

Miska-Matias Kilpinen

ESISELVITYS DRONE-KESKUKSESTA PYHTÄÄN LENTOKENTÄLLE

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Logistiikka

2021



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkintonimike	Aika
Miska-Matias Kilpinen	Insinööri (AMK)	2021
Opinnäytetyön nimi		
Esiselvitys drone-keskuksesta Pyhtään lentokentälle		50 sivua
Toimeksiantaja		
Redstone Aero Oy		
Ohjaaja		
Suvi Johansson		
Tiivistelmä		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia esiselvitys drone-keskuksesta Pyhtään lentokentälle. Tutkimusongelmana oli selvittää, millaisia toimenpiteitä drone-keskuksen kehittäminen vaatii ja miten lentokenttäoperaattorin tulee ottaa huomioon drone-toimijat. Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa miehittämättömästä ilmailusta ja niihin liittyvistä toiminnoista kansainvälisen vertailuanalyysin (benchmarking) avulla.</p> <p>Tutkimus toteutettiin laadullisena tutkimuksena ja aineisto kerättiin fokusryhmähaastattelulla työpajassa, joka pidettiin Pyhtään lentokentällä Tech Runway -ilmailutapahtumassa. Haastatteluaineisto perustuu drone- ja ilmailualan sekä muiden niihin liittyvien toimintojen asiantuntijahaastatteluihin.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa taustoitetaan tutkimusta tarkastelemalla drone-logistiikan käytötapauksia, muiden drone-keskusten toimintaa, ilmailulainsäädäntöä miehittämättömien ilma-alusten osalta sekä tulevaisuuden ilmaliikennettä. Työn toimeksiantajana toimi Redstone Aero Oy.</p> <p>Esiselvityksen tuloksista saatiin selville, että drone-keskusta kehitettäessä tulee ottaa huomioon erilaiset lentokentän sidosryhmät ja lentokenttärakenteet, joihin miehittämätön ilmailu sekä muut siihen liittyvät toiminnot tulevat tukeutumaan. Drone-keskus vaatii toimiakseen erilaisia teknisiä ja sosiaalisia rakenteita, joista teknisiä ovat rakennukset, niiden toimitilat, oma kiitotie droneille ja sen toimintaympäristö sekä 5G-tietoliikenneyhteydet. Sosiaalisia rakenteita olisivat erilaiset palvelut kuten lennonvarmistuspalvelut, drone-kaluston säilytys- ja huoltopalvelut, matkailu- ja elämyspalvelut kuten drone-puisto laitemyymälöineen ja testausmahdollisuuksineen. Muita sidosryhmiä drone-keskus palvelisi koulutus- ja tapahtumatoiminnallaan sekä tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnalla.</p> <p>Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tukeutumisaikatarve miehittämättömälle ilmailulle on tunnistettu ja sitä koskeva sääntelykehys on muuttumassa selkeämmäksi. Drone-tekniikan kehittyessä ne tulevat olemaan osa logistiikkaketjua ja ne vähentävät osaltaan päästöjä siirtämällä tavarankuljetukset taivaalle. Pyhtään lentokenttä ja sen tuleva drone-keskus sijaitsee Suomen suurimpien satamien lähistöllä ja merkittävällä logistiikkavyöhykkeellä, josta on lyhyt matka pääkaupunkiseudulle.</p>		
Asiasanat		
dronit, miehittämätön ilma-alus, logistiikka, ilmakuljetus		

Author (authors)	Degree	Time
Miska-Matias Kilpinen	Bachelor of Engineering	2021
Thesis title		
A preliminary study of a drone hub at the Pyhtää Airport		50 pages
Commissioned by		
Redstone Aero Oy		
Supervisor		
Suvi Johansson		
Abstract		
<p>The purpose of this thesis was to make a preliminary study of a drone hub at the Pyhtää Airport. The research problem was to find out what kind of actions the development of the drone hub requires and how the airport operator should consider drone operators. The aim of the thesis was to collect information on unmanned aviation and related activities through international benchmarking.</p> <p>The study was conducted as a qualitative study, and the material was collected through focus group interviews in a workshop held at the Pyhtää Airport during the Tech Runway aviation event. The interview materials are based on interviews of experts in the drone and aviation industry and other related activities.</p> <p>The theoretical part of the thesis provides background research by examining the usage cases of drone logistics, activities of other drone hubs, aviation legislation for unmanned aerial systems and future air traffic. The study was commissioned by Redstone Aero.</p> <p>The results of the preliminary study revealed that the development of the drone hub should take into account the various stakeholders and airport structures on which unmanned aviation and other related activities will rely. In order to operate, the drone hub required various technical and social structures, including buildings, their premises, a dedicated runway for drones and its operating environment, as well as 5G telecommunication connections. Social structures would include various services such as air navigation services, drone fleet storage and maintenance services, tourism and experience services such as a drone park with equipment stores, and testing facilities. The drone hub would serve other stakeholders through educational and event activities, as well as research, development and innovation activities.</p> <p>In conclusion, the need for a base for unmanned aviation has been identified and the regulatory framework is becoming clearer. As drone technology develops, drones will be part of the logistics chain and help reduce emissions by shifting freight transport to the sky. Pyhtää Airport and its forthcoming drone hub are located near Finland's largest ports and in a significant logistics zone with a short distance to the metropolitan area.</p>		
Keywords		
drones, unmanned aerial vehicle, logistics, air transport		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TUTKIMUSASETELMA	7
2.1	Aiheen valinta ja rajaus.....	7
2.2	Työn tavoite ja tutkimusongelma	8
2.3	Tutkimusmenetelmät	9
2.3.1	Fokusryhmähaastattelu.....	10
2.3.2	Sisällönanalyysi	10
2.4	Viitekehys	11
3	KULJETUSLOGISTIIKKA MIEHITTÄMÄTTÖMILLÄ ILMA-ALUKSILLA.....	13
3.1	Miehittämätön ilma-alus.....	15
3.1.1	Multi- ja yksiroottorinen drone.....	15
3.1.2	Kallistuvasiipinen drone	17
3.1.3	Kiinteäsiipinen drone.....	17
3.1.4	Kiinteäsiipinen hybridi VTOL-drone	19
3.2	Käyttötapauksia	20
3.3	Drone-testialueet maailmalla	22
4	LOGISTIIKAN JA SIJAINNIN MERKITYS ILMA-ALUSTEN TOIMINNASSA.....	24
4.1	Raideliikenne ja satamat.....	25
4.2	Lentoliikenne ja ilmailukeskukset.....	26
4.3	Tulevaisuuden ilmaliikenne Suomessa.....	28
4.4	Lentokäytävät	29
5	MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN LENNÄTTÄMISEEN LIITTYVÄT ASIAT ...	29
5.1	Ilmailumääräykset Suomessa.....	30
5.2	EU-dronesäännöt.....	31
6	REDSTONE AERO OY	33
7	TUTKIMUKSEN FOKUSRYHMÄHAASTATTELU	34
8	DRONE-KESKUKSEN KEHITTÄMINEN	37

8.1	Drone-toimijat	38
8.2	Lennonvarmistuspalvelut	38
8.3	Tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta	39
8.4	Verkkoyhteydet.....	40
8.5	Lentoliikenne, toiminta-alue ja logistiikka.....	41
8.6	Koulutus- ja tapahtumatoiminta	41
8.7	Matkailu- ja turistipalvelut	42
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	43
10	POHDINTA JA TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS	45
	LÄHTEET.....	47

1 JOHDANTO

Lentoliikenne on merkittävä tekijä Suomen kansainväliselle kilpailukyvyille ja on tärkeä osa tehokasta ja toimivaa liikennejärjestelmää. Lentokentät ovat suuria aluetalouden moottoreita ja lentoliikenteen osuus Suomen bruttokansantuotteesta on 3,2 %. (Tietoa lentoliikenteestä s.a.) Ilmaliikenne on kuitenkin murroksessa, sillä ilmailuala kasvaa nopeasti ja Euroopan talousalue on sitoutunut hiilineutraaliin kasvuun vuoden 2020 jälkeen (Niemistö ym. 2019, 3). Ilma-alusten teknologinen kehitys voi rajoittaa päästöjen kasvua ja siihen tarvitaan innovaatioita, jotka tukevat tulevaisuuden ilmaliikennettä Suomessa (Niemistö ym. 2019, 33). Dronet voisivat olla osana tulevaisuuden ilmailua niin henkilöliikenteen kuin tavaraliikenteen ja logistiikan puolella, sillä niistä halutaan tehokasta, päästötöntä ja asiakaslähtoisempää (Mäntynen 2020).

Tämä opinnäytetyö on tutkimuslähtöinen, ja sen aiheena on esiselvitys dronekeskuksesta Pyhtään lentokentälle. Tutkimus rajataan Pyhtään lentokenttään. Opinnäytetyön tavoitteena on kerätä monipuolista tietoa miehittämättömästä ilmailusta, sillä dronet ja niihin liittyvä toiminta on varsin uutta ja kartoittamatonta. Aihetta on tärkeää tutkia, koska sillä on suuri yhteiskunnallinen merkitys, ja droneille povataan merkittävää roolia tulevaisuudessa. Toimiakseen muun lentoliikenteen kanssa dronet tarvitsevat älykkäitä ohjausjärjestelmiä ja yhteisiä toimintasääntöjä, jotka ovat paljolti vielä kehitteillä. Dronet ovat myös osana hanketta, jonka tarkoituksena on elävöittää Pyhtäätä, ja Pyhtäälle on perustettu lentokenttä, jossa dronejen toimintaa pilotoidaan. Lentokentästä halutaan tulevaisuuden lentokenttäkonsepti, jossa kehitetään uuden ajan ilmaliikennettä.

Työn alussa esitellään tutkimuksen lähtökohdat ja tutkimuskysymykset sekä se, millä tutkimusmenetelmällä niihin saatiin vastaukset (luku 2.3.1). Opinnäytetyön teoriaosassa tarkastellaan kuljetuslogistiikkaa miehittämättömillä ilma-aluksilla ja niiden käyttötapauksia, muiden drone-keskusten toimintaa, lainsäädäntöä ja tulevaisuuden ilmailua sekä lentoasemien ja logististen alueiden vaatimuksia (luvut 3,4 ja 5). Teorian jälkeen opinnäytetyö esittelee toimeksiantajan ja sitä seuraa Pyhtään lentokentän taustoja ja kehitystä esittelevä osuus (luku 6). Tutkimuksen toteutuksessa paneudutaan tutkimushaastatteluista

saatuihin tuloksiin, jonka jälkeen arvioidaan tutkimuksen onnistumista, esitellään johtopäätökset ja pohditaan työn luotettavuutta.

2 TUTKIMUSASETELMA

Tutkimusasetelma on suunnitelma siitä, mitä opinnäytetyössä aiotaan tehdä, ja se toimii koko tutkimusprosessin runkona. Tutkimusasetelmassa tutkimusongelmasta johdetaan tutkimuskysymys ja se, miten ongelma ratkaistaan. Se käsittää tutkimusmenetelmät, aineiston keräyksen ja aineiston analyysimenetelmät. (Kananen 2015, 85.) Viitekehyksessä avataan teoreettisia viitekehkyksiä tutkittavista käsitteistä ja niiden merkityksistä tutkimukselle.

2.1 Aiheen valinta ja rajaus

Kanasen (2015, 35) mukaan opinnäytetyön aihevalinta kannattaa tehdä aikaisemman osaamisen perusteella ja siten, että opinnäytetyö liittyy opiskelijan pääaineen aihealueeseen. Ei ole kuitenkaan kiellettyä tehdä opinnäytetyötä aiheesta, jota ei ole opiskellut, mutta valinnasta saattaa koitua lisätyötä. Aihevalintaan vaikuttavat muutkin tekijät, kuten mielenkiinto aihetta kohtaan tai sen merkitys alalle tai itselle.

Aiheen löytymisen jälkeen sitä on useimmiten rajattava, mutta saattaa olla ongelmallista, miten tarkka tutkittavan aiheen tulee olla. Varsinkin kvalitatiivinen tutkimus vaatii joustoa, kun tutkimukselle asetetaan tutkimusongelmat. Kyseinen tutkimustapa valitaan lähtökohdaksi sen takia, että liikutaan suhteellisen kartoittamattomalla ja ennakoimattomalla alueella. (Hirsjärvi ym. 2010, 81.)

Opinnäytetyön aiheen määrittämiseen meni aikaa noin puoli vuotta. Aluksi etsin aikaisemmista kesätyöpaikoista sopivia ja itseäni kiinnostavia aiheita, mutta niitä ei ollut saatavilla. Kielteisten vastausten jälkeen päädyin kartoittamaan sopivia opinnäytetyön aiheita koululta ja opettajilta, jolloin vastaan tuli Drone-hanke, tarkemmin sanoen vähähiilisyttä tukevat drone-palveluratkaisut Etelä-Suomessa. Kyseinen hanke sytytti välittömästi mielenkiinnon, vaikka drone-aihe ei ollut kovin tuttu ja sitä oli käsitelty kouluaikana vain pintapuolisesti. Hankkeessa oli mukana työn toimeksiantaja Red Stone Aero Oy, jolta sainkin hyvät lähtökohdat tutkimuksen suorittamiselle. Aihe on valittu siksi,

että sillä on suuri merkitys toimeksiantajalle lentokentän kehittämissuunnitelmien tueksi ja ilmailukeskuksen yhdeksi tulevaksi osaamisalueeksi. Droneihin perustuva kuljetuslogistiikka on uusi aihe, jota ei vielä juurikaan kartoitettu ja sillä on paljon uutuusarvoa. Oma motiivi aiheen valinnalle on kiinnostus ilmailulogistiikkaa kohtaan ja uuden kuljetusmuodon sekä miehittämättömän ilmailukeskuksen tarpeellisuuden kartoittaminen.

Opinnäytetyö rajataan Pyhtään lentokenttään, ja siinä käsitellään drone-kuljetuksia logistisesta näkökulmasta unohtamatta sijainnin merkitystä ja nykytietoa drone-lainsäädännöstä. Haastavaa oli se, että aiheesta ei ollut saatavilla paljoa laadukasta tietoa, sillä tutkittava aihe on verrattain uusi. Tiedonhaku alkoi tutkimuksien ja tieteellisten artikkelien etsinnällä sekä hankkeeseen liittyviin työpajoihin ja drone-webinaareihin osallistumalla. Hyvä puoli oli se, että kaikki tieto mikä oli käytettävissä, oli kohtalaisen tuoretta. On kylläkin olemassa kirjallisuutta logistiikkakeskuksista tai -alueista ja niissä luokitellaan erilaisia logistiikka-alueita ja niiden sijainnin merkitystä sekä niiden toimintaa. Ne olivat hyvä pohja opinnäytetyölle, mutta koska vastaavia drone-keskuksia on olemassa melko vähän, opinnäytetyössä kartoitetaankin sellaisen tarpeellisuutta ja perustamista sekä sitä, mitä se vaatii lentokenttäoperaattorilta.

2.2 Työn tavoite ja tutkimusongelma

Työn tavoitteena on kerätä monipuolista tietoa miehittämättömän ilmailun toiminnasta, jotta toimeksiantaja pystyy hyödyntämään sitä drone-keskuksen kehittämisen tukena. Aineistoa tullaan keräämään työpajoista, webinaareista ja haastatteluista liittyen miehittämättömän ilmailun tarpeisiin ja drone-toiminnan kehittämiseen. Koska tutkimusongelma ohjaa koko opinnäytetyön etenemistä, sen täytyy olla ratkaistavissa. Jotta tutkimusongelmaan saadaan vastauksia, on syytä keskittyä aineiston saantiin, aihealueen tuntemukseen ja ongelman ratkaistavuuteen. (Kananen 2015, 41.)

Suurimpia haasteita aineiston saannissa tulisivat olemaan rajallinen tieto verrattain uuden aiheen kartoittamisessa sekä suuressa murrosvaiheessa oleva toimintaklusteri, sillä varsinkin saatavilla oleva lainsäädännöllinen tieto muuttuu nopeasti ja ilma-alusten tyypit ja luokittelut ovat vielä melko keskeneräisiä.

Erilaisten tutkimusmenetelmien avulla pyritään löytämään tutkimusongelmiin vastaukset, joten siksi työlle asetettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

- Millaiset ovat drone-keskuksen kehittämisenäkymät Pyhtään lentokentälle?
 - Mitä palveluita lentokenttäoperaattori voisi tarjota drone-toimijoille?

2.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmät ovat keino ratkaista tutkimusongelma. Tutkittavan ongelman luonne määrää tutkimusmenetelmän valinnan. (Kananen 2015, 64–65.) Koska tutkimuksella on aina jokin tarkoitus, se ohjaa valintaa, jolla tutkimus tehdään. Tutkimusstrategiaa siivittää yleensä lähtökohdat: Mikä on tutkimusongelman muoto? Onko se kartoittava tai vai etsiikö se selitystä ongelmaan? (Hirsjärvi ym. 2010, 137–138.)

Tähän tutkimukseen valittiin kvalitatiivinen tutkimusmuoto. Hirsjärven ym. (2010, 161) mukaan lähtökohtana kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa on todellisen elämän kuvaaminen. Tätä pohdin tutkimussuunnitelmaa laatiessani, mutta oli alusta asti selvää, että työn luonne on laadullinen tutkimus. Valintaa myös ohjasi se, että aihetta on tarkoitus tutkia kartoittavasti, eli etsitään uusia näkökulmia ja selvitetään vähän tunnettua aihealuetta (Hirsjärvi ym. 2010, 138).

Opinnäytetyön kvalitatiivinen aineisto kerätään työpajatutkimuksesta ja sen tuloksista. Työpaja toteutetaan fokusryhmähaastatteluna. Työpajatutkimukseen on luotu alusta ja esitelty työpajan teema, jossa hahmotellaan toimintakeskukseen tulevia toimintoja, ja siellä mietitään, mitkä asiat edistäisivät drone-toimintaa Pyhtään lentokentällä. Työpaja on yksi tapahtumakonsepti osana Pyhtään lentokentällä järjestettävää Tech Runway -tapahtumaa syksyllä 2020, jossa esitellään tulevaisuuden ilmailuteknologioita sekä tulevaisuuden ilmailiikennettä Suomessa.

2.3.1 Fokusryhmähaastattelu

Fokusryhmähaastattelu laadullisen tutkimuksen menetelmänä on sellainen, jossa haastattelija ylläpitää ryhmäkeskustelua aiheen ympärillä. Tätä tutkimustapaa käytetään silloin, kun tutkittavaan aiheeseen tarvitaan monipuolista, arvokasta aineistoa, jota ei muilla tutkimusmenetelmillä olisi saatavilla. Työpajan tehtävä on saada esille erilaiset mielipiteet ja näkökulmat tutkittavasta aiheesta. Fokusryhmähaastattelu tallennetaan ja litteroidaan, minkä jälkeen kerätty aineisto analysoidaan ja esitetään teoreettisina malleina tai teemaluokituksina. Tutkittavat henkilöt on kutsuttu sillä perusteella, että he pystyvät tuomaan tutkittavaan aiheeseen mahdollisimman paljon erilaisia näkökulmia. (Mäntyranta & Kaila 2008, 1507–1513.)

Fokusryhmähaastattelumenetelmä valittiin työpajaan, koska siinä saadaan tietoa ja käytännön kokemuksia haastateltavilta. Tutkittavassa joukossa oli eri lähtökohdista olevia drone- ja ilmailualan tai muita siihen liittyvien toimintojen asiantuntijoita, joiden oletettiin osallistuvan aktiivisesti avoimeen ideointiin työpajassa. Haastateltavat kutsuttiin kirjeitse etukäteen osallistumaan työpajaan varsinaisen muun tapahtuman ohessa ja osallistuminen siihen oli vapaaehtoista. Työpajan tarkoitus oli saada ajatuksia drone-keskuksen kehittämiseen.

2.3.2 Sisällönanalyysi

Kvalitatiivisen aineiston analyysissä ja tulkinnessa ei ole yhtä ehdotonta tai parempaa tekniikkaa kuin jokin toinen. Kaikissa laadullisissa tutkimuksissa voidaan kuitenkin käyttää perusanalyysimenetelmää eli sisällönanalyysiä. Sitä voidaan pitää yhtenä teoreettisena kehyksenä tai yksittäisenä tutkimusmetodinä, joka johtaa erilaisiin analyysikokonaisuuksiin. Sisällönanalyysi sisältää useita eri vaiheita kuten päätöksen tekemisen siitä, mikä aineistoissa on kiinnostavaa, aineiston läpikäyminen ja sen litterointi huomioiden omat kiinnostuksen kohteet, erilaisten kokonaisuuksien erottelu luokittelemalla, teemoittelulla tai tyypittelyllä ja lopuksi yhteenvedon kirjoittaminen saadusta aineistosta. Jos aineisto on kerätty teemahaastattelulla, on aineiston erottelu suhteellisen selkeää, koska vastauksista saadut teemat muodostavat jäsentelyn aineistoon. Tässä opinnäytetyössä käytetään aineiston teemoittelumenetelmää. Kun aineistoa käydään läpi, asiat ryhmitellään niihin liittyvän ai-

heen mukaisesti ja siten on mahdollista vertailla erilaisten asioiden esiintyvyyttä aineistossa. Alustava ryhmittely luo mahdollisuuden teemoitella saatu aineisto. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 91–93.)

Teema ja teemoittelu ei ole kuitenkaan yksiselitteistä. Teema on yleensä jokin aihe tai piirre, joka nousee toistuvasti analysoitavasta aineistosta ja joka on yhteneväinen muiden haastateltavien kesken. Pitää muistaa, että ne saattavat pohjautua annettuun lähtökohtateemaan, mutta sen lisäksi nousee tavallisesti esiin lähtökohtateemaakin mielenkiintoisempia teemoja. On kuitenkin erittäin epätodennäköistä, että haastateltavat antaisivat täsmälleen saman näkökulman asiaan, vaikka näkemykset luokitellaan helposti samaan luokkaan. (Hirsjärvi & Hurme 2001, 173.)

Tätä opinnäytetyötä ohjasi teoriaohjaava sisällönanalyysi, jossa teoreettiset käsitteet otetaan valmiina. Analyysin aikana ajattelua ohjaavat hankittu aineisto ja olemassa oleva teoriatieto. Analyysi etenee aineiston ehdoilla, sillä tieteellisen tiedon ja saadun tutkimustiedon arviointi ja hyödyntäminen johdetaan empiirisestä tiedosta, joka taas on tieteelliseen tietoon perustuvaa. (Sarajärvi & Tuomi 2009, 117–119.) Analyysi laaditaan aineiston perusteella, mutta siinä tehdyt havainnot yhdistetään teoriaan.

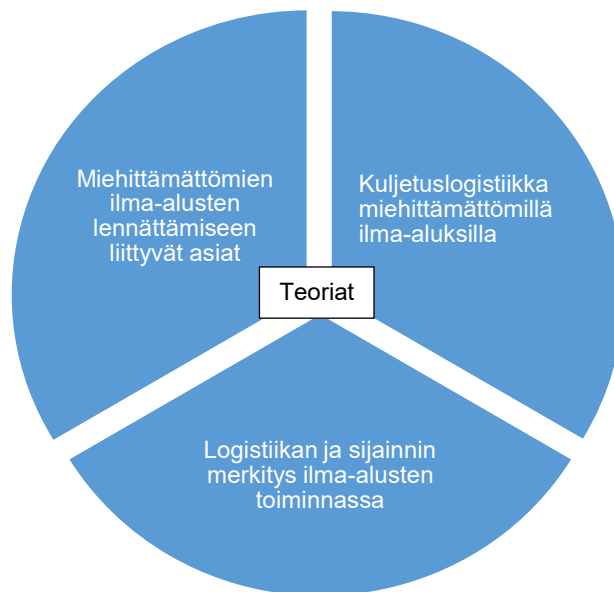
2.4 Viitekehys

Kananen (2015, 112) toteaa, että ”teoriaosa eli viitekehys valitaan niin, että se liittyy tutkimusongelmaan. Lähdekirjallisuuden pitää olla monipuolista, mahdollisimman uutta ja osaksi myös vieraskielistä (esim. englanninkielistä).”

Painettua lähdekirjallisuutta ei tämän opinnäytetyön teemasta juurikaan löydy ilmiön suhteellisen uutuuden takia, mutta elektronisista lähteistä tieteellisiä artikkeleita ja tutkimuksia löytyy jonkin verran. Työpajan tulokset ovatkin tärkeässä asemassa aineistonkeruumenetelmänä. Tässä opinnäytetyön teoriassa käytetään benchmarking-tyyppistä vertailevaa analyysiä, joka tarkoittaa oman toiminnan vertaamista toisten toimintaan eli useimmiten parhaaseen vastaavaan käytäntöön. Vaikka perusidea on oman toiminnan vertaaminen muiden toimintaan, tarkoitus ei ole kopioida muiden toimintatapoja. (Hotanen ym. 2001, 7–8.)

Opinnäytetyössä kartoitetaan, mitä toimintoja tai palveluita drone-keskus voisi sisältää ja miten ne tulisi lentokentällä toimimaan. Näitä asioita tarkastellaan aiheeseen liittyvien tieteellisiin tutkimuksiin ja artikkeleihin pohjautuen. Kirjallisuuden lisäksi tieteelliset tutkimukset ja artikkelit ovat hyvää lähdemateriaalia (Kananen 2015, 112).

Tutkimuksen ymmärtämisen kannalta on merkityksellistä, että tutkimuksen olennaiset teoriat olisi kuvattu havainnollisen kuvion tai kaavion avulla (Sara-järvi & Tuomi 2009, 156). Tässä opinnäytetyössä on käytetty teoreettisen viitekehysen kuvaa, jossa teoriat on jäsennellyt osa-alueisiin. Työssä edetään teemojen mukaisessa järjestyksessä kellotaulun mukaisesti kuvassa 1 merkityllä tavalla. Teoriaosan sisältö on sijoitettu kuvaan 1, ja sillä halutaan selittää tutkittavaa aihetta. Ne tukevat ilmiötä selittävinä teorioina ja malleina (Kananen 2015, 112).



Kuva 1. Opinnäytetyön viitekehys

3 KULJETUSLOGISTIIKKA MIEHITTÄMÄTTÖMILLÄ ILMA-ALUKSILLA

Käsite miehittämättömillä ilma-aluksilla tehtävistä tavarankuljetuksista on syntynyt vasta hiljattain. Viime vuosina lisääntynyt kiinnostus miehittämättömillä ilma-aluksilla tehtävästä tavaroiden toimittamisesta on saanut useat yritykset aloittamaan pilottiprojekteja ilmakuljetusten kaupallistamiseksi tarjotakseen kyseistä toimitusvaihtoehtoa asiakkaille. Logistiikan näkökulmasta tarkasteltuna uuden tuotekuljetustavan täytäntöönpaneminen toimitusketjun viimeisissä vaiheissa herättää kiinnostusta nykyisten liiketoimintamallien parantamisessa. (Vlahovic ym. 2017.)

Käyttötapaukset logistiikassa ovat kuitenkin vielä alkuvaiheessa. Dronet vaikuttavat olevan kuitenkin lupaavia tulokkaita logistiikan alalle ja niillä oletetaan olevan tarvetta lyhyiden toimitusmatkojen lennoissa, esimerkiksi viimeisen kilometrin, kaupunkialueiden ja harvaan asuttujen seutujen toimituksissa sekä sisälogistiikassa. Voimakas väestönkasvu kaupunkialueilla on johtanut ruuhkaisuuteen teihin, ilmansaasteisiin ja heikentänyt tavaroiden ja ihmisten liikkumista. Logistinen ongelma on myös lisääntyneen verkkokaupankäynnin suuret volyymit, jotka johtuvat varsinkin Kiinasta tilattavien tuotteiden räjähdysmäisestä kasvusta. Koska tulevaisuudessa kysynnän oletetaan olevan edelleen merkittävää, kuljetuslennokit tarjoavat mahdollisuuden kaupungeissa vähentää liikeneruuhkia siirtäen tavarankuljetukset taivaalle. (Heutger & Kückelhaus 2014, 12.)

Logistiikan alan suuryritykset kuten Amazon, DHL ja Google sekä monet muut ovat potentiaalisia tekijöitä aloittamaan kappalestavarakuljetukset droneilla. Näistä muun muassa Amazon on kehittänyt kappalestavarakuljetuksiin drone-laivueen, joiden odotetaan tekevän toimituksia suoraan jakelukeskuksista asiakkaille. Tällä hetkellä kuitenkin sääntely rajoittaa voimakkaasti niiden vapaata toimintaa ja teknologiset esteet käytännössä estävät niiden käyttöönoton. Monissa maissa niiden käyttö on kokonaan kielletty, mutta joukkoon mahtuu myös maita, joissa sääntely on löyhempää. Teknologiaa kehitetään jatkuvasti, mutta droneissa on paljon sellaista tekniikkaa, jotka kuluttavat paljon virtaa. Rajallinen akkukoko ja sen kapasiteetti vaikuttavat suoraan dronen operointiaikaan. Dronejen suurimman markkinapotentiaalin oletetaan jäävän alle 25-

kiloisiin lennokkeihin. (Murray & Chu 2015.) Ihmiset eivät vielä tänä päivänäkään ole kovin tietoisia droneista ja kehitys etenee vauhdilla kohti sitä, että niitä tullaan ottamaan käyttöön esimerkiksi säännöllisissä pakettitoimituksissa. Lähitulevaisuudessa dronejen oletetaan olevan yhtä yleisiä kuin pakettiautot ja taksit. Onkin vain ajan kysymys, milloin ilmatila täyttyy eri yritysten drone-lentueista ja missä mikäkin drone operoi eri palveluntuottajien nimissä. Tiedetään jo nyt, että drone-markkinat ovat kasvaneet rajusti vuosien varrella ja vuonna 2019 kyseisen markkina-alueen arvo oli jo 5,5 miljardia dollaria. Tämän sektorin oletetaan kasvavan 11 % vuosivauhdilla seuraavat 5–6 vuotta, minkä jälkeen markkina-arvo ylittänee 10 miljardin dollarin rajan. (Hader & Baur 2020.)

Kilpailun tiukentuessa jatkuva kehitystyö on elintärkeää ja muun muassa google-taustainen drone-toimija Wing saavutti läpimurron huhtikuussa 2019, kun se sai Yhdysvaltain liittovaltion ilmailuhallinnolta toimiluvan ilmakuljetuksiin ja dronejen käyttöön kaupallisessa toiminnassa. Vuotta aiemmin kiinalainen logistiikkayhtiö SF Express oli ensimmäinen yhtiö, joka sai Kiinan siviili-ilmailuhallinnolta kaupallisen toimiluvan viimeisen kilometrin pakettikuljetuksille. SF Expressin pahin kotimainen kilpailija Kiinassa sai saman luvan ja on nyt suorittanut jopa 250 kilometrin mittaisia toimituksia Indonesian saaristoalueilla ylittäen ylitsepääsemättömiä rajoja. (Hader & Baur 2020.)

Dronet ovatkin saaneet varsin lyhyessä ajassa niin paljon huomiota, että ne on listattu eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisussa yhdeksi yhteiskunnan toimintamalleja uudistavaksi teknologiaksi liikenteen ja tavarankuljetuksen osa-alueella. Tällä hetkellä droneja kehitetään lähinnä kysyntäpohjaisesti, mutta erilaiset akateemiset tutkimukset ja hankkeet edistävät dronejen kehitystä jatkuvasti (Linturi & Kuusi 2018, 257).

Tästä hyvä esimerkki löytyy Tanskan Odensesta. Odensen lentokentälle on perustettu miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien (UAS) testikeskus ja osaamiskeskittymä, jonka tarkoituksena on edistää drone-alan kehittymistä ja kiihdyttää drone-innovaatioiden syntymistä. Lentotoiminnalle on suotu erityislupa BVLOS-lentoihin (Beyond Visual line Of Sight), eli näköyhteyden ulkopuolella tapahtuvaan lentämiseen. Testikeskuksessa tehdään tiivistä yhteistyötä viranomaisten ja yliopistojen kanssa, ja lentotoiminta-alue käsittää 867 km²:n suuruisen alueen. (UAS Denmark s.a.)

Lisää UAS-testikeskuksia käsitellään luvussa 3.3.

3.1 Miehittämätön ilma-alus

Miehittämättömällä ilma-aluksella on paljon eri nimiä, joista yleisin on drone. Se viittaa kuitenkin sotilaalliseen kontekstiin, mutta samalla se on yleiskieleen vakiintunut kansanomaisen ilmaisu laitteesta, joka operoi maalla, merellä ja ilmassa. Sana *drone* käsittää kaikki miehittämättömät laitteet. Kirjavan nimiviihdakon keskellä on paljon muitakin termejä, kuten *miehittämättömän ilmaliikenteen järjestelmä* (Unmanned Aerial System, UAS) tai (Remotely Piloted Aircraft System, RPAS), jolla tarkoitetaan ilma-alusta ja sen käyttämiseen vaadittavaa ohjauskeskusta ja muita järjestelmän edellyttämiä osia. Tällä hetkellä sopivin termi on UAS ja se nojaa eniten Traficomin direktiiveihin. Miehittämättömästä ilma-aluksesta kuullaan käytettävän myös sanaa lennokki, joka viittaa lähinnä harraste- tai urheilutarkoitukseen käytettävää lentävää laitetta. (Traficom 2018.)

Drone on tavallisesti alle 25 kilon painoinen lentävä ilma-alus, jota ohjataan kauko-ohjaimella maasta siten, että näköyhteys säilytetään. Pienet dronet ovat halpoja ostaa ja operoida, jolloin niitä käytetään yleisimmin harraste- ja vapaa-ajan tarkoituksiin. Teknologian kehittyessä niistä on kuitenkin jalostettu eri käyttötarkoituksiin sopivia laitteita, joita ovat kiinnostuneet niin yritykset kuin muut tahot käyttämään muun muassa kaupalliseen toimintaan. Suurin kiinnostus miehittämättömien ilma-alusten käyttöön liittyy infrastruktuurin tarkastustoimintaan sekä pakettien toimittamiseen operaattorin näköyhteyden ulkopuolelle. (GAO 2019.)

3.1.1 Multi- ja yksiroottorinen drone

Drone-konetyyppejä on useita erilaisia, joista kaikilla on erilaiset ominaisuudet lentämiseen. Multiroottorisella dronella (multi-rotor drone) on helppo lentää ja sillä on hyvä saavutettavuus. Se on myös halpa drone. Huonona puolena on sen melko lyhyt käyttöaika, joka johtuu siitä, että se käyttää suurimman osan akkutehoistaan pelkästään ilmassa pysymiseen pienten roottorien pyörimisen varassa. Lisäksi se on herkkä tuulen vaikutukselle ja sen hyötykuorma on pieni. (Chapman 2016.) Kuvassa 2 on multiroottorinen drone.



Kuva 2. Multiroottorinen drone (Chapman 2016)

Yksiroottorinen drone (single-rotor drone) on entuudestaan tuttu näky, sillä se on helikopterin näköinen drone (kuva 3). Sen perässä oleva pyrstöpuomi estää sen, että se ei pääse kiertymään ympäri ja pyrstöroottorilla pystytään ohjaamaan sen suuntaa. Sillä on lähestulkoon kaikki samat ominaisuudet kuin multiroottorisella dronella, mutta yksiroottorisella dronella on parempi hyötysuhde multiroottoriseen droneen verrattuna, sillä suuremman pinta-alan omaavat roottorilavat tuottavat paremman suorituskyvyn ja tehokkuuden pienilapaiseen droneroottoriin verrattuna. Yksiroottorisella dronella pystytään kuljettamaan suuriakin hyötykuormia. (Chapman 2016.)



Kuva 3. Yksiroottorinen drone (Electricalfundablog 2020)

3.1.2 Kallistuvasiipinen drone

Tämä dronetyyppi on nimensä mukaisesti kallistuvasiipinen drone (tilt-wing drone), joka on ikään kuin hybridiversio helikopterin ja lentokoneen rakenteista (kuva 4). Siinä dronen siivet kallistuvat lentoon lähettäessä vaaka-asennosta pystyasentoon ja siivissä olevat roottorit nostavat dronen paikaltaan pystysuoraan ilmaan. Tarvittavan korkeuden saavutettuaan siivet kallistuvat takaisin vaaka-asentoon ja roottorit tai propellit tuottavat sivuttaissuuntaista työntövoimaa. Tällöin drone toimii lentokoneen tavoin. Tämä hybridirakenne mahdollistaa suuren nopeuden ja pitkäaikaisen lentokyvyn. (Cetinsoy ym. 2012.)

Tämä konetyyppi on kuin kiinteäsiipinen hybridi VTOL-drone, mutta liikkuvilla rakenteilla. VTOL (Vertical Take-Off & Landing) tarkoittaa kykyä nousta ja laskeutua pystysuoraan paikaltaan. (Chapman 2016.)



Kuva 4. Kallistuvasiipinen drone (Barnard Microsystems 2019).

3.1.3 Kiinteäsiipinen drone

Kiinteäsiipinen (fixed-wing) drone on rakenteeltaan samankaltainen kuin normaali lentokone (kuva 5). Sen ominaisuuksiin ei kuulu pystysuoraan ylösnouseminen vaan se täytyy lähettää matkaan katapultin avulla tai se tarvitsee kiihtotien lentoon lähtöä ja laskeutumista varten. Katapultilla lentoon lähtevä

drone tarvitsee laskeutuakseen verkon tai laskuvarjon, jotta se voidaan palauttaa maahan turvallisesti. Pyörillä varustettu kiinteäsiipinen drone voi laskeutua kiitotielle normaalin lentokoneen tavoin. (Chapman 2016.)



Kuva 5. Kiinteäsiipinen drone laukaistualustalla (Chapman 2016.)

Rakenteensa vuoksi kiinteäsiipinen drone on yksinkertaisin ja nopein dronetyyppi ja rakenne mahdollistaa erittäin pitkän lentoajan, joten se pystyy kattamaan toiminnallaan suurenkin alueen. Se tarvitsee kuitenkin paljon tilaa laukaisuun ja laskeutumiseen (Chapman 2016.)

3.1.4 Kiinteäsiipinen hybridi VTOL-drone

Kiinteäsiipisestä dronesta on myös hybridimalli (fixed-wing hybrid vtol), jossa lentokoneen rakenteeseen on yhdistetty leijuntaroottorit, jotka pystyvät nostamaan dronen paikaltaan ilmaan (Chapman 2016.) Tätä mallia (kuva 6) käyttää varsinkin googlen tytäryhtiö Wing, joka kehittää droneihin rahdin kuljettamiseen tarvittavaa tekniikkaa ja tekee kuljetuskokeiluita tällä konetyypillä (Heath 2018).



Kuva 6. Kiinteäsiipinen hybridi VTOL-drone (Wing käynnisti...2020)

Wing jatkoi kuljetuskokeiluita kesällä 2020 jatkokehitellyllä dronella, joka on paremmin suunniteltu Suomen kaltaisiin olosuhteisiin. Aikaisemmat kuljetuskokeilut Helsingin Vuosaarella 2019 oli rajattu pienelle asiakasryhmälle, jolle toimitettiin erilaisia ruokatuotteita. Vuoden 2020 kuljetuskokeiluissa asiakkaat saivat tilata kauppaketju Alepan tai Cafe Monamin tuotteita Vuosaaren alueella. Wingin käyttämä drone pystyy lentämään 110 km/h nopeudella maksimissaan noin 10 kilometriä. Pakettitoimituksissa drone ei laskeudu maahan, vaan se laskee lähetyksen noin seitsemän metrin korkeudelta narun päässä maahan. (Wing käynnisti...2020.)

VTOL-konetyyppi juontaa juurensa 1960-luvulle, kun brittiläinen lentokonevalmistaja Hawker Siddeley rakensi pitkän kehityksen tuloksena Harrier-hävittäjän (kuva 7), joka pystyi nousemaan ilmaan ja laskeutumaan maahan suoraan paikaltaan. Hävittäjän toimintaperiaate perustuu suihkumoottorin nopeasti tuottamaan ilmavirtaan, joka ohjataan koneen sivuille kiinnitettyihin suuttimiin luoden hävittäjälle nostetta nousta tai laskeutua paikaltaan. (Britannica s.a.) Esimerkiksi Wingin drone tuottaa pystysuuntaisen ilmavirran kahdentoista leijuntaroottorin avulla.



Kuva 7. Harrier-hävittäjä (Britannica s.a.)

3.2 Käyttötapauksia

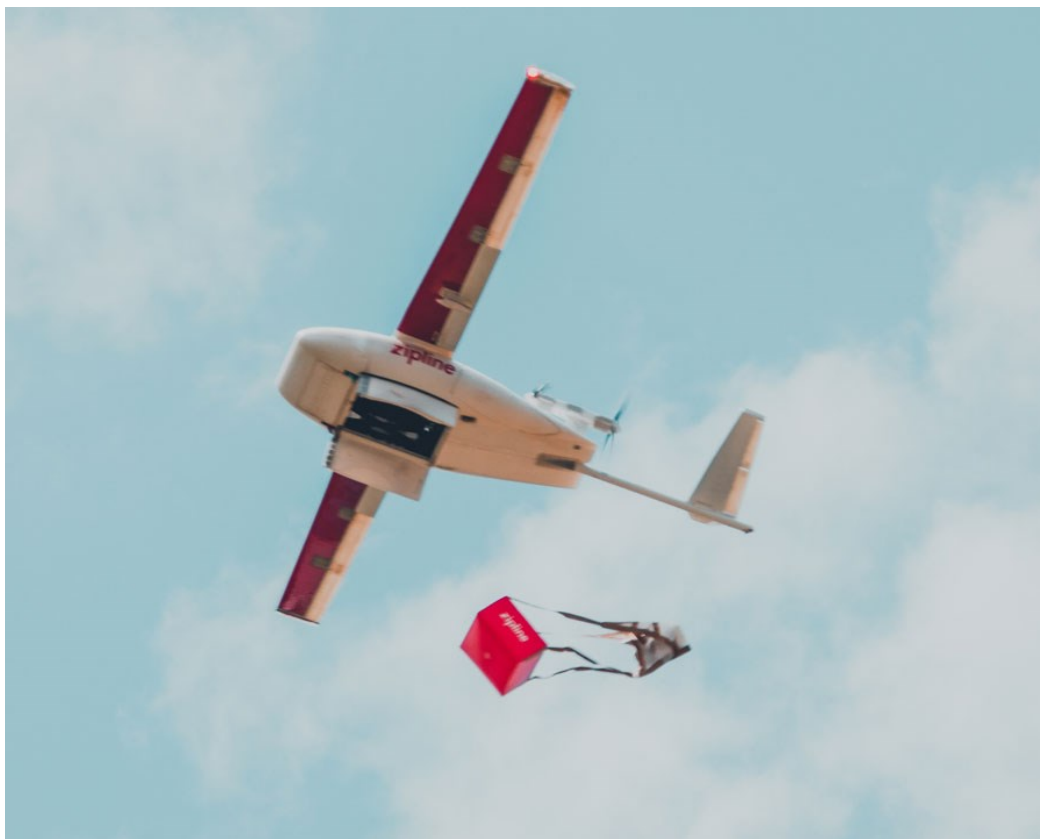
Joitakin käyttötapauksia pilotoidaan kovaa vauhtia. Esimerkiksi Audin tehtaalla Ingolstadtissa Saksassa, sisälogistiikkaan suunniteltu drone operoi autonomisesti tehtaalla kuljettaen jopa 2 kilon painoisia osia tuotantoprosesseihin 8 km/h huippunopeudella. (Hader & Baur 2020.)

Cambridgessa Englannissa, ensimmäisen tai viimeisen kilometrin toimitukseen suunniteltu kiinteäsiipinen drone toimittaa tuotteita myös täysin autonomisesti, mutta kykenee nousemaan ja laskeutumaan pystysuoraan, mikä ei ole lentokoneelle kovin tyypillistä. Sen huippunopeus on 160 km/h, lentoajan ollessa enimmillään 30 minuuttia ja kantavuuden 2,3 kiloa. (Hader & Baur 2020.)

Lääkekuljetuksia suorittava Zipline-yhtiö lentää Ruandassa ja Ghanassa harvaan asutuilla alueilla kuljettaen lääketarvikkeita sairaaloihin. Malliltaan kiinteäsiipinen drone (kuva 8) lähetetään katapultin voimalla ilmaan ja se lentää vaikeakulkuisen maaston yli vähentäen reilusti toimitusaikaa verrattuna siihen, että elintärkeitä lääkekuljetuksia tehtäisiin maateitse autolla. Tämä drone on autonominen, ja se pystyy lentämään kaikissa lento-olosuhteissa. Sen lentokyky yhdellä täyteen ladatulla akulla on lähemmäs 300 kilometriä. (Lewis 2020.)

Zipline-yhtiö on luonut drone-toimituksesta version, jossa kerrotaan vaiheittain, miten palvelu toimii käytännössä. Zipline tarjoaa asiakkailleen kolmannen osapuolen logistiikkapalvelua (3PL), joka tarkoittaa sitä, että se välivarastoi asiakkaiden tuotteet omaan varastoonsa toimitusajan lyhentämiseksi. Lisäksi yritys suorittaa tuotteiden keräilyä ja pakkaamista ja kuljettaa asiakkaiden tilaamat tuotteet perille tässä tapauksessa lentämällä. Palvelu toimii siten, että toimitusketju lähtee liikkeelle asiakkaan tuotteiden vastaanottamisesta Ziplinen omaan jakelukeskukseen. Tarpeen tullen asiakas tekee tilauksen puhelimitse, tekstiviestillä tai internet-lomakkeella. (Zipline s.a.)

Prosessi etenee tilauksen käsittelyvaiheeseen, jossa tilaus valmistellaan toimitusvalmiuteen. Koska kyseessä on lääkekuljetus, tilaukset käsitellään erittäin varovasti ja pakataan kylmäketjun vaatimuksien mukaisesti. Tämän jälkeen pakattu tilaus viedään laukaisupaikalle, josta se voidaan laukaista matkaan tarvittaessa erittäin nopeasti. Drone laukaistaan matkaan katapultilla. Toimintatapa on hieman tavallisesta poikkeava, sillä paketti tiputetaan dronesta laskuvarjolla ennalta määritettyyn paikkaan kuvan 8 mukaisesti, josta asiakkaan on helppo noutaa lähetys. Drone ei missään vaiheessa laskeudu toimituspaikkaan tai määränpäähän, vaan se on suunniteltu palaamaan takaisin lähtöpaikkaansa. (Zipline s.a.)



Kuva 8. Drone-lähetysten tiputtaminen asiakkaalle ennalta määritettyyn paikkaan (Zipline s.a.)

Palatessaan takaisin lähtöpaikkaansa, drone ohjaa itsensä kahden maston väliin, jossa on vaijeri. Vaijerin tarkoitus on napata drone kiinni siten, että dronessa oleva kiinnityskohta takertuu vaijeriin kiinni dronen lentäessä mastojen välistä. Sitten kun drone on pysähtynyt, se puretaan odottamaan uutta toimitusta. Zipline operoi usealla eri alueella ja jokainen jakelu- tai drone-keskus pystyy tekemään satoja toimituksia päivittäin suurella, yli 22 000 neliökilometrin kokoisella palvelualueella. (Zipline s.a.)

3.3 Drone-testialueet maailmalla

Miehittämättömien ilmailukenttien järjestelmien (UAS) testialueita maailmalla on Lapin (2017) mukaan 42 kappaletta, jotka ovat sijoittuneet suurimmaksi osaksi Eurooppaan ja Pohjois-Amerikkaan, mutta niitä löytyy myös Aasiasta, Australiasta ja Afrikasta. Ne ovat suurimmaksi osaksi entisiä siviili- tai militaarilentokenttiä, jotka ovat muutettu osittain tai kokonaan UAS-testialueiksi, sillä ne soveltuvat testikäyttöön jo olemassa olevan lentokenttäinfrastruktuurin ansiosta. Ilmatila on usein jo erotettu muusta tavanomaisesta lentoliikenteestä, joten niillä on tarvittavat ominaisuudet suorittaa UAS-testejä. (Lappi 2017, 27–35.)

Nämä testialueet ovat rakenteeltaan valtiollisesti tai alueellisesti hallinnoituja, yliopistojen tai muiden tutkimuslaitosten käyttämiä, valmistajien tai erilaisten yhdistysten testialueita. Osa näistä kentistä kuuluu useampaan kategoriaan edellä mainituista, koska jokaisella kentällä on erilainen tausta siitä riippuen, mitä siellä testataan. Ne riippuvat maantieteellisestä sijainnista, saaduista testituluvista tai testaustarpeista. Testialueet on yleensä sijoitettu sellaisille alueille, jotka eivät ole muussa käytössä, ne ovat harvaan asuttuja tai täysin asuttamattomia. 90 % kaikista testialueiden käyttäjien sidosryhmistä vaativat testi-alueeksi sellaisen alueen, jossa on erittäin vähän tai ei lainkaan asutusta. (Lappi 2017, 63–79.)

Pohjoismaissa kuten Suomessa ja Ruotsissa on valtavia alueita, jotka mahdollistavat testikäytön puhumattakaan Australiasta ja Yhdysvalloista, joista jälkimmäisestä löytyy Texasista kenties maailman suurin UAS-testialue Lone Star UAS test site, joka on kooltaan 140 377 km². Jokaisella testialueella on kuitenkin määrätty maksimi lento-operointikorkeus ja ne vaihtelevat 600 metristä käytännössä rajattomaksi ilmoitettuun lentokorkeuteen. Suurimmalla osalla testialueista on jotakin sotilastaustaa, ja ne ovat suoraan sotilaallisesti operoituja tai ne ovat ensisijaisesti tarkoitettu sotilaallisiin tarkoituksiin. Muista testialueista noin kolmasosa ovat sekoitus siviilien tai muiden organisaatioiden käytössä olevia, mutta ne toimivat yhteistyössä sotilaallisten instituutioiden kanssa hyödyntäen hylättyjä tai entisiä armeijan käytössä olleita kenttiä. Jotkin testialueet ovat hylättyjä tai ei enää käytössä olevia siviililentokenttiä, ilmailu-alueita tai muita kuin edellä mainittuja. Nämä viimeisenä mainitut testialueet ovat joutuneet perustamaan vaaditut infrastruktuurit alueille sekä varaamaan tarvittavan ilmatilan. (Lappi 2017, 63–79.)

Pelkästään soveltuva infrastruktuuri ei ole ainoa tekijä drone-keskuksen perustamiselle, vaan sen on oltava riittävän hyvin saavutettavissa ollakseen houkutteleva testialue. Nopeat yhteydet tieverkostoon ja kansainvälisille lentokentille on erittäin tärkeää. Monet testikeskukset ovat saavutettavuudeltaan erittäin hyvissä paikoissa, sillä ne on sijoitettu suoraan lentokenttäalueelle tai sen läheisyyteen, maksimissaan tunnin ajomatkan päähän. Tärkeimmät tekijät testialueille ovat saavutettavuuden ja sijainnin lisäksi mahdollisuus testata miehittämättömien ilma-alusten lennonjohtamista ja valvontaa, sensorteekniikkaa,

tietoliikenneyhteyksiä, navigaatiotestejä ja tärkeimpänä mahdollisuus näköyhteyden ulkopuolella tapahtuvaan lennättämiseen (Beyond Visual Line of Sight, BVLOS). Tätä mahdollisuutta vain harva testialue pystyy virallisesti tarjoamaan, joten se on UAS-testeille erittäin tärkeä mahdollistaja. (Lappi 2017, 63–79.)

4 LOGISTIIKAN JA SIJAINNIN MERKITYS ILMA-ALUSTEN TOIMINNASSA

Miehittämättömät ilma-alukset ja tavarankuljetukset tarvitsevat ympärilleen logistiikkaa ja logistisia toimintoja. Logistisen keskuksen perustaminen vaatii huolellista tarkastelua, millaiseen tarpeeseen se on tarkoitettu. Siinä tulee ottaa huomioon liiketaloudelliset tarpeet, ja on myös tärkeää tarkastella sitä, mihin sellainen olisi hyvä sijoittaa. Tällaisen konseptin luominen on hyvä konsti yrityksen ja sen toiminnallisen ympäristön kehittämisen tueksi. (Lahtinen & Pulli 2012, 16.)

Logististen keskusten sijoittuminen ja sijainti ovat aiheita, jotka vaativat perehtymistä sekä niitä pitää analysoida lyhyellä ja pitkällä aikajänteellä. Sijaintiin on useita vaikuttavia tekijöitä, kuten esimerkiksi liikennejärjestelmät, sidosryhmät ja sidosryhmien palvelusektorit, asiakkaat ja työvoiman saatavuus. (Lahtinen & Pulli 2012, 50.) Logistista sijoittumista mietittäessä määrääviä tekijöitä ovat elinkeinoelämän ja logististen palveluiden sijoittuminen yleensä satamien ja lentokenttien läheisyyteen. Logistisen järjestelmän perustana ovat merkittävät nykyhetken logistiset ketjut ja rakenteet, merkittävät alueet ja niillä sijaitsevat logistiset solmut. Yleislogistiikalle merkittävimmät elimet ovat väestöä ja asutusta palvelevat jakelujärjestelmät sekä teollisuuden tuonti- ja vientijärjestelmät. (LOGHU2 työryhmäraportti 2008, 16.)

Etelä-Suomen alueella sijaitsee noin 200 logistista keskittymää, joista osalla on merkittävä sijainti logistiikka-alueen sijoittumisen kannalta. Tällä alueella merkittävimmät logistiikka-alueet ovat pk-seutu, valtatie 3 ja 4, Turun, Lahden, Kymenlaakson ja Etelä-Karjalan alueet. Kyseisen tarkastelualueen logistiikkakeskukset on luokiteltu kuuteen eri luokkaan ja luokittelussa on otettu huomioon logististen alueiden perusominaisuudet, toiminta ja elinkaari sekä

maankäyttö ja kaavoitukset. Taulukossa 1 on esitelty luokittelu logistiikkakeskuksista. (Lahtinen & Pulli 2012, 18–19.)

LUOKKA	NIMI	MÄÄRITTELY
L0	Logistiikkavyöhyke	Logistiikkakeskittymien, -alueiden ja -keskusten muodostama, usein pääväylien suuntainen vyöhyke.
L1	Logistiikkakeskittymä	”Itsestään” muodostunut logistiikkakeskusten ja -alueiden tiivis ryhmä, usean hallinnoima, useita toimijoita.
L2	Logistiikka-alue	Järjestäytyneesti muodostunut, logistiikkatoiminnoille tarkoitettu alue, freight village, jossa useita logistiikkakeskuksia, varastoja yms. logistiikkatoimintoja lisäpalveluineen. Useita toimijoita.
L3	Logistiikkapalvelukeskus	Kaikille asiakkaille avoin logistiikkakeskus. Tietyn tahon hallinnoima, mahdollisesti useita toimijoita.
L4	Logistiikkakeskus	”Suljetun piirin” eli tietyn kauppaketjun tai teollisuusyrityksen oma logistiikkakeskus tai keskusvarasto, josta tavaraa toimitetaan vain ko. yrityksen omiin tarpeisiin.
L5	Varasto, Terminaali	Yksityisten omistamia varastoja yms., pinta-ala alle 10 000 m ² .

Taulukko 1. Logistiikkakeskusten luokittelu (Lahtinen & Pulli 2012)

Luokittelu ei kerro logistiikka-alueiden vertailemisesta, vaan ne on jäsennellyt ymmärtämään paremmin logistiikkakeskuksia. Uusien L1- ja L2-tasoisten logistiikkakeskustenärkevimmät sijoittumispaikat ovat Turku, Vuosaaren satama ja kehä III/Hakkila, Kotka, Lahti ja osittain Hämeenlinna. (Lahtinen & Pulli 2012, 184–185.) Kaikille alueille tärkeää on kysyntä, sopivat maakaavat ja sijainti. Pääkaupunkialueen ruuhkautuminen ja logististen toimintojen huonontuminen vaikuttavat pk-seudun logistiikkakeskusten asemaan. Seutukunnat pystyvät kilpailemaan tämän takia sijoittumispäätöksissä. (Lahtinen & Pulli 2012, 55.)

4.1 Raideliikenne ja satamat

Itä-Uudellemaalle ja Kymenlaaksoon on tällä hetkellä melko huonot raideliikenneyhteydet, mutta asiaan ollaan kaavailemassa muutosta itäisen rantaradan avulla. Se vaikuttaisi merkittävästi pääkaupunkiseudun ja itärannikon saavutettavuuteen. Lisäksi tällä vyöhykkeellä on kolme Suomen suurinta satamaa, jotka ovat Kilpilahti, HaminaKotka ja Helsingin Vuosaaren satama. Näihin kolmeen satamaan on olemassa raideliikenneyhteydet, mutta itäinen rantarata kytkisi ne samaan raideverkostoon ja loisi hyvän ja yhteneväisen satamavyöhykkeen rautatien avulla. Logistiikan toimintavarmuuden kannalta satamat yhdistävä rata olisi erittäin merkityksellinen. Lisäksi Itä-Suomen alueella sijaitsee maailman suurin metsäteollisuuden vyöhyke, joiden pääasialliset

kuljetussuunnat ovat HaminaKotkan satamat ja Vuosaaren satama. (Itäinen rantarata – Enemmän kuin ratainvestointi 2020.)

Rantaradalla olisi myös monia muita positiivisia vaikutuksia, sillä se vapauttaisi tavaraliikenteen kapasiteettia nopealle henkilöliikenteelle Suomen kuormitetuimmalta rataosuudelta Kouvola-Luumäen väliltä sekä avaisi yhteyden Venäjän Allegro-liikenteelle Kotkan kautta suoraan pääkaupunkiseudulle. Ennen kaikkea itäinen rantarata toisi koko rataverkostolle lisää toimintavarmuutta, vahvistaisi transito- ja vientiteollisuuden kilpailukykyä, edistäisi työllisyyttä ja investointeja sekä muodostaisi vetovoimaisen merenrantavyöhykkeen. (Itäinen rantarata – Enemmän kuin ratainvestointi 2020.)

4.2 Lentoliikenne ja ilmailukeskukset

Suuria metropolialueita palvelee yleensä kaksi tai useampia lentoasemia. Toisten lentokenttien merkitys päälentoasemalle on tärkeä, sillä se vastaa kasvavaan kysyntään. Lentoasemilla voi olla toiminnallisia rajoitteita, jotka johtavat toisten kenttien laajenemiseen ja niiden kehittymiseen. Teknisien syiden takia, kun kysyntä saavuttaa kapasiteettirajat, toimintaa voidaan laajentaa toisilla lentokentillä. Lentokenttien käyttörajoitukset voivat liittyä infrastruktuuriin, ympäristöön, käytettävään tekniikkaan tai kentän sijaintiin. Taloudellisista syistä monikenttäjärjestelmä on hyvä, sillä se voi tuoda uusia lentoyhtiöitä seudulle, esimerkiksi halpalentoyhtiöitä alhaisten operaatiokustannusten vuoksi. (Kilpeläinen ym. 2009, 21–22.)

Kun seudun kysyntä saavuttaa kapasiteetin, voidaan lentokenttäkapasiteettia nostaa tekemällä erilaisia toimia, kuten esimerkiksi lisätä kiitoteitä, lähtöportteja ja terminaaleja tai muokata toimintoja. Jos kapasiteettia ei voida lisätä tai se ei ole taloudellisesti järkevää, voidaan olemassa oleva yleisilmailu- tai sotilaskenttä valjastaa toiseksi lentokentäksi tai rakentaa uusi lentokenttä kauemmas metropolialueelta täydentämään alkuperäistä kenttää. (Kilpeläinen ym. 2009, 21–22.)

Helsinki-Vantaan päälentoaseman suhde muihin lentokenttiin on hyvin erilainen, sillä sieltä on saatavilla säännöllinen reitti-, tilaus- ja rahtiliikenne, mitä

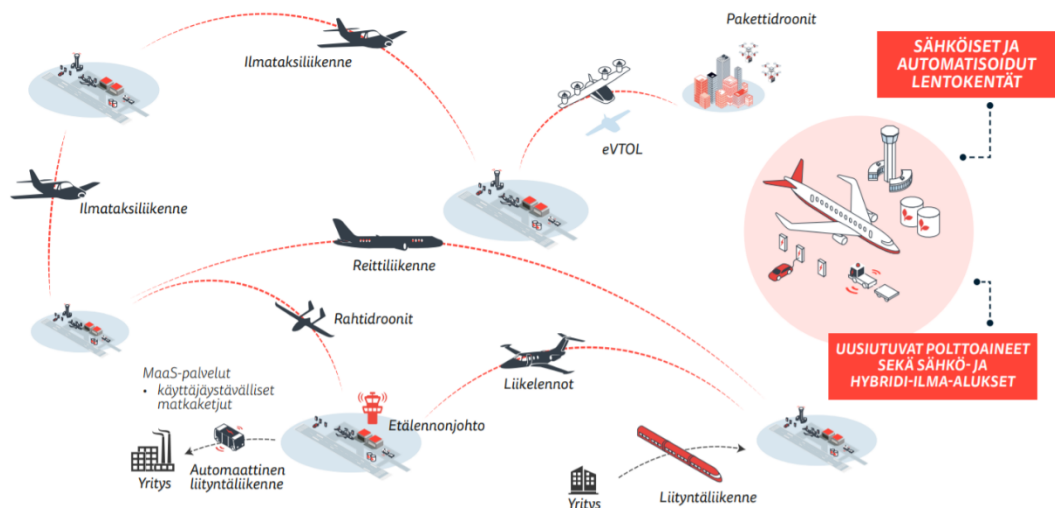
muilla lentoasemilla ei ole Etelä-Suomen alueella tarjota. Toinen vaihtoehtoinen lentokenttä tarvitsee tietynlaista infrastruktuuria toimiakseen, kuten esimerkiksi tarkkuusmittarijärjestelmä Instrument Landing System ILS:n, jotta se vastaa kakkoskentän vaatimuksia. Kun kakkoskenttä vastaa tarvittavia kakkoskentän vaatimuksia, se voisi vastaanottaa halpalentoyhtiöitä sekä rahtikuljetuksia, jotka asiantuntijoiden mukaan soveltuvat myös muille Etelä-Suomen kentille. Rahtiliikenne tulee kuitenkin pysymään ainoastaan Helsinki-Vantaalla, joten toiselle lentokentälle voisi sijoittaa yleisilmailu- ja liikentotoimintaa. (Kilpeläinen ym. 2009, 22.)

Tällä hetkellä kakkoskentän roolia palvelee Helsinki-Malmin lentokenttä, mutta sillä on toiminnallisia rajoituksia ja sille etsitäänkin mahdollisesti korvaajaa. Kentän rajoitteita ovat muun muassa tarkkuusmittarijärjestelmän ILS:n puuttuminen ja risteävät kiitoteiden lähestymislinjat Helsinki-Vantaan lentokentän kanssa, mikä on suurin syy lentokentän mahdolliselle siirtämiselle muualle. Helsinki-Vantaan ruuhka-ajat rajoittavat Helsinki-Malmin lentotoimintaa merkittävästi. (Kilpeläinen ym. 2009, 11.)

Malmin siirtämistä myös vastustetaan kovasti, sillä se halutaan pitää hyvien liikenteellisten yhteyksien päässä pääkaupunkiseudusta. Lisäksi se on erittäin tärkeä kenttä liikennelentokoulutukselle, sillä lähin vastaavaa toimintaa harjoitettava kenttä on Porissa. Muita toiminnan kannalta tärkeitä tekijöitä on mm. Helsinki-Malmin läheisyys rannikosta, riittävä kiitotien pituus (1 800 m), lentokentän meluvyöhykkeen vähäinen asutus sekä muiden tärkeiden lentokenttäinfrastruktuurien, kuten varikko- ja huoltotilojen ja majoituspalveluiden saatavuuksien olemassa oleminen. (Kilpeläinen ym. 2009, 37.) Uuden lentokentän mahdollisia sijaintivaihtoehtoja ovat liikenne- ja viestintäministeriön mukaan Porvoon Hinthaara, Backas ja Pernaja, Kärkölen Henna-Mattila-Levanto, Kiikalan lentokenttä, Lopen Keihäsjärvi sekä Lohjan Nummenkylä ja Teutari. Eniten kannatusta yleisilmailijoiden keskuudessa saavat lähimpänä sijaitsevat Porvoon Hinthaara ja Backas. (Kilpeläinen ym. 2009, 45.)

4.3 Tulevaisuuden ilmaliikenne Suomessa

Ilmaliikenteen juuret ulottuvat 1900-luvun alkuun, kun Wrightin veljekset tekivät ensimmäiset lentokokeilut Yhdysvalloissa moottoroidulla ilma-aluksella. Sen jälkeen Ilmaliikenteen kehitys on ollut melko nopeaa, ja vuonna 1918 Suomen ensimmäinen lentokenttä rakennettiin Lappeenrantaan. Ilmaliikenteeseen liittyvät markkinat ovat valtavat, sillä siihen voi yhdistää matkailun, logistiikan, teollisuuden tuonnin ja viennin sekä innovaatiotoiminnan. Suomelle ilmaliikenne on välttämätöntä sijaintinsa takia, ja lentokentät ovat aina olleet suuria aluetalouden moottoreita, jonka takia ilmailuun kannattaa panostaa. Tulevaisuuden ilmaliikenne (kuva 9) tulisi olla asiakaslähtöistä, kustannustehokasta ja päästötöntä. Miehittämätön ja sähköistetty ilmailu tulee avaamaan ilmaliikenteelle uusia mahdollisuuksia mm. logistiikalle paketti- ja rahtidronejen kautta. (Mäntynen 2020.)

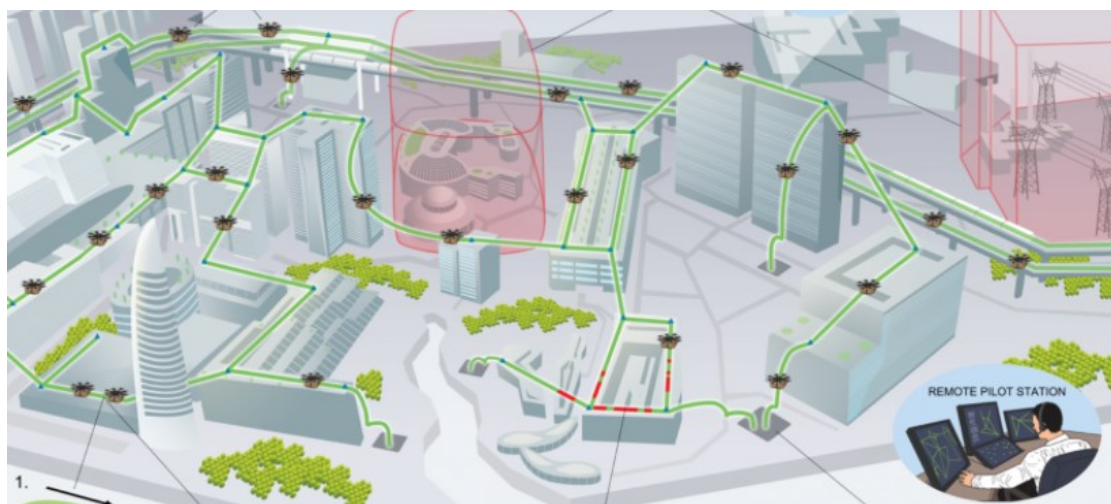


Kuva 9. Visio tulevaisuuden ilmaliikenteestä (tulevaisuuden ilmaliikenne suomessa...2020)

Uudet lentokentät eivät tarvitsisi välttämättä enää paikan päällä olevaa lennonjohtokeskusta, koska se voitaisiin toteuttaa jo saatavilla olevan teknologian avulla, maantieteellisesti kauempaa toisaalla sijaitsevasta etälennonjohtokeskuksesta. Esimerkki jo toimivasta etälennonjohtokeskuksesta on Ruotsista, jossa Sundsvallin etälennonjohtokeskuksesta pystytään vastaamaan neljän eri lentokentän operoinnista. Etälennonjohto alentaa reilusti lentokentän operatiivisia kustannuksia, sillä palvelua voidaan käyttää vain silloin, kun siihen on tarvetta. Kooltaan pienemmät lentokentät tulevat saamaan siitä paljon hyötyä niiden kausiluonteisen käytön vuoksi. (Mäntynen 2020.)

4.4 Lentokäytävät

Ilmatilat tarvitsevat hallintaa ja etenkin kaupunkialueiden ilmatilassa dronejen lennättäminen vaatii erityistä huomiota. Dronejen käyttöönottoa rajoittaa riittämätön ilmatilahallinta, jotta niiden törmäminen saadaan estettyä miehitettyjen koneiden tai muun lentävien objektien kanssa. Alkuvaiheessa lentotoiminnan mahdollistamisessa kehitettäisiin lentokäytäviä ja eräänlaisia lentotunneleita (kuva 10) dronekuljetusten tarpeisiin ja niiden vaikutusta muuhun ilmailuun arvioitaisiin. Turvallisen ja sujuvan lentotoiminnan varmistamiseksi näissä lentokäytävissä käytetään virtuaalisesti luotua aitaa tai rajaa (geo-fencing), jonka yli miehittämättömät ilma-alukset eivät pysty lentämään. Jotta nämä virtuaalisesti luodut rajat toimivat, ne tarvitsevat ympärilleen monenlaista teknologiaa, kuten paikannus- ja telemetriatietoja. Varsinkin kaupunkialueilla on paljon paikkoja, jonne lentäminen ei ole sallittua. Nämä alueet rajataan virtuaalisella rajalla, jolla estetään dronejen lentäminen alueelle. Jos lentokäytävässä dronen reitillä sattuu olemaan virtuaalinen raja, sen kohdatessaan drone tekee muutoksen reittiin, jotta lentokieltoalue voidaan kiertää. (Pathiyil ym. 2016.)



Kuva 10. Lentokäytäviä kaupunkialueella (Mcnabb 2016)

5 MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN LENNÄTTÄMISEEN LIITTYVÄT ASIAT

Miehittämättömien ilma-alusten toimintaan liittyy paljon mahdollisuuksia, mutta myös lukematon määrä huomioon otettavia asioita. Näitä ovat lainsäädäntö, ilmailumääräykset, turvallisuusasiat ja muut toimintakehykset, jotka koostuvat standardeista ja yleisistä protokollista, joiden tarkoitus on luoda toiminnalle vauhtia ja vähentää riskejä. (GAO 2019.)

Miehittämättömien ilma-alusten käyttö Euroopan alueella on sallittua useimmissa maissa. Jokaisella maalla on vaihtelevat käytännöt miehittämättömiä ilma-aluksia koskevasta lainsäädännöstä, mutta useimmiten lentämiseen tarvitaan erilaisia lupia kansalliselta ilmailuviranomaiselta, joista Suomessa vastaa liikenteen turvallisuusvirasto Traficom. (EU:n dronesäännöt ammattikäyttäjille 2021.)

5.1 Ilmailumääräykset Suomessa

Suomessa liikenteen turvallisuusvirasto Traficom on julkaissut ilmailumääräyksen OPS M1-32 nojalla, miten kauko-ohjattuja ilma-aluksia ja lennokkeja käytetään ilmailuun. Uusin määräys TRAFICOM/42450/03.04.00.00/2020 on voimassa vuoden 2021 ajan. (Traficomin ilmailumääräys OPS M1-32 2020.)

Yleiset vaatimukset

Yleisiä vaatimuksia kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttämisestä ilmailuun on muun muassa tarkat tekniset perustiedot ilma-aluksesta sen käyttäjiineen, mitä toimintaa harjoitetaan ja kuinka laajalti sekä aiotaanko toimintaa harjoittaa tiheästi asutetulla alueella tai ulos kokoontuneen väkijoukon yläpuolella. Käyttäjän on oltava täysi-ikäinen. Ilmoitus käyttämisestä on tehtävä ennen ensimmäistä lentokertaa. Kauko-ohjatuista lennoista tulee käydä ilmi edellisten tietojen lisäksi lennon päivämäärä alkamis- ja päättymisaikoiineen, lähtö- ja laskeutumispaidat, lentotehtävän luonne sekä tapahtuuko lennot suoran näköyhteyden päässä (Visual Line Of Sight, VLOS) vai suoran näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS). Lennot eivät saa aiheuttaa vaaraa, melua, haittaa tai estettä hätä- ja pelastustoiminnalle. Yleisesti ottaen kauko-ohjattu ilma-alus saa painaa enintään 25 kg ja lentäminen tapahtuu alle 150 metrissä, poikkeuksena lennokkien lennätysalueet, jotka on julkaistu ilmatiedotusjärjestelmässä tai poikkeusluvalla lennättäminen. (Traficomin ilmailumääräys OPS M1-32 2020.)

Lentäminen tiheästi asutetuilla alueilla

Tiheästi asutetun alueen määritelmänä on 800 asukasta tai työpaikkaa neliökilometriä kohti. Tällöin ilma-aluksen suurin lentoonlähtöpaino on

enintään 3 kg ja käyttäjän tulee olla tutustunut lentoalueeseen ja arvioinut lennon tapahtuvan turvallisesti, sekä olla varmistunut ilma-aluksen toimivuudesta. Jos ilma-aluksen paino on kuitenkin yli 3 kg mutta alle 7 kg, käyttäjän tulee laatia kirjallinen toimintakuvaus lennosta, joka sisältää mm. toiminta-alueen ja käyttöajankohdan, turvallisuus- ja riskinarvioinnin sekä toimintaohjeistuksen normaalille toiminnalle ja toimintaohjeistuksen häiriötilanteen sattuessa. Lentojen on tapahduttava suorassa näköyhteydessä tai kauko-ohjaustähystäjän avustuksella. (Traficom in ilmailumääräys OPS M1-32 2020.)

Lentäminen väkijoukkojen lähettyvillä

Väkijoukkojen lähettyvillä ilma-aluksen suurin lentoonlähtöpaino on enintään 7 kg, kun lennetään alle 50 metrin vaakasuoralla etäisyydellä tai väkijoukon yläpuolella. Edellisessä kappaleessa mainittu kirjallinen toimintakuvaus pitää olla laadittuna ja asiakirjat tulee toimittaa aina ennen lentojen aloittamista liikenne- ja viestintävirastolle. Se voi kuitenkin myöntää luvan poiketa kaikista määräyksistä, mikäli ne eivät vaaranna turvallisuutta. Poikkeuslupa voidaan myöntää myös tilapäiseen testaus- ja tutkimustoimintaan. (Traficom in ilmailumääräys OPS M1-32 2020.)

5.2 EU-dronesäännöt

31.12.2020 tulee voimaan uusi komission täytäntöönpanoasetus (2019/947), jossa on säännöt ja menetelmät miehittämättömien ilma-alusten käytöstä. Sääntöjen voimaantulon jälkeen pitää kaikkien miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien käyttäjien rekisteröityä uuteen tietojärjestelmään ja se tarkoittaa UAS-ilmatilavyöhykkeitä, jotka koskevat vain miehittämättömää ilmailua. Ilmatila-alueet perustetaan liikenne- ja viestintäministeriön päätöksillä. 1.2.2021–31.1.2023 on siirtymäaika niille, jotka ovat tehneet ilmoituksen rekisteröitymisestä, mutta tietyin rajoituksin. EU-asetus 2019/947 määrittelee miehittämättömille ilma-alusjärjestelmille uudet toimintakategoriat, jotka ovat *avoin*, *erityinen* ja *sertifioitu*. Rekisteröintivelvoite ei tule koskemaan alle 250 gramman painoisia droneja, sillä ne luokitellaan leluiksi. (Niemelä 2020.)

Kategoriassa *avoin*, miehittämättömillä ilma-alusjärjestelmillä harjoitettavaan toimintaan ei vaadita ennakoon haettavaa toimintalupaa eikä miehittämättö-

män ilma-alusjärjestelmän toiminnasta tarvitse tehdä ilmoitusta ennen toiminnan aloittamista. Toiminta tässä kategoriassa luokitellaan harjoitettavaksi vain, jos miehittämättömän aluksen lentoonlähtömassa on alle 25 kg. Lisäksi kauko-ohjaajan täytyy ottaa huomioon myös, että lennätyksen täytyy tapahtua turvallisen välimatkan päässä ihmisistä ja jatkuvassa näköyhteydessä. Lentokorkeus ei saa ylittää 120 metriä maanpinnasta, eikä se saa kuljettaa vaarallisia aineita. Tässä kategoriassa operoidaan matalan tason riskillä. (Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 947.)

Kategoriassa *erityinen*, miehittämättömän ilma-alusjärjestelmän käyttäjän on saatava sen käyttöön toimintalupa. Toimintalupa koskee kuitenkin vain tiettyjä, rajoitetuin ehdoin tapahtuvia operaatioita. Toimintalupaa hakiessa käyttäjän on tehtävä SORA-riskinarviointi, sillä tässä kategoriassa operoidaan keskitalon riskillä. Toimintalupaa ei kuitenkaan vaadita, jos käyttäjällä on kevyen miehittämättömän ilma-alusjärjestelmän hyväksyntätodistus ja lennätys tapahtuu lennokkikerhojen tai yhdistyksen toimintaympäristössä, jossa on vakiintuneet hallintajärjestelmät ja protokollat. Toiminta tässä kategoriassa ei saa täyttää sertifioidun kategorian ehtoja. (Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 947.)

Kategoriassa *sertifioitu*, toimintaan vaaditaan EU-asetuksen 2019/945 mukainen sertifiointi sekä käyttäjän hyväksyntätodistus, ja tarvittaessa kauko-ohjaajan kelpoisuustodistus. Miehittämätön ilma-alusjärjestelmä luokitellaan tähän kategoriaan, jos jokin sen ominaismitoista on 3 metriä ja se on suunniteltu ihmisten yläpuolella lennätettäväksi, tai sillä kuljetetaan ihmisiä, tai sillä kuljetetaan vaarallisia aineita, joista voi aiheutua suuri riski kolmansille osapuolille. Sertifioidun tason operaatioissa toimitaan valvotussa ilmatilassa kuten U-space. Tämän kategorian toiminta luokitellaan korkean riskin toiminnaksi. (Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 947.)

Ilmatilanhallinta ja U-space

U-space on Euroopassa käynnistetty drone-toiminnan integrointiohjelma, joka tarkoittaa monimuotoista ilmatilaa, jossa miehittämätön ilmailu integroidaan osaksi miehitettyä ilmailua. Hankkeen tarkoitus on mahdollistaa rutiinomainen ja sulava drone-toiminta miehitetyn ilmailun joukossa. Sitä palvelisi joukko

uusia palveluita ja käytäntöjä, jotka ovat mahdollistamassa ilmatilan turvallista ja tehokasta käyttöä. Periaatteena on mahdollistaa kaikille ilmatilan käyttäjille turvallinen ilmatila ja hyvin hallittava ilmailutoiminta. U-spacen ilmatila rakentuisi ilmatilan käyttäjistä, palveluntarjoajista, yleisestä tietopalvelujärjestelmästä (CIS) ja ATS-palvelusta, jonka tarkoitus on vastata miehitetylle ilmailulle tiedottamisesta. Miehitämättömän ilmailun tiedottamisesta tulisi vastamaan palvelun tarjoajat. Yhdessä ilmatilassa voisi olla useita U-space-ilmatiloja, joita hallinnoivat useat eri palveluntarjoajat eri tarkoituksissa, tarjoten esimerkiksi sää- tai navigaatiopalveluita. U-space-palveluita voitaisiin tarjota harastustoimintaan tai ammatilliseen tarkoitukseen, ja drone-käyttäjien pitäisi tehdä sopimus ja rekisteröityä palvelun tarjoajille saadakseen käyttää palveluntarjoajan palveluita. Palveluntarjoajien velvollisuuksia olisi tarjota reilu ja avoin ilmatila kaikille rekisteröityneille käyttäjille, jossa viranomaiset tulisi hallitsemaan ilmatilaa ja niiden velvollisuus olisi valvoa ja ohjata lentotoimintaa. U-space hankkeen on arveltu kestävän 15–20 vuotta. (Sesar 2017.)

6 REDSTONE AERO OY

Redstone Aero on vuonna 2004 perustettu ilmailutoimialan omistava yksityinen yritys, joka operoi Pyhtään lentokenttää. Lentokenttä tunnetaan myös nimellä Helsinki-East Aerodrome, joka on kansainväliseltä siviili-ilmailujärjestö ICAO-tunnukseltaan EFPR. Redstone Aero on kehittämässä tulevaisuuden digitaalisiin ratkaisuihin perustuvaa lentokenttäkonseptia, joka palvelee perinteistä ilmaliikennettä sekä tulevaa miehitämätöntä ilmaliikennettä. Yhtiön tavoitteena on suomalainen, Finavian ulkopuolelle jäävien lentokenttien verkosto uuteen ilmailuteknologiaan perustuen. Pyhtäällä toimivasta lentokentästä halutaan prototyyppi ja konsepti, jota voitaisiin soveltaa muuallakin. (Korjula 2021.)

Ajatus lentokentästä lähti liikkeelle vuonna 2016, kun Pyhtään kunnassa syntyi ajatus luoda alueelle ilmailuun ja lentämiseen liittyvä keskittymä. Redstone Aero oli vielä silloin etsimässä sijoittumispaikkaa lentokentälle, kun se sai vihiä Pyhtään suunnalta. Samana vuonna lähdettiin selvittämään sijoittumisvaihtoehtoja ja paikaksi valikoitui vuonna 2017 Pyhtään kirkonkylän liittymän kaakkoispuoleinen alue, joka on kooltaan noin 90 hehtaarin suuruinen maa-alue. (Pyhtää s.a.)

Neljä vuotta lentokenttäalueen valikoitumisen jälkeen lentokenttä on osa julki-
sta ilmaliikenneverkostoa, ja on virallinen lentokenttä kansallisissa ja kan-
sainvälisissä sovelluksissa ja kartoissa. Lentokentälle on rakennettu reilun kil-
ometrin mittainen kiitotie, jota tullaan pidentämään vielä 1 800 metrin mit-
taiseksi ja sen tarkoitus on valmistua vuonna 2021. Tulevaisuudessa drone-
toiminnan kasvaessa ja kaluston suurentuessa drone-toiminta tulee
tarvitsemaan oman kiitotien, joka on jo lentokentän suunnitelmissa. Drone-tes-
taustoimintaa kentällä on jatkuvasti ja tukeutumisaikatarve on olemassa.
Helsinki-East Aerodromen alueelle on käynnissä keskustelut Business Finlan-
din kanssa kansallisen drone-testipaikan perustamisesta. Koekäytössä olevat
satelliittilähestymisjärjestelmät odottavat viranomaisen hyväksyntää, ja pitkään
kiistelty ympäristölupa sai lainvoimaisen hyväksynnän vuoden 2021 alussa,
joka mahdollistaa ammattimaisen ilmaliikenteen sijoittumisen lentokentälle.
(Korjula 2021.)

7 TUTKIMUKSEN FOKUSRYHMÄHAASTATTELU

Tutkimus tehtiin Tech Runway -tapahtumassa Pyhtään lentokentällä
27.8.2020 fokusryhmähaastatteluina. Tech Runway -tapahtuma oli tulevaisuu-
den ilmailuteknologioiden ammattitapahtuma, jonka tarkoituksena oli tuoda tu-
levaisuuden ilmaliikenneklusterin teknologiat tietoisuuteen sekä luoda alustaa
uudelle ilmaliikenneklusterille.

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli varannut työpajaa varten näytteilleasettajille
tarkoitettua aluetta, jossa fokusryhmähaastattelut pidettiin työpajan yhtey-
dessä, muun tapahtumaohjelman lomassa. Osa tutkittavista henkilöistä oli kut-
suttu työpajaan ennakkoon kirjeitse, mutta osa heistä osallistui tapahtuma-
kutsussa esitetyn työpajakutsun perusteella, ja osallistuminen oli kaikille sal-
littu. Joidenkin haastateltavien kohdalla osallistuminen tapahtui ”nykäsellä”
hihasta ja kysymällä halukkuutta osallistumiseen. Työpajaan oli varattu tapah-
tumassa aikaa kello 16:sta eteenpäin, aiheena innovatiiviset lentoasemapal-
velut drone-toimijoille. Tutkimuksen aihe esiteltiin työpajan aluksi osallistujille,
jonka jälkeen tutkittavalle joukolle esitettiin tutkimuskysymys:

- Mitä palveluita lentokenttäoperaattori voisi tarjota drone-toimi-
joille?

Tämän jälkeen työpaja käynnistyi ja ideointiin varattiin aikaa 30 minuuttia. Työpajan tarkoitus oli saada ajatuksia drone-keskuksen kehittämiseen. Tutkitaville oli järjestetty useampia pöytäryhmiä työpajatyöskentelyyn, joissa oli kyniä ja post it -lappuja. Jokaisessa pöydässä oli satunnainen joukko henkilöitä ideoimassa ja heidät otettiin haastatteluun pöytäryhmittäin, kun he olivat valmiita kertomaan ajatuksensa tutkimuskysymykseen liittyen. Haastattelupöydälle oli järjestetty post it -lapuille varattu lentokenttäalueen kaavaluonnos alueesta (kuva 11), joka oli tulostettu A1-kokoiselle paperille. Sen tarkoitus oli visualisoida myös konkreettisesti sitä, minne kyseiset ideat voisi sijoittaa lentokentän alueelle.



Kuva 11. Kaavaluonnos lentokenttäalueesta

Jokaisen fokusryhmän tullessa haastattelupöydän ääreen heille esitettiin tutkimuskysymys uudelleen ja heitä pyydettiin esittämään ideansa post it -lappujen avulla, jotka he asettivat kaavaluonnokseen (kuva 12) haluamaansa kohtaan. Lappujen ideat pyydettiin perustelemaan vielä suullisesti ja vastaukset tallennettiin ääninauhuriin.

8 DRONE-KESKUKSEN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä esiselvitys, millaiset ovat drone-keskuksen kehittämisenäkymät Pyhtään lentokentälle, ja mitä se vaatisi lentokenttäoperaattorilta. Tässä luvussa esitellään tutkimustulokset pohjautuen asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja ne perustuvat tuloksiin, jotka saatiin Tech Runway -tapahtuman työpajasta 27.8.2020. Fokusryhmähaastatteluilla ja post-it-lapuilla saatu aineisto litteroitiin ja jäsenneltiin ensin teemoihin. Tämän jälkeen hahmottui, minkälaisista osa-alueista oli kyse ja sen perusteella saatiin aiheoryhmät, jotka on kuvattu yläteemoina. Kaikkia asioita yhdistävä teema oli se, mitä toimintoja ja palveluita lentokenttäoperaattori voisi tarjota drone-toimijoille drone-keskuksen kehittämiseksi. Näin saatiin tehtyä sisällönanalyysi saadulle aineistolle, joka on kuvattu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Yhteenveto tutkimustulosten teemoista

Alateema	Yläteema	Yhdistävä teema
Fasiilit	Drone-toimijat	Drone-keskuksen kehittäminen
Akkujen vaihtopalvelu		
Kaluston säilytyspalvelu		
Valvomo / ohjauskeskus droneille		
Huolto- ja varaosapalvelu		
Drone kilpailutoiminta		
Etälennonjohtokeskus	Lennonvarmistuspalvelut	
U-space		
Lentokäytävät		
Valvomo / ohjauskeskus droneille		
Testiympäristö	Tutkimus, kehitys ja innovaatiotoiminta	
Uuden droneteknologian testaaminen		
Testikeskus		
UTM-järjestelmän testaus		
Harjoitusympäristö		
Innovaatiot		
5G-testiverkko	Verkkoyhteydet	
Serverikeskus		
Häiriötilanteet		
Varajärjestelmät		
Logistiikka	Lentoliikenne, toiminta-alue ja logistiikka	
Tienvarsiviitat		
Drone-lentokenttä		
Lentoliikennealuiden yhdistäminen		
AMK-koulutus drone-alalle	Koulutus- ja tapahtumatoiminta	
Lento- ja käyttökoulutus		
Tapahtumat		
Matkailu- ja elämyspalvelut	Matkailu- ja turistipalvelut	
Majoituspalvelut		
Dronien vuokraus- ja lennätystoiminta		
Lentokyydityspalvelu		
VR-simulaattori		
Laitteiden showroom		
Dronekauppa ja laitemyymälä		
Alue tunnetuksi		

Fokusryhmähaastatteluiden analysoiminen käsitellään omina alalukuinaan ja se aloitetaan drone-toimijoiden tarpeista, minkälaisia asioita nousi esille saatujen ideoiden perusteella. Sen jälkeen tarkastellaan, mitä muuta drone-keskuksen ja lentokentän kehittämisen tueksi tarvitaan. Lisäksi arvioidaan, voisiko lentokenttä hyötyä muistakin kuin drone-toimijoista.

8.1 Drone-toimijat

Drone-toimijoiden vastauksissa nousi esille fasilitteettien puuttuminen, sillä lentokentälle ei ole rakennettu vielä kiitotien lisäksi kuin yksi kalustohalli. Fasilitteeteilla tarkoitetaan sitä, että toiminnan edellytykset eli tarvittavat tilat ja rakennukset drone-toiminnalle puuttuvat. Toimijat kaipaavat drone-keskukselta myös valvomoa tai ohjauskeskusta, huolto- ja rakentelutiloja, säilytyspalvelua drone-kalustolle, akkujen vaihtopalvelua sekä mahdollisuuden harrastaa lentokentällä droneihin liittyvää kilpailutoimintaa, jonka suosio tulee nostamaan päätään tulevaisuudessa. Drone-keskus tulisi kuitenkin jakaa selkeästi harrastelijoiden ja liiketoimintaa harjoittavien toimijoiden välillä.

Valvomossa tai ohjauskeskuksessa pystyttäisiin ohjaamaan ja seuraamaan omia droneja ja muita UAS-laitteita. Kameratekniikan avulla lentokentästä saisi riittävän laajan kuvan ja lentotoimintaa voisi ohjata ja seurata ohjausnäytöiltä. Toiminta vaatisi myös huolto- ja rakentelutilat, joissa voisi olla myös huoltokeskus. Huoltokeskuksesta olisi saatavilla tarvittavia varaosia ja vaihtoakkuja yleisimpiin drone-malleihin sekä latauspiste UAS-laitteiden lataamiseen. Koska UAS-laitteet ja niiden tarvikkeet vievät paljon tilaa ja ovat hankalia kuljettaa, huoltokeskuksen yhteydessä voisi olla lisäksi kaluston säilytyspalvelu. Drone-keskuksen tiloissa toivottiin olevan lentokenttien tyyliin kuuluva viihtyisä lounge-tila, josta olisi saatavilla kahvilatason tarjoilua ja ruokapalveluita. Loungen-tilojen yhteydessä voisi olla toimitiloja, kuten neuvotteluhuoneita liiketapaamisia varten tai luokkatiloja opetustoiminnalle.

8.2 Lennonvarmistuspalvelut

Miehittämättömät ilma-alukset sekä muu ilmaliikenne tarvitsevat toiminnalleen lennonjohtoa, jotta ilmaliikenne pysyy sujuvana ja turvallisena. Ideoinnissa nousi esille lennonjohtokeskus, josta voitaisiin hallita Pyhtään lentokentän toi-

mintaa sekä tarjota etälennonjohtopalvelua muille lentokentille, jotka ovat liittyneet valtakunnalliseen etälennonjohtopalveluun. Tässä yhteydessä voisi toimia lennonjohto ammattimaiselle drone-toiminnalle. Ennen laajamittaisen lentotoiminnan aloittamista pitää olla kuitenkin selvillä, miten miehittämätön ilmailu on integroitu osaksi miehitettyä ilmailua. Tämä liittyy ilmatilahallintaan sekä U-spaceen, ja integroinnin on arveltu kestävän 15–20 vuotta, ennen kuin kaikki integrointiin liittyvät osa-alueet on käsitelty. Miehittämättömien ilmalusten käyttöönottoa rajoittaa siis riittämätön ilmatilahallinta, mutta lentotoiminnan mahdollistamiseksi alkuvaiheessa Pyhtään lentokentälle voisi kehittää lentokäytäviä drone-lentoja varten. Lentokäytävät olisivat virtuaalisesti luotuja, näkymättömiä tunneleita, joissa dronet lentävät tietyn alueen rajoissa. Tämä vaatii lentokentälle monenlaista teknologiaa, kuten paikannus- ja telemetriatietoja.

8.3 Tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta

Drone-toiminta vaatii kehittyäkseen paljon tutkimusta, ja Pyhtään lentokenttä voisi olla erinomainen paikka uuden droneteknologian testaamiseen. Miehittämätön ilmailu ja dronet tarvitsevat vielä paljon kehitystyötä, sillä ala on vielä melko nuori. Saaduista vastauksista ilmeni, että Pyhtään lentokentälle dronekeskuksen yhteyteen voisi perustaa drone-teknologian tutkimus-, kehitys ja innovaatiokeskuksen. Teknologian kehittymisen kannalta testikeskus olisi välttämätön ja siellä tulisi olla riittävät edellytykset tutkimus- ja testaustoiminnalle. Ideoinnissa mainittiin muun muassa tuulitunneli, jossa voidaan tutkia dronejen ympärille muodostuvia virtauksia sekä mitata painetta, vastusta ja droneen vaikuttavia voimia. Muita esiin nousseita ideoita oli törmäystestaaminen, mittalaitteiden testaaminen ja harjoitusympäristö, jossa testataisiin miehittämättömän ilmailun hallintajärjestelmiä sekä miten reaali- ja virtuaalimaailman yhdistävä harjoitusympäristö toimisi. Tässä reaali- ja virtuaalimaailman yhdistävässä testausympäristössä kokeiltaisiin simuloituja skenaarioita luomalla tilanteisiin lisättyä todellisuutta, esimerkiksi simuloituja rakennuksia, jotka vaikuttavat aidoilta. Tutkimuksen ja kehityksen pohjalta nousee yleensä startup- ja innovaatiotoimintaa, joiden tarkoituksena on saada jonkin tietyn toiminnan ympärille toistettavaa ja skaalautuvaa liiketoimintaa.

Tämä voisi houkutella Pyhtään lentokentälle uudenlaista yrittäjyyttä niille, jotka haluavat saada kehitettyä dronejen ympärille uusia liiketoiminnallisia mahdollisuuksia.

8.4 Verkkoyhteydet

Miehittämättömät ilma-alukset vaativat toimiakseen hyviä ja luotettavia viestintäverkkoja, sillä niiden tulee kommunikoida muun ilmaliikenteen sekä sen niiden hallintajärjestelmien kanssa. Droneja pystytään ohjaamaan mm. Radioviestimillä, GPS-signaaleilla ja mobiililaajakaistoilla. Tällä hetkellä Pyhtään lentokenttä kuuluu 4G-kuuluvuusalueeseen, ja haastatteluissa tuli esille 5G-dataverkon tarve, koska 5G-verkkoon pystytään kytkemään paljon enemmän laitteita kuin 4G-verkkoon, joka ei tällä hetkellä tulisi riittämään kaikkien toimijoiden tarpeisiin. Hyvillä verkkoyhteyksillä varmistetaan riittävä tilannekuvan säilyminen dronen ja sen operaattorin välillä.

Erään toimijan näkemys oli, että Pyhtään lentokentälle tarvittaisiin pian 5G-testiverkko, jotta droneilla voitaisiin suorittaa erilaisia reaaliaikaisia mittauksia, ympäristöhavainnoiteja ja järjestelmätestauksia. Häiriötilanteiden testaaminen olisi erittäin tärkeää, jos jokin järjestelmä ei toimikaan. Lentokentän yläpuolelle voitaisiin luoda virtuaalikaupunki, jossa olisi drone-korridoreja eli lentokäytäviä droneille. Tässä testiympäristössä pystyttäisiin tutkimaan ja arvioimaan niiden vaikutusta muuhun ilmailuun, ja kun toiminta on saatu turvallisesti ja sujuvaksi, sillä päästäisiin hakemaan turvallisuustodistusta kaupunkiympäristössä testaamiseen.

Muidenkin toimijoiden vastauksissa mainittiin 5G sekä tarve palvelinkeskukselle ja varajärjestelmille. Pelkästään mobiililaajakaistojen varassa lentotoimintaa ei voi harjoittaa, joten lentokentällä sekä droneissa tulisi olla varajärjestelmät. Jos ohjaussignaali dronen ja lennättäjän välillä katkeaa, dronen voi ohjelmoida palaamaan automaattisesti lähtöpaikkaansa GPS:n avulla. Dronen voisi ottaa myös haltuun radiosignaalin avulla. Jotta verkkoyhteydet toimisivat moitteetta, lentokentällä tulisi olla palvelinkeskus, mikä jakaa verkkoyhteydet. Lisäksi kaikki testaamiseen ja siihen liittyvä testidata saataisiin tallennettua palvelinkeskukseen.

8.5 Lentoliikenne, toiminta-alue ja logistiikka

Haastatteluissa pohdittiin drone-keskuksen lisäksi droneille omaa kiitotietä, sillä niiden operointia ei koettu järkeväksi samalta kiitotieltä, missä tavalliset lentokoneet nousevat ja laskeutuvat. Dronet voidaan lähettää matkaan myös muin tavoin kuin kiitotieltä, kuten esimerkiksi luvussa 3.1.3 mainitun laukaisu- alustan avulla. Jotkut haastateltavista henkilöistä ideoivat myös vesiliikenteen yhdistämistä ilmaliikenteeseen meren läheisyyden takia, sillä vesilen- toliikennepaikalle olisi varmasti kysyntää. Sinne voisi laskeutua vesilen- tokoneella tai muulla ilma-aluksella, joka kykenee laskeutumaan veteen.

Logistisesta näkökulmasta dronejen toimintaa ideoitiin siten, että Pyhtään len- tokentältä voisi pilotoida drone-toimituksia esimerkiksi saaristoalueille tai muille vaikeakulkuisille alueille, jotka eivät ole helposti saavutettavissa. Dronelogistiikka osana toimitusketjua on kiinnostava aihe ja sen toimivuutta täytyy kokeilla ennen laajamittaista käyttöönottoa. Toimintaympäristönä Py- htään lentokentän arveltiin olevan erinomainen alusta dronelogistiikan pilotoin- nille.

Alueena Pyhtään lentokentän tarvitsee panostaa tienviittoihin ja alueen lö- ytämiseen, sillä tällä hetkellä lentokentälle on melko vaikeaa eksyä edes vah- ingossa. Tech Runway -tapahtumaan saavuttaessa moni haastateltava koki, että lentokentälle löytäminen oli erittäin haastavaa ja se nousi haastatteluissa esille useasti. Saapumiskutsussa olikin vain annettu osoite "Lentokenttä 49270 Pyhtää".

8.6 Koulutus- ja tapahtumatoiminta

Koulutusorganisaatioiden edustajien vastauksissa pohdittiin alan kehittymisen kannalta tärkeitä tekijöitä, kuten koulutusta drone-alalle sekä droneihin kohdistuvan mielenkiinnon lisäämistä tapahtumatoiminnan kautta Pyhtään len- tokentällä. Tällä hetkellä on yleisesti saatavilla drone-kursseja, joissa pere- hdytään dronejen lennättämiseen sekä saadaan perustiedot voimassa olevasta lainsäädännöstä sekä sen tuomista velvoitteista ja vastuista (UAS Finland s.a). Lyhyistä kursseista saa riittävät valmiudet lentotoimintaan, mutta ala tulee vaatimaan tulevaisuudessa oman opintohaaransa, jota voisi opiskella esimerkiksi ammattikorkeakoulussa omana alanaan. Koulutus tulisi pitämään

sisällään dronejen ja muiden UAS-laitteiden lento- ja käyttökoulutusta niin teoriaopintoina, kuin käytännön koulutuksena drone-keskuksen alueella.

Haastateltavien kanssa käytiin myös keskustelua siitä, että Pyhtään lentokenttä voisi järjestää tulevaisuudessa drone-alan tapahtumia. Tapahtuma-alueena Pyhtään lentokenttä on jo nyt onnistunut olemaan mielenkiintoinen tapahtumapaikka, ja tapahtumatoimintaa tullaan järjestämään vastaisuudessaakin. Tapahtumia voisi järjestää esimerkiksi konferenssien tai messujen muodossa, missä esiteltäisiin drone-uutuudet ja annettaisiin arvokasta tietoa droneista sekä niihin liittyvästä toiminnasta. Messut ovat hyvä tapa kerätä yhteen alan toimijat samaan paikkaan, minkä yhteydessä voisi järjestää työpajoja ja muita yhteiskehittämispalavereita. Messujen yhteydessä voisi järjestää konferensseja, jossa keskittyttäisiin valikoitujen drone-aiheiden ympärillä keskusteluun sekä kuunneltaisiin erilaisia luentoja ja paneelikeskusteluita.

8.7 Matkailu- ja turistipalvelut

Pyhtään lentokenttä ja drone-keskus voisi hyötyä muistakin käyttäjäryhmistä, kun pelkästään lentokentän tavallisista sidosryhmistä. Fokusryhmähaastattelussa tuli esille, että lentokenttäoperaattorin tulisi huomioida myös matkailijat ja turistit, esimerkiksi luomalla palveluliiketoimintaa lentokenttätoiminnan oheen. Kun palvelut yhdistetään ja asetetaan selkeästi esille, normaaleistakin matkailijoista saisi asiakkaita alueelle.

Eräs haastateltava ideoi, että lentokentän läheisyyteen voisi perustaa elämys- ja testipuiston, jossa voisi kokeilla ja vuokrata droneja sekä muita UAS-laitteita. Testipuistossa voisi olla myös dronekauppa / UAS-laitemyymälä, VR-simulaattori, sekä esittelytila / droneinfopiste. Esittelytila olisi ikään kuin heureka droneille, missä tuodaan drone-teknologia tutuksi, ja jossa kasvatettaisiin luottamusta drone-teknologiaa kohtaan. Miehittämätön ilmailu, dronet ja niiden teknologia ovat vielä niin uusia asioita, että ne olisi hyvä saada tunnetuksi ja ihmisten tietoisuuteen. Luottamusta uutta teknologiaa kohtaan tulee kasvattaa, jotta dronet saisivat ihmisten hyväksynnän. VR-simulaattorissa kuka tahansa voisi harjoitella lentämistä virtuaalisesti. Dronekaupassa myytäisiin droneja, niiden varaosia ja lisävarusteita. Elämys- ja testipuiston

lisäksi lentokentällä voisi harrastaa laskuvarjohyppytoimintaa ja saada lentokonekyyditystä.

Liike- ja matkailutoiminta vaativat ympärilleen myös majoituspalveluita, ja alueen tulisi tarjota majoitusta erilaisille kohderyhmille. Ideoinnissa nousi esille, että alueella täytyisi olla riittävät majoitukset matkailijoille ja liiketoiminnan harjoittajille sekä mahdollisesti isompia tapahtumia varten, kuten esimerkiksi Kotkan meripäiviä tai Kymiringin kilpailuita varten. Majoituspalveluiden lisäksi alueelle kaivattaisiin kylpylää, joka voisi myös tuoda kävijöitä alueelle.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli saada yleiskatsaus miehittämättömän ilmailun toiminnasta drone-keskuksen kehittämistä varten ja tutkimuksessa perehdyttiinkin drone-logistiikan käyttötapauksiin ja lainsäädäntöön. Miehittämättömät ilma-alukset ovat tekemässä tuloaan osaksi logistiikkaketjua, sillä teknologian kehittyessä niitä pystytään hyödyntämään yhä enemmän kuljetuksissa. Siksi asioita lähdettiin tutkimaan niistä näkökulmista, millaiset ovat drone-keskuksen kehittämisenäkymät Pyhtään lentokentälle sekä alaky symyksenä, millaisia palveluita lentokenttäoperaattori voisi tarjota drone-toimijoille.

Fokusryhmähaastatteluista saadulle aineistolle tehtiin sisällönanalyysi, jonka perusteella saatiin kattavia vastauksia tutkimuskysymyksiin. Lentokenttänä Helsinki-East Aerodrome on vielä varsin uusi, joten tässä vaiheessa lentokenttäoperaattorin on saatava monipuolista tietoa, mihin suuntaan ilmailukeskusta kannattaisi kehittää. Haastattelujen perusteella lentokentälle tulisi luoda ensin riittävät edellytykset perustoimintaa varten palvelemaan drone-toimijoita. Tämän jälkeen drone-keskukseen voisi kehittää droneja varten oma operointialue, jossa on riittävän pitkä kiitotie, testaus- ja harjoituslentoympäristö sekä 5G-yhteydet. Näin saataisiin varmistettua, että uusi teknologia on paremmin hallittavissa pienempien vasteaikojen takia ja kaikki mahdolliset ilmaliikennetoimijat pystytään liittämään samaan verkkoon. 5G-yhteydellä testustoiminta tullaan saamaan kunnolla käyntiin ja kaikki testidata

saadaan talteen. Lentokenttäoperaattorin tulisi samalla parantaa Pyhtään lentokentän tunnettuutta ja vetovoimaa, luomalla alueelle muutakin palveluliiketoimintaa normaalin lentokenttätoiminnan oheen, kuten liike- ja matkailutoiminnalle rakennettavat majoituspalvelut ja kylpylä sekä heureka-tyyppinen elämys- ja testipuisto.

Aiemmat tutkimukset droneihin liittyen osoittavat, että kuljetuslennokit tarjoavat mahdollisuutta vähentää lisääntyneitä liikenneruuhkia siirtämällä tavarankuljetukset taivaalle paikoissa, joissa väestönkasvu on heikentänyt ihmisten liikkuvuutta lisäten samalla ilmansaasteita. Harvaan asutuilla seuduilla tai ylitsepääsemättömässä maastossa dronet voivat operoida toimittamalla pientavarakuljetuksia tai muita elintärkeitä asioita, kuten lääkkeitä lyhentämällä reilusti toimitusaikoja. Pyhtään lentokentälle kehitettävän drone-keskuksen näkymät ovat valoisat, sillä dronejen testaustarve lisääntyy koko ajan ja tukentumispaikkatarve on tunnistettu. Lisäksi droneja koskeva ilmaliikennelainsäädäntö on muuttunut selkeämmäksi. Ilmaliikenne elää murrosvaihetta ja ilmaliikenteen markkinat monipuolistuvat sekä sähköistyvät. Pyhtään lentokenttä on luomassa alustaa uuden ajan lentokenttäkonseptille, jossa uutta teknologiaa testataan ja toimintamalleja tullaan rakentamaan uuden teknologian ympärille. Kun tulevaisuudessa on drone-kuljetustarve, Suomesta löytyy paikka, josta drone-kuljetuksia voidaan tehdä.

Helsinki-Vantaan lentokentän kakkoskenttänä toimiva Malmin lentokenttä tullaan lopettamaan ja sen korvaajaa on mietitty jo pitkään. Sen hiljennyttyä Pyhtäältä löytyy Etelä-Suomen ainut yleisilmailuun sopiva kenttä. Pyhtään lentokenttä ei tule olemaan Malmin kentän korvaaja, mutta se tulee palvelemaan monipuolisesti yleisilmailua ja olemaan tärkeä osa uuden ajan ilmaliikennettä. Lentokentältä löytyy jo nyt koekäytössä olevat satelliittilähestymisjärjestelmät, joka toimii ilman lennonjohtoa. Ne tullaan ottamaan kunnolla käyttöön myöhemmin. Pyhtään lentokenttä sijaitsee Suomen suurimpien satamien lähistöllä sekä merkittävällä logistiikkavyöhykkeellä, josta on lyhyt matka pääkaupunkiseudulle. Suunnitteilla oleva rantarata toisi oman lisänsä lentokentän saavutettavuuteen yhdistämällä lentokentän, satamat ja koko itäisen rantavyöhykkeen toisiinsa samaan rataverkkoon.

10 POHDINTA JA TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS

Opinnäytetyöprosessi käynnistyi tammikuussa 2020, kun kävin tutustumassa toimeksiantajaan ja Pyhtään lentokenttään. Toimeksiannon jälkeen aloitin varsinaisen työstämisen myöhemmin keväällä ja tein opinnäytetyötä samanaikaisesti päivätöiden ohella. Opinnäytetyön rajaaminen oli hieman haastavaa, mutta työlle onnistuttiin antamaan kohtalaisen selvät rajat, minkä puitteissa tietoa lähdettiin etsimään. Opinnäytetyön tavoitteena oli saada monipuolista tietoa drone-keskuksen kehittämisen vaatimuksista ja välittää se tieto toimeksiantajalle kehittämisen tueksi. Käsitteenä drone-keskus ja sellaisen kehittäminen oli niin uusi, että aiheesta oli vaikeaa saada täysin kattavaa tietoperustaa. Tämän vuoksi tutkimuksen pääpaino oli enemmän tunnetuissa drone-logistiikan käyttötapauksissa ja valmisteluvaiheessa olevassa lainsäädännössä, jonka pääperiaatteet olivat tiedossa.

Aluksi työssä oli ideana tehdä useampia haastatteluita, mutta päädyin tekemään fokusryhmähaastattelut Pyhtään lentokentällä järjestetyssä ilmailutapahtumassa, sillä kyseinen tilaisuus antoi mahdollisuuden haastatella asiantuntijoita samanaikaisesti samassa paikassa. Tutkimuksen ajankohta oli todella hyvä, sillä ilmaliikenteen lainsäädäntö oli keskeneräinen, valmisteluvaiheessa oleva ja se saatiin päätökseen hieman ennen kuin tämä tutkimus valmistui. Tutkimuksien luotettavuutta arvioidaan muun muassa siirrettävyyden, vahvistettavuuden ja uskottavuuden näkökulmista (Sarajärvi & Tuomi 2009, 138–139).

Tutkimuksen tulokset ovat luotettavia, sillä ne ovat siirrettävissä toiseen kontekstiin tietyin ehdoin, koska samankaltaisia toimintaympäristöjä on olemassa. Tulokset ovat vahvistettavissa, sillä samaa ilmiötä tutkineista tutkimuksista on saatu vastaavia tulkintoja. Uskottavuutta voidaan tarkastella siten, että tutkimuksen tekijän käsitteet ja tulkinnat ovat vastanneet tutkittavien henkilöiden käsityksiä.

Opinnäytetyössä käytettyyn tutkimusmenetelmään liittyi joitakin rajoituksia. Työpajan ryhmähaastatteluisissa kaikkien haastateltavien vuorovaikutus ei välttämättä noussut riittävästi esille. Lisäksi työpajaa varjosti COVID-19-virus,

joka rajoitti ihmisten kokoontumista. Opinnäytetyön tavoitteet kuitenkin saavutettiin ja rajoituksista huolimatta tutkimus onnistui tuomaan esille olennaiset asiat. Tutkimuksella on paljon uutuusarvoa ja sen vahvuus on siinä, että se toi drone-alan kehittymisen kannalta uusia näkökulmia drone-keskuksen luomiseksi. Uutuusarvoa omaavalla aihepiirillä on paljon mahdollisuuksia jatkotutkimuksille, joissa kannattaisi tutkia drone-keskuksen käyttöönottoa sekä minkälaisia toimintamalleja dronekuljetusten ympärille voisi rakentaa Pyhtään lentokentällä. Tutkimus osoittaa, että Pyhtään lentokentällä on hyvät edellytykset drone-keskukselle ja tuloksista saatuja näkökulmia voisi hyödyntää käytännön toteutuksessa.

LÄHTEET

- Britannica s.a. Harrier airplane. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.britannica.com/technology/Harrier-airplane> [viitattu 28.8.2020].
- Cetinsoy, E., Dikyar, S., Hancer, C., Oner, K. T., Sirimoglu, E., Unel, M & Ak-sit, M. F. 2012. Mechatronics 6, 723–745. Verkko-lehti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741581200044X> [viitattu 11.9.2020].
- Chapman, A. 2016. Drone types: Multi-rotor vs fixed-wing vs single rotor vs hybrid vtol. Auav. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.auav.com.au/articles/drone-types/> [viitattu 25.8.2020].
- Comission implementing regulation (EU) 2019/947. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A02019R0947-20190611&qid=1580801992431&from=FI> [viitattu 8.8.2020]
- Electricalfundablog. 2020. Drones – Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), types, components, works. Blogi. Päivitetty 3.1.2020. Saatavissa: https://electricalfundablog.com/drones-unmanned-aerial-vehicles-uavs/#Types_of_Drones_UAVs [viitattu 9.9.2020].
- EU:n dronesäännöt ammattikäyttäjille. 2021. Dronerules.EU. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://dronerules.eu/fi/professional> [viitattu 6.1.2021]
- GAO. 2019. Unmanned Aircraft Systems: FAA’s compliance and enforcement approach for drones could benefit from improved communication and data. GAO:n julkaisuja 2019:20–29. WWW-dokumentti. Päivitetty 17.10.2019. Saatavissa: <https://www.gao.gov/reports/GAO-20-29/#table1> [viitattu 19.9.2020]
- Hader, M. & Baur, S. 2020. Cargo drones: The future of parcel delivery. *Roland Berger*. Verkko-lehti. Päivitetty 19.2.2020. Saatavissa: <https://www.roland-berger.com/en/Point-of-View/Cargo-drones-The-future-of-parcel-delivery.html> [viitattu 3.6.2020].
- Heath, N. 2008. Project Wing: A cheat sheet on Alphabet’s drone delivery project. Techrepublic. Päivitetty 4.4.2018. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.techrepublic.com/article/project-wing-a-cheat-sheet/> [viitattu 11.9.2020]
- Heutger, M. & Kückelhaus, M. 2014. Unmanned aerial vehicle in logistics. A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry. DHL. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/DHL_TrendReport_UAV.pdf [viitattu 26.4.2020].
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2010. Tutki ja kirjoita. 15.–16. painos. Helsinki: Tammi.

Hotanen, J., Laine, R. O., Pietiläinen, S. 2001. Benchmarking-opas: Opi hyviltä esikuvilta. Otamedia: Espoo.

Itäinen rantarata – Enemmän kuin ratainvestointi. 2020. WSP Finland Oy:n tekemä selvitys, toimeksiantajina Kotka, Loviisa, Hamina, Pyhtää ja Virolahti. PDF-dokumentti. Julkaistu 2/2020. Saatavissa: https://www.kotka.fi/wp-content/uploads/2020/02/It%C3%A4inen_rantarata_raportti_2020.pdf [viitattu 5.11.2020]

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kilpeläinen, P., Kostianen, E. & Laakso, S. 2009. Helsingin seudun lentokentän merkitys aluetalouden ja yritystoiminnan kannalta. Ympäristöministeriö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kaupunkitutkimusta.fi/wp-content/uploads/2013/12/HS-lentokentta%CC%88selvitys-RAPORTTI.pdf> [viitattu 27.10.2020].

Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 947. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A02019R0947-20190611&qid=1580801992431&from=FI> [viitattu 8.8.2020]

Korjula, E. 2021. Hallituksen jäsen. Sähköpostihaastattelu 13.1.2021. Redstone Aero Oy.

Lahtinen, H. & Pulli, J. (toim.) 2012. Logistiikkakeskuksen kehittäjän käsikirja. Etelä-Suomen logistiikkakeskusjärjestelmän kehittäminen -hanke 2009–2012. Hyvinkää: Teknologiakeskus Techvilla Oy.

Lappi, A. 2017. Comparison of selected UAS test areas in Europe and America regarding practical aspects for developers. FH Joanneum University of Applied Sciences. Master thesis. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.aaiq.at/wp-content/uploads/2017AAI_AlexanderLappi_MasterThesis_TestAreasUAS_OriginalFHJ.pdf [viitattu 11.10.2020].

Lentoposti. 2020. Wing käynnisti jälleen pakettikuljetukset Vuosaarella – käytössä Suomen olosuhteisiin paranneltu drone. *Lentoposti*. Verkkolehti. Päivitetty 1.7.2020. Saatavissa: http://www.lentoposti.fi/uutiset/wing_k_yn_nisti_j_lleen_pakettikuljetukset_vuosaarella_k_yt_ss_suomen_olosuhteisiin_paranneltu_drone [päivitetty 11.9.2020].

Lewis, N. 2020. A tech company engineered drones to deliver vital COVID-19 medical supplies to rural Ghana and Rwanda in minutes. *Businessinsider*. Verkkolehti. Päivitetty 12.5.2020. Saatavissa: <https://www.businessinsider.com/zipline-drone-coronavirus-supplies-africa-rwanda-ghana-2020-5?r=US&IR=T> [viitattu 26.9.2020].

Liikenne- ja viestintäviraston (Traficom) ilmailumääräys OPS M1-32. 2020. Saatavissa: https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/OPS%20M1-32_2020_final.pdf [viitattu 9.1.2021]

Linturi, R. & Kuusi, O. 2018. Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018–2037. Yhteiskunnan toimintamallit uudistava radikaali teknologia. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 2018:1. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2019/05/Suomen_sata_uutta_mahdollisuutta_2018.pdf [viitattu 7.6.2020].

LOGHU2-työryhmäraportti. 2008. Logistiikan huoltovarmuuden varmistaminen ja kehittäminen 2006–2008. PDF-tiedosto. Saatavissa: https://cdn.huoltovarmuuskeskus.fi/app/uploads/2016/08/31144129/2007_LOGHU2_Tyoryhmaraportti.pdf [viitattu 18.7.2020].

McNabb, M. 2016. New Traffic management for drones solution: Geofencing and drone zones. Dronelife. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://dronelife.com/2016/12/28/new-traffic-management-drones-solution-geofencing-drone-zones/> [viitattu 6.7.2020]

Murray, C. & Chu, A. 2015. Transportation research part C: Emerging technologies 54, 86–109. Verkkolehti. Saatavissa: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X15000844?casa_token=FHpedBc6a8AAAAA:DP0gViqO28HPWZnT1zfcywiS4uwYIIHzAMyK-nxM8rlf3d_rWwBf19N4YSEalGjhzZF-LFTpt7qQ [viitattu 4.6.2020].

Mäntynen, J. 2020. Tulevaisuuden ilmaliikenne Suomessa – Helsinki-East Aerodromen rooli. WSP Finland Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://cursor-prod.s3.eu-central-1.amazonaws.com/cursor/s3fs-public/helsinki-east_aerodrome_raportti_0.pdf?naBkHf38BxU2vQIXdrKvbxWdwwYlcnGy [viitattu 5.11.2020]

Mäntyranta, T. & Kaila M. 2008. Fokusryhmähaastattelu laadullisen tutkimuksen menetelmänä lääketieteessä. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 124 (13), 1507–1513. Verkkolehti. Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/duo97349> [viitattu 28.8.2020].

Niemelä, T. 2020. Miehittämättömän ilmailun sääntelyn ajankohtaiset asiat – Drone kiihdyttämö 20.4.2020. Virtuaalinen webinaari 20.4.2020.

Niemistö, J., Soimakallio, S., Nissinen, A. & Salo, M. 2019. Lentomatkustuksen päästöt – Mistä lentoliikenteen päästöt syntyvät ja miten niitä voidaan vähentää? Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2019:2. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/292417/SY-KEra_2_2019.pdf?sequence=6 [viitattu 16.1.2021]

Pathiyil, L., Low, K. H., Soon, B. H. & Mao, S. 2016. Enabling safe operations on unmanned aircraft systems in an urban environment: A preliminary study. Nanyang Technological University. Air traffic management research institute. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://scholar.google.fi/scholar?q=Enabling+Safe+Operations+of+Unmanned+Aircraft+Systems+in+an+Urban+Environment:+A+Preliminary+Study&hl=fi&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar

[viitattu 6.7.2020].

Pyhtää s.a. Pyhtään lentopaikka – kysymyksiä ja vastauksia. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://pyhtaa.fi/fi/pyhtaan-lentopaikka-kysymyksia-ja-vas-
tauksia](https://pyhtaa.fi/fi/pyhtaan-lentopaikka-kysymyksia-ja-vas-
tauksia) [viitattu 16.1.2021]

Sarajärvi, A. & Tuomi, J. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Sesar. 2017.U-Space blueprint. PDF-dokumentti. Päivitetty 9.6.2017. Saatavissa: <https://www.sesarju.eu/u-space-blueprint> [viitattu 19.7.2020].

Tietoa lentoliikenteestä s.a. Finavia. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/tietoa-lentoliikenteesta> [viitattu 16.1.2021]

Tilt wing unmanned aircraft. 2019. Barnard Microsystems. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://barnardmicrosystems.com/UAV/milestones/tilt_wing.html [viitattu 11.9.2020].

Traficom. 2018. Droneinfo.fi – usein kysyttyä. WWW-dokumentti. Päivitetty 19.12.2018. Saatavissa: https://www.droneinfo.fi/fi/usein_kysyttya/ilmailu_-_miehittamattomat_ilmaluukut_ja_lennokit [viitattu 17.10.2020].

UAS Denmark s.a. About UAS Denmark. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://uasdenmark.com/about-uas-denmark/> [viitattu 13.9.2020].

UAS Finland s.a. Koulutus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://uasfinland.eu/fi/koulutus.html> [viitattu 6.2.2021]

Vlahovic, N., Knezevic, B. & Batalic, P. 2017. Implementing Delivery Drones In Logistics Business Process: Case of pharmaceutical industry. *Zenodo*. Verkkojulkaisu. Päivitetty 4.2.2017. Saatavissa: https://zenodo.org/record/1129680#.Xqb_WcgzblX [viitattu 14.5.2020].

Zipline s.a. How it works. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://flyzipline.com/how-it-works/> [viitattu 11.9.2020].