tehdä aiheesta käytännön tasolla, koska tässä työssä sitä ei tehty. Olisikin mielenkiintoista nähdä mihin organisaatiot voisivat käyttää Suomen olosuhteissa droneja apuna, kun ottaa huomioon kaikki neljä vuoden aikaa.

## LÄHTEET

AiRMOUR. 2023. Opening up the skies for medical emergency drones. Verkkosivu. Viitattu 30.3.2023. <https://airmour.eu/>

Ashford, N. Stanton H. Moore, C. Coutu, P. & Beasley, J. 2013. Airport Operations. E-kirja 3. painos. McGraw-Hill Education. Viitattu 18.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www-accessengineeringlibrary-com.libproxy.tuni.fi/content/book/9780071775847/toc-chapter/chapter1/section/section2>

Aviamaps. n.d. Dronekartta. Verkkosivu. Viitattu 30.3.2023. <https://aviamaps.com/map?drone&lang=fi#p=4.28/65.69/26>

Bouwer, J. Krishnan, V. Saxon, S. & Tufft, C. 2022. Taking stock of the pandemic's impact on global aviation. McKinsey & Company. Verkkosivu. Viitattu 8.2.2023. <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/taking-stock-of-the-pandemics-impact-on-global-aviation>

Boyle, M. 2020. The Drone Age. E-kirja. New York: Oxford University Press. Viitattu 16.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://web-s-ebSCOhost-com.libproxy.tuni.fi/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzI0NDA2OT-RfX0FO0?sid=48c43b5f-96bb-4ac2-b500-985a07c4b04a@redis&vid=0&format=EB&rid=1>

Chen, J. & Ilyushina, M. 2023. Drone strikes, sabotage, shelling: Russia's war on Ukraine comes to Russia. The Washington Post. Verkkosivu. Viitattu 26.2.2023 <https://www.washingtonpost.com/world/2023/03/21/ukraine-war-russian-soil/>

FAA. n.d.a. Chapter 14 Human Factors. Federal Aviation Administration. Pdf-dokumentti. Viitattu 10.4.2023. [https://www.faa.gov/files/gslac/courses/content/258/1097/AMT\\_Handbook\\_Addendum\\_Human\\_Factors.pdf](https://www.faa.gov/files/gslac/courses/content/258/1097/AMT_Handbook_Addendum_Human_Factors.pdf)

FAA. n.d.b. Chapter 10 ICING. Federal Aviation Administration. Pdf-dokumentti. Viitattu 10.4.2023. [https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory\\_circular/ac%2000-6a%20chap%2010-12.pdf](https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac%2000-6a%20chap%2010-12.pdf)

Fahlström, P. & Gleason, T. 2012. Introduction to UAV Systems. E-kirja. 4. painos. Hoboken: John Wiley & Sons Incorporated. Viitattu 10.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/reader.action?docID=967284>

Hirsjärvi, S. Remes, P. & Sajavaara, P. 2014. Tutki ja kirjoita. 19. painos. Porvoo: Bookwell Oy

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy



Hoke, K. 2014. De-Icing: Why Are They Spraying Our Jet. NYC Aviation. Verkkosivu. Viitattu 10.4.2023. <https://www.nycaviation.com/2014/12/de-icing-spraying-jet/37326>

Jacobsen, R. Matlekovic, L. Shi, L. Malle, N. Ayoub, N. Hageman, K. Hansen, S. Nyboe, F. & Ebeid, E. 2023. Design of an Autonomous Cooperative Drone Swarm for Inspections of Safety Critical Infrastructure. Applied Sciences 13 (3), 1-26. Basel: MDPI. Verkkosivu. Viitattu 15.4.2023. <https://doi.org/10.3390/app13031256>

Kelley, A. 2022. National Transportation Safety Board Wants To Expand Drone Operations. Nextgov. Verkkosivu. Viitattu 20.3.2023. <https://www.nextgov.com/emerging-tech/2022/04/national-transportation-safety-board-wants-expand-drone-operations/366126/>

Kelluu. n.d. Intelligence from the air. Verkkosivu. Viitattu 10.2.2023. <https://kelluu.com/>

Kokkonen, Y. 2023. Kranaatteja putoaa tyhjältä taivaalta juoksuhaudaan – droonit mullistivat jo sodankäynnin, mutta pelottavammat seuraajat ovat jo tulossa. Yle Uutiset 5.1.2023. Verkkosivu. Viitattu 10.4.2023. <https://yle.fi/a/74-20011489>

Laki viranomaisen toiminnan julkisuudesta 21.5.1999/621. Viitattu 15.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990621#L6P24>

Maaz, M. 2022. How Icing Affects Aircraft. Simple Flying. Verkkosivu. Viitattu 10.4.2023. [https://simpleflying.com/how-icing-affects-aircraft/?newsletter\\_popup=1](https://simpleflying.com/how-icing-affects-aircraft/?newsletter_popup=1)

MarketLine. 2022. MarketLine Industry Profile Global Drones. Pdf-dokumentti. Ipswich: EBSCO. Viitattu 20.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://web-p-ebscohost-com.libproxy.tuni.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=97c84f77-0989-4c5e-8f56-c9dcee8490b1%40redis>

McFadden, C. 2020. 9 Military Spin-Off Technologies We Use Almost Everyday. Interesting Engineering. Verkkosivu. Viitattu 20.3.2023. <https://interestingengineering.com/innovation/9-military-spin-off-technologies-we-use-almost-everyday>

McKenna, J. 2022. Investment in drone inspections starts to pay off for MRO OPS. AEROSPACE TechReview. Verkkosivu. Viitattu 8.4.2023. <https://www.aerospacetechreview.com/investment-in-drone-inspections-starts-to-pay-off-for-mro-ops/>

Mohsan, S. Othman, N. Li, Y. Alsharif, M. & Khan, M. 2023. Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues and future trends. Pdf-dokumentti. Cham: Springer-Verlag. Viitattu 20.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://doi.org/10.1007/s11370-022-00452-4>

Musci, M. Mazzara, L. & Lingua, A. 2020. Ice Detection on Aircraft Surface Using Machine Learning Approaches Based on Hyperspectral and Multispectral Images. *Drones* 2020 4(3). Basel: MDPI. Viitattu 12.4.2023  
<https://doi.org/10.3390/drones4030045>

National Transportation Safety Board. 2002. Loss of Control and Impact with Pacific Ocean Alaska Airlines Flight 261 McDonnell Douglas MD-83. Pdf-dokumentti. Viitattu 30.3.2023. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR0201.pdf>

Northrop Grumman. n.d. Bat Unmanned Aircraft System (UAS). Verkkosivu. Viitattu 20.3.2023. <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/air/bat-uas/>

O'Malley, D. n.d. The Mother of All Drones. Vintage Wings of Canada. Verkkosivu. Viitattu 10.3.2023. <https://www.vintagewings.ca/stories/mother-of-all-drones>

Pietersen, R. Beauregard, M. & Einstein H. 2022. Automated method for airfield pavement condition index evaluations. *Automation in Construction* Volume 141. Amsterdam: Elsevier. Viitattu 15.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104408>

Polmar, N. 2019. An Early Pilotless Aircraft. *Naval History Magazine* 33 (4). Viitattu 28.2.2023. <https://www.usni.org/magazines/naval-history-magazine/2019/august/early-pilotless-aircraft>

Ruotsalainen, H. 2020. Miehitämättömien ilma-alusten lyhyt historia 1849–2020. *Ilmatorjunta aselajin järjestö- ja ammattilehti* 2/2020, 1-33. Viitattu 10.3.2023. [https://bin.yhdistys-avain.fi/1601152/zGcU3RCBkyNJa9tVURwv0YQYT7/Ilmatorjunta\\_2\\_2020.pdf](https://bin.yhdistys-avain.fi/1601152/zGcU3RCBkyNJa9tVURwv0YQYT7/Ilmatorjunta_2_2020.pdf)

SKYbrary. n.d.a. Aircraft de/anti-icing. Verkkosivu. Viitattu 10.4.2023. <https://www.skybrary.aero/articles/aircraft-ground-deanti-icing>

SKYbrary. n.d.b. Ice and Rain Protection. Pdf-dokumentti. Viitattu 10.4.2023. <https://www.skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/4452.pdf>

Terwilliger, B., Ison, D., Robbins, J. & Vincenzi, D. 2019. *Small Unmanned Aircraft Systems Guide: Exploring Designs, Operations, Regulations, and Economics*. E-kirja. 1. painos. Seattle: Aviation Supplies & Academics Inc. Viitattu 20.3.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/reader.action?docID=5631327#>

Tukiainen, J. 2018. Drone vai drooni? *Kielenhuollon tiedotuslehti* 3/2018. Viitattu 26.1.2023. <https://www.kielikello.fi/-/drone-vai-drooni->

Traficom. 2021. *ASM-Toimintakäsikirja – Ilmatilan joustavan käytön menetelmät*. Liikenne ja viestintävirasto Traficom ja Ilmavoimien esikunta. Pdf-dokumentti. Viitattu 30.3.2023. <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/ASM-Toimintak%C3%A4sikirja%202.0%20Lausuntokierrokselle.pdf>

Traficom. 2022. Drone ja sen toiminnot – miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien yleistuntemus. Verkkosivu. Viitattu 26.1.2023.

<https://www.droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/drone-ja-sen-toiminnot-miehittamattomien-ilma-alusjarjestelmien-yleistuntemus?toggle=Mik%C3%A4%20on%20drone%3F>

US. Air Force. n.d. MQ-9 Reaper Fact Sheet. Verkkosivu. Viitattu 26.1.2023

<https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104470/mq-9-reaper/>

Villeneuve, E. Karmouch, E. Boulerice, X. 2022. Development of a small and transportable de-icing/anti-icing drone-mounted system. Ottawa: Canadian Science Publishing. Pdf-dokumentti. Viitattu 12.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.1139/dsa-2022-0013>

Vision Aerial. 2021. How to Use Drones for Search and Rescue. Verkkosivu.

Viitattu 20.3.2023. <https://visionaerial.com/how-to-use-drones-for-search-and-rescue/>

## LIITTEET

Liite 1. Traficomien miehittämättömän ilmailu -tiimin haastattelu

### Traficomien haastattelu 14.2.2023

Traficom eli Liikenne- ja viestintävirasto on suomessa muun muassa ilmailussa se viranomaisena, joka käsittelee lupa- ja rekisteriasiat sekä valvoo, että ilmailussa toimitaan määräysten ja säädösten mukaisesti.

**Haastateltava:** Traficomien miehittämättömän ilmailun tiimi

**Litteroija:** Toivo Tauriainen-Koper

**Käytetäänkö droneja tai miehittämättömiä ilma-aluksia lentokenttäalueella tai lentokoneiden huoltotöiden yhteydessä, kuinka laajasti?**

*”Kysymyksesi on mielenkiintoinen, mutta jos lennätys tapahtuu Avoin kategorian ehdoin, Traficomille ei tarvitse ilmoittaa minkälaista toimintaa dronella harjoitetaan eikä meillä näin ollen ole tietoa alla mainitsemistasi asioista”*

Liite 2. Fintraffic Lennonvarmistus Oy:n haastattelu

## Fintraffic Lennonvarmistus Oy:n haastattelu 17.2.2023

Fintraffic vastaa Suomessa maalla, merellä ja ilmassa liikenteenohjauksen sekä -hallinnan palveluista

**Haastateltava:** Fintrafficin Lennonvarmistus Oy:n edustaja

**Litteroija:** Toivo Tauriainen-Koper

**Käytetäänkö droneja tai miehittämättömiä ilma-aluksia lentokenttäalueella tai lentokoneiden huoltotöiden yhteydessä, kuinka laajasti?**

*"Terve, sain oheisen viestisi. Kiitos yhteydenotostasi ja mielenkiinnosta ilmailua kohtaan. Lentoaseman alueella tapahtuva toiminta on vahvasti lentokenttätoimijan vastuualueelle ja pyytäisinkin sinua olemaan suoraan yhteydessä Finaviaan, joka operoi suurinta osaa Suomen lentokentistä." Lisäksi yrityksen edustaja totesi loppuun, että aihe on hyvin ajankohtainen.*

Liite 3. Lentokoneita huoltavan yrityksen edustajan haastattelu 1(2)

## Lentokoneita huoltavan yrityksen haastattelu 15.3.2023

Yrityksen vastuulla on ilma-alusten huolto- ja korjaustoiminnan suorittaminen laadukkaasti määräysten ja säädösten mukaisesti.

**Haastateltava:** Lentokoneita huoltavan yrityksen edustaja

**Litteroija:** Toivo Tauriainen-Koper

### **Käytetäänkö huoltotoiminnassanne droneja apuna työtehtävissä?**

*”Ei tällä hetkellä. Selvitämme dronejen käyttämisen mahdollisia hyötyjä parhailaan (miestyötuntien säästö, tarkastuksien parempi laatu, automaatio vauriokarttoihin jne.)”*

### **Jos käytetään, niin minkälaisiin tehtäviin?**

*”Potentiaalisia käyttökohteita, hyvin alustavia ajatuksia:*

- Lightning strike inspections*
- Damage chart automation*
- Painting condition inspection*
- Marking inspections*
- Damage evaluation / measurement?*
- Composite damages?*
- Towing assistance?*
- Washing quality inspections?”*

### **Mitä hyötyä droneilla teidän organisaatiossanne saavutettaisiin?**

*”Suurimmat hyödyt olisivat miestyötuntien säästö tarkastuksissa, tarkastuksien parempi laatu ja luotettavuus; human factor poistuisi tarkastuksista”*

### Liite 3. Lentokoneita huoltavan yrityksen edustajan haastattelu 2(2)

**Kauanko lentokoneen ulkopuoliseen visuaalitarkastuksen tekemiseen menee yleensä aikaa?**

*"Riippuu tarkastuksesta. Suurin säästöpotentiaali vaikuttaisi alustavasti olevan salamavauriotarkastuksissa (lightning strike inspections), joihin menee 10-20 tuntia per lentokone"*

**Mitä pitäisi kehittää, jotta droneja voitaisiin käyttää apuna huoltotoiminnassa?**

*" - Tarkastuksien luotettavuuden pitää olla hyvä*

*-Tarkastussoftan integrointi MRO:iden tuotannonohjausjärjestelmiin*

*-Jos droneilla pystyisi tekemään visuaalisten tarkastuksien lisäksi tarkempia vauriotarkastuksia, esim komposiitteihin, niin käyttöä ja hyötyjä voisi olla enemmän"*

**Drone palveluita tarjoavat yritykset markkinoivat, että aikaa säästyisi tarkastuksissa jopa 90 %, onko tämä teidän mielestänne luotettava arvio?**

*"Alustavasti vaikuttaa mahdolliselta ainakin salamatarkastuksien suhteen. Riippuu toki paljon siitä paljonko dronetarkastuksiin oikeasti menee aikaa, kuinka luotettavia ne ovat erilaisissa olosuhteissa ja paljonko ne vaativat ihmisen jälkikäsitelyä ja kuvien tulkintaa. Jos vaurioiden löytäminen on luotettavaa ja automatisoitua, eikä ihmisen tarvitse tarkastaa kuvia, niin 90 % säästö on*