



# **PIENOISHELIKOPTERIEN KAUPALLISET KÄYTTÖKOHTEET**

Jussi Siiriäinen

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2015  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Lentokonetekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Lentokonetekniikka

SIIRIÄINEN, JUSSI

Pienoishelikopterien kaupalliset käyttökohteet

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Syyskuu 2015

---

Kauko-ohjattavat pienoishelikopterit ovat viime vuosina tulleet erittäin suosituiksi vapaa-ajan ja ammattikäytössä. Nykyään niitä käytetään pääasiassa valo- ja videokuvauksessa, mutta ne voi valjastaa moniin hyödyllisiin käyttötarkoituksiin. Opinnäytetyön tarkoituksena oli etsiä tietoa käyttökohteista, joissa käytetään pienoishelikoptereita. Tutkimuksen kohteena oli myös selvittää voisiko pienoishelikopteri korvata joitakin nykyisiä eri tehtävien hankalasti tai kalliisti suoritettavia esim. mittaus- tai kuvausmenetelmiä. Koska ala on hyvin uusi ja tekniikka kehittyy nopeasti, paras tiedonhakumenetelmä oli internethaku.

Suurimpana ongelmana pienoishelikopterien kaupallisen käytön hitaaseen kasvuun on ollut kehitystä jäljessä oleva ilmailulaki, jossa ei ole huomioitu pienoishelikoptereita oikeastaan lainkaan. Liikenneviraston työryhmä on laatinut määräysluonnoksen, josta on tarkoitus luoda lopullinen laki yleisesti koskien miehittämättömiä ilma-aluksia ja lennokkeja. Tavoitteena on luoda myös EU:n alueelle yhtenäiset pelisäännöt, jotka koskevat miehittämättömiä ilma-aluksia ja joista mielipiteensä ilmaisevat hankkeessa mukana olevat EU-maat. Yhdysvalloissa on testattu jopa miehittämättömiä ilma-aluksia varten kehitettyjä lennonohjausjärjestelmiä.

Kaupallisia käyttökohteita tai konsepteja on tällä hetkellä olemassa kymmenittäin ja Suomessakin pienoishelikoptereita käytetään melko moniin tarkoituksiin. Korkean teknologian mittaustehtävät, kuten lämpökuvaukset, ortokuvaukset ja laserkeilaukset kuuluvat joidenkin alan yritysten palveluihin, mutta potentiaalia on vielä käyttämättä. Eri-laiset pelastustehtävät, luonnontarkkailu, pakettitoimitukset ja jopa kunnossapitotyöt pienoishelikopteria käyttäen ovat järkeviä kaupallisia käyttökohteita.

---

Asiasanat: ilmailulaki, kauko-ohjattava pienoishelikopteri, miehittämätön ilma-alus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Technology  
Aircraft Engineering

SIIRIÄINEN, JUSSI  
Commercial Use of Remotely Piloted Drones

Bachelor's thesis 45 pages, appendices 0 pages  
September 2015

---

Remotely piloted small helicopters, or drones, have gained great popularity among people in both leisure time and professional use. Currently they are mostly used in photography or video photography but drones are also suitable for many other practical applications. The target of research was to settle if drones could be used to replace some of the current difficult or expensive methods which are applied to e.g. measuring or photographing. Because this is such a new field of industry and the technology around it develops rapidly, the best way to find information was internet search.

An outdated aviation law which neglects drones almost completely has so far prevented quick increase in commercial use of drones in Finland. The Finnish Transport Safety Agency has created a draft of order for a law regarding unmanned aerial vehicles. The goal is to create common regulations for unmanned aerial vehicles on EU level and all EU member states will express their opinion on what subjects should be included in the law. Pilot projects even for air traffic control systems built especially for unmanned aerial vehicles have taken place in the USA.

There are tens of different commercial applications or concepts and many applications are used in Finland. Some companies offer high technology measurement services such as thermographic survey, orthophotography, and laser scanning but there is still some unused potential. Rescue missions, observation of nature, package deliveries and even maintenance using a drone are sensible commercial applications for drone technology.

---

Key words: aviation law, drone, unmanned aerial vehicle

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LAKI JA MÄÄRÄYKSET .....	7
	2.1 Nykytilanne.....	7
	2.2 Tulevat määräykset .....	8
	2.3 Turvallisuusarviointi .....	11
	2.4 Oma lennonjohto.....	14
	2.4.1 Lennonohjauskonsepteja.....	15
3	PIENOISHELIKOPTERI.....	17
	3.1 Yleistä .....	17
	3.1.1 Akut.....	22
	3.1.2 Litiumioni-akku .....	24
	3.2 Alan yrityksiä.....	25
	3.2.1 VideoDrone Finland Oy.....	25
	3.2.2 PIEngeering.....	25
	3.2.3 Mitta Oy .....	26
	3.2.4 Pro Ilmakuvaus .....	27
	3.2.5 Radai Oy.....	27
4	PIENOISHELIKOPTERIEN KAUPALLISET KÄYTTÖKOHTEET .....	29
	4.1 Sähköverkon tarkastuslennot .....	29
	4.2 Metsäkartoitus.....	31
	4.3 Liikenteen valvonta.....	32
	4.4 Postilennot .....	33
	4.5 Pelastus- ja luonnontarkkailulennot.....	33
	4.5.1 Metsäpalot.....	33
	4.5.2 Etsintätoimi .....	34
	4.5.3 Ambulanssilennot.....	35
	4.5.4 Luonnonsuojelu.....	37
	4.5.5 Viranomaistehtävät .....	38
	4.5.6 Sinilevähavainnot.....	38
	4.6 Kunnossapito- ja tarkastustyöt.....	39
5	POHDINTA.....	42
	LÄHTEET.....	43

## LYHENTEET JA TERMIT

quadrokopter	nelimoottorinen pienoishelikopteri
hexakopter	kuusimoottorinen pienoishelikopteri
Trafi	Liikenteen turvallisuusvirasto
RPAS	Remotely Piloted Aerial System, kauko-ohjattu ilma-alusjärjestelmä
AESA	Espanjan ilmailuturvallisuusvirasto
EASA	Euroopan ilmailuturvallisuusvirasto
CTR	Control Zone, kontrollialue
FIZ	Flight Information Zone, lentoinformaatiovyöhyke
GPS	Global Positioning System, maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä
RFID	Radio Frequency IDentification, radiotaajuustunnistus
LiPo	litiumpolymeeri
Li-ion	litiumioni
IOC	Intelligent Orientation Control, älykäs suunnistuksenhallinta
POI	Point of Interest, huomiopiste
UAS	Unmanned Aerial System, miehittämätön ilma-alusjärjestelmä
B-VLOS	Beyond Visual Line of Sight, näkökentän tapahtuva lennättäminen
CNC	Computerized Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
SAR	Search and Rescue, Etsi ja pelasta

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää suosiotaan jatkuvasti lisäävien pienoishelikopterien kaupallisia ja käytännöllisiä käyttökohteita. Pienoishelikoptereilla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä kauko-ohjattavia pienoishelikoptereita, kuten quadrotai hexakoptereita, joiden kokonaismassa lisälaitteineen on alle 25 kiloa. Virallinen termi näille on miehittämätön ilma-alus. Pienoishelikopterit ovat erityisen suosittuja valokuvauksessa niin amatööri- kuin ammattilaiskäytössä. Niitä on käytetty kokeellisessa mielessä pienten pakettien kuljettamisessa rajatulla kaupunkialueella ja isoja koptereita (jopa 3 metriä pitkiä) käytetään maaseudulla torjunta-aineiden levittämisessä.

Potentiaalisia käyttökohteita on lähes rajattomasti. Monia ideoita on jo toteutettu, monia on suunniteltu mutta ei toteutettu ja jotkut ideat odottavat vielä syntymistään. Laitteiden nopean yleistymisen vuoksi lainsäädäntö ei ole pysynyt kehityksen perässä ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi onkin jo julkistanut myöhemmin voimaantulevia määräyksiä koskien laitteiden rekisteröimistä, millaisia lupia vaaditaan, mitkä ovat painorajoitukset, missä laitteilla saa lentää jne. Myös EU:n tasolla työryhmä yrittää laatia kaikille jäsenmaille yhteisiä säädöksiä, jotka ratifioitaisiin kun jäsenmaat löytävät konsensuksen esittämiensä ehdotusten ja vaatimusten välillä.

Opinnäytetyössä esitellään joitain sovellutuksia, joissa pienoishelikoptereita käytetään sekä alan suomalaisyrityksiä. Lisäksi tarkoitus on ideoida uusia käyttökohteita, millaista tekniikkaa sen toteuttaminen lisälaitteiden osalta vaatii ja miten konseptin saisi kaupallisesti hyödynnettyä. Myös tulevat lakimuutokset käsitellään olennaisimpien määräysten osalta.

## 2 LAKI JA MÄÄRÄYKSET

### 2.1 Nykytilanne

Miehittämättömiä ilma-aluksia koskevaa yhteistä EU-lainsäädäntöä ei vielä ole vaan jokainen jäsenmaa on itse asettanut määräyksiä kyseiselle lentotoiminnalle. Suomen lainsäädäntö on tässä asiassa edistyneempiä EU-maita perässä, sillä Suomen ilmailulaisista ei löydy normistoa RPAS-toiminnalle (Remotely Piloted Aircraft System). Toisaalta Suomessa on sallivampi asenne miehittämättömien ilma-alusten lennätystä varten, sillä harvaanasuttuna maana täällä kyseisiä lentolaitteita ei nähdä ilmatilaa tukkivina ja vaaratilanteita aiheuttavina riesoina vaan järkevänä ja jopa hyödyllisenä toimintana. Espanjassa paikallinen ilmailuturvallisuusvirasto AESA on kieltänyt miehittämättömien ilma-alusten kaupallisen käytön ja harrastekäyttö on sallittua ainoastaan hyväksytyillä paikoilla, jotka tässä tapauksessa ovat suljetut sisätilat. (The Register 2015)

Toistaiseksi miehittämättömillä ilma-aluksilla suoritettuun lentotyöhön on sovellettu samoja määräyksiä kuin yli 150 kg painaville ilma-aluksille, ellei siihen ole säädetty poikkeusta. EU:n tasolta on tulossa säädöksiä, jotka koskevat ensisijaisesti vain yli 150 kg painavia laitteita. Myöhemmin EASA:n toimialue laajenee koskemaan myös alle 150 kg:n painoisia laitteita. Alle on listattuna muutaman olennaisen teemaan liittyvän käsitteen merkitykset.

- ”Lennokki: lentämään tarkoitettu laite, jonka mukana ei ole ohjaajaa ja jota käytetään harraste- tai urheilutarkoitukseen. Lennokkia ei katsota miehittämättömäksi ilma-alukseksi.
- Miehittämätön ilma-alus: Miehittämätön ilma-alus on ilma-alus, joka on tarkoitettu lentämään ilman ilma-aluksessa mukana olevaa ohjaajaa. Miehittämätön ilma-alus on yleistermi, jonka alalaji on kauko-ohjattu ilma-alus.
- Kauko-ohjattu ilma-alus: Kauko-ohjatulla ilma-aluksella tarkoitetaan miehittämätöntä ilma-alusta, jota ohjataan kauko-ohjauspaikasta.” (Trafi 2015)

## 2.2 Tulevat määräykset

Trafi on julkaissut tuoreimman miehittämättömiä ilma-aluksia ja lennokkeja koskevan määräysluonnoksen 5.5.2015. Sen lisäksi Trafi on julkaissut perustelumuistion, jossa perustellaan määräysluonnoksessa listattuja ehdotuksia. Muita lakiehdotelmaan liittyviä Trafin verkkosivuilta löytyviä dokumentteja ovat perustelumuistion kommenttiosio, johon on listattu määräysluonnoksen kommenttikierrokselta saatuja näkemyksiä tulevan lain sisällöstä. Kommentit on saatu talven 2015 aikana. Laajin dokumentti on turvallisuusarviointi, jossa selvitetään miehittämättömien ilma-alusten sekä lennokkien lennättämiseen liittyviä riskejä, pahimpia mahdollisia vaaratilanteita, sekä ennakkotoimenpiteitä, joilla onnettomuuksilta voidaan välttyä. Toimintaehdotuksia on runsaasti ja niistä moni ei päädy lakitekstiin asti, vaan ne jäävät monin paikoin suosituksiksi eivätkä velvollisuuksiksi.

Ilmailulaki (864/2014) 70 § määrittää tarkasti lentotoimintaa koskevat ehdot ja millaiset ilma-alukset kuuluvat määräysten alaisuuteen. Määräysluonnos 5.5.2015 on miehittämättömiä ilma-aluksia kohtaan hyvin salliva ja sen 2. pykälän mukaan ilmailulain 70 §:ssä tarkoitettua lentotyölupaa ei vaadita kyseisiltä laitteilta eikä niihin myöskään sovelleta lentotyöstä annettua Trafin määräystä OPS M1-23. Miehittämättömien ilma-alusten ohjaaminen niin vapaa-aikana kuin työskentelytarkoituksessa halutaan pitää uusien säädösten puolesta helppona vaivattomana. Normaali harrasteilmailu vaatii lupakirjojen suorittamista sekä säännölliset lääkärintarkastukset, jotta lentokelpoisuus pysyy voimassa. Miehittämättömien ilma-alusten ohjaaminen edellyttää ohjaajalta 18 vuoden ikää ja sama ikävaatimus on määräysluonnoksen mukaan myös kauko-ohjaustähystäjällä. Yöllä lennättäminen olisi kiellettyä paitsi pelastus- ja poliisiviranomaisen, rajavartiolaitoksen tai Tullin työtehtävissä. Mikäli lennättäminen suoritetaan muulta ilmailulta kielletyllä tai miehittämättömille ilma-aluksille tarkoitettulla alueella, olisi lennättäminen sallittua myös yöaikaan. (Määräysluonnos, 2.5)

Vaikka laitteiden lennätys ei vaadi lupakirjoja tai toiminta varsinaista lupahakemusta, ohjaajalta ollaan edellyttämässä ilmoitusvelvollisuutta Liikenteen turvallisuusvirastolle kun laitetta aiotaan käyttää ensimmäisen kerran. Viranomaistyö siis lisääntyy tiedonhaldinnan- ja valvonnan osalta. Määräysluonnos edellyttäisi seuraavia toimenpiteitä:



”Miehittämättömän ilma-aluksen käyttäjän on ilmoitettava Liikenteen turvallisuusvirastolle seuraavat tiedot:

- a) tiedot käyttäjästä
- b) tekniset perustiedot ilma-aluksesta,
- c) aiotun toiminnan laatu ja laajuus,
- d) tieto siitä, aiotaanko toimintaa harjoittaa asutuskeskuksen tiheästi asutulla alueella, ja
- e) tieto siitä, aiotaanko toimintaa harjoittaa ulkosalle kokoontuneen väkijoukon yläpuolella.” (Määräysluonnos, 2.3)

Lakimuutos ei ole vaatimassa laitteen omistajaa rekisteröimään miehittämätöntä ilma-alusta ilma-alusrekisteriin, vaikka laitetta käytettäisiinkin ansaintatarkoituksessa. Tällä hetkellä rekisteröimistä edellytetään vain yli 150 kg painavilta ilma-aluksilta. (Ilmailulaki 70 §)

Valvomattomassa ilmatilassa miehittämättömän ilma-aluksen lennätyskorkeus saa olla enintään 150 metriä maan tai veden yläpuolella. Etäisyys kauko-ohjaajasta tai kauko-ohjaustähystäjästä saa laitteella olla enintään 500 metriä. Lennättäminen valvotun lentopaikan lähialueella (CTR), esim. Helsinki-Vantaan lentoasema tai lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeellä (FIZ) silloin kun toimitaan ilmaliikennepalveluelimen aukioloaikojen ulkopuolella, on sallittua vain enintään 50 metrin korkeudella maan tai veden pinnan yläpuolella ja kun vaakasuora etäisyys kiitotiestä tai helikopteripaikasta on vähintään viisi (5) kilometriä. (Määräysluonnos, 3.2 a) ja b))

Jos lentotoimintaa suoritetaan alle kilometrin etäisyydellä valvomattoman lentopaikan kiitotiestä tai helikopterilentopaikasta, tulee ohjaajan julkaista tieto lennätystoiminnasta ilmailutiedotusjärjestelmässä ennen kuin lennätystä aletaan suorittaa. Määräysluonnoksen kohta 3.2 c) antaa miehittämättömän ilma-aluksen omistajalle mahdollisuuden suorittaa lennätystä myös rajoitetuissa lentopaikoissa vapaammin, mikäli asiasta sovitaan ilmaliikennepalvelun tarjoajan kanssa:

”Jos lennätyksestä on sovittu ennakkoon ilmaliikennepalvelun tarjoajan kanssa ja ilmaliikennepalvelun tarjoaja on arvioinut, että lennätys voidaan toteuttaa lentoturvallisuutta vaarantamatta ja ilmanliikenteen sujuvuuden häiriintymistä, miehittämättömän ilma-aluksen lennättäminen on sallittua lähialueella (CTR) ja lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeellä (FIZ) enintään 100 metrin korkeudella maan tai veden pinnasta. Ilmaliikennepalvelun tarjoaja voi liikennetilanne huomioiden, sallia suuremman lennätyskorkeuden. Mitä edellä on määrätty ennakolta sopimisesta, koskee myös lennätyskiä, jotka tapahtuvat asianomaisesta ilmatilasta vastaavan ilmaliikennepalveluelimen aukioloajan ulkopuolella.” (Määräysluonnos 3.2 c)

Tällä lisäyksellä helpotetaan varsinkin hiljaisempien maakuntakenttien ympäristössä toimimista, joilla varsinaista liikelentotoimintaa on huomattavasti vähemmän kuin Helsinki-Vantaan tai Helsinki-Malmin lentoasemilla. Myös niiden ilmatilojen läheisyydessä on mahdollista lennättää miehittämätöntä ilma-alusta turvallisesti, mutta lentokorkeutta ei luonnollisesti voida sallia nostettavan merkittävästi yli esitettyjen ohjearvojen. BBC uutisoi 21.7.2015 Puolassa, Varsovan kansainvälisellä lentokentällä 20.7.2015 tapahtuneesta läheltä piti -tilanteesta, jossa Lufthansan Embraer ERJ-195 -mallinen lyhyiden etäisyyksien suihkuturbiinimatkustajakone oli törmätä laskeutumisvaiheessa 760 metrin korkeudella lentäneeseen kauko-ohjattavaan pienoishelikopteriin. Pienoishelikopteri oli ainoastaan n. 100 metrin etäisyydellä lentokoneesta. (BBC 2015)

Tässä tapauksessa suunnitellut rajoitukset on rikottu räikeästi. Tekijä on saattanut tahallaan lentää koneensa niin korkealle, että se aiheuttaa vaaraa lentoliikenteelle tai ohjaaja ei ole tajunnut ohjaamansa pienoishelikopterin todellista korkeutta. Lisäksi pienoishelikopteria on lennätetty valvotun lentopaikan välittömässä läheisyydessä, mikä olisi uusien määräysten vallitessa yksiselitteisesti kiellettyä ilman poikkeuslupaa. Lakimuutos ei luonnollisesti estäisi sellaisten lennättäjien toimintaa, jotka lähtökohtaisesti haluavat aiheuttaa häiriötä muulle lentotoiminnalle, mutta laki antaisi enemmän ja selkeämpiä määräyksiä, joiden perusteella häiriköitsijät voidaan tuomita.

Miehittämättömän ilma-aluksen massa rajoitetaan määräysluonnos 5.5.2015 kohtien 3.1 a) ja 3.4 a) mukaan siten, että lennätettäessä laitetta ilmailulta rajoitettujen alueiden ja vaara-alueiden ulkopuolella, suurin lentoonlähtömassa saa olla enintään 25 kiloa ja mikäli lennätystä suoritetaan väkijoukon tai tiheästi asutun alueen yläpuolella, suurin lentoonlähtömassa saa olla enintään 7 kiloa. Saman määräysluonnoksen kohta 3.3 määrää miehittämättömän ilma-aluksen väistämisvelvolliseksi kaikkia muita ilma-aluksia kohtaan. Käyttäjältä vaadittaisiin kohtien 3.4 c) ja d) mukaan toimeksiantokohtaista kirjallista turvallisuusarviointia, johon on kirjattu vaaratekijöiden tunnistaminen, riskiarviointi, miten riskejä vähennetään sekä kirjallinen toimintaohjeistus, jossa kuvaillaan miehittämättömän ilma-aluksen normaalitoiminta ja toiminta häiriötapauksessa. Edellä mainitut dokumentit tulee kohdan 3.4 e) mukaan säilyttää vähintään kolmen kuukauden ajan ja ne tulee pyynnöstä esittää valvontaviranomaiselle. Nämä vaatimukset kuitenkin ku-

motaan, mikäli kyseessä on kohdan 3.5 mukaan miehittämättömän ilma-aluksen käyttö pelastus- tai poliisiviranomaisen, rajavartiolaitoksen tai Tullin tehtävissä. Vaadittavaan näköetäisyyteen (500 m), väkijoukon yllä suoritettavaan lennätykseen käytettävän miehittämättömän ilma-aluksen korkeimpaan sallittuun lentoonlähtömassaan (7 kg) ja yleiseen korkeimpaan sallittuun lentoonlähtömassaan (25 kg), järjestelmään tai menettelyyn ohjaajan ja laitteen välisen yhteyden katkeamisen varalta ja yölentokieltoon voi hakea määräysluonnoksen kohdan 5 perusteella poikkeuslupaa. Sitä varten hakijan tulee tehdä kirjallinen turvallisuusarviointi, jossa on sisällytettynä vaaratekijöiden tunnistaminen, riskien arviointi ja niiden vähentäminen. Sen lisäksi tarvitaan kirjallinen toimintaohjeistus, jossa kuvaillaan millaista normaalitoiminta on ja toiminnot häiriötapauksissa, mikäli Liikenteen turvallisuusvirasto sellaista pyytää. (Määräysluonnos, 5)

### 2.3 Turvallisuusarviointi

Trafin turvallisuusarviointi ehdottaa olemassa olevan tekniikan hyödyntämistä, jotta välttyään laitteen ja ilma-aluksen törmäykseltä valvotussa ilmatilassa. Ns. geofence-ominaisuudet varmistaisivat sen, että miehittämättömiä ilma-aluksilla ei edes pääse lentokenttien lähistöllä ilmaan. Geofence tarkoittaa ohjelmiston ominaisuutta, joka hyödyntää GPS:ää tai RFID:tä maantieteellisten rajojen määrittämisessä. Tässä tapauksessa miehittämättömään ilma-alukseen asennettavaan tietokoneohjelmaan määritetään alue, jonka sisäpuolelle sillä ei voi lentää. Geofence-ohjelman saa ladattua vaikkapa älypuhelimien, jolloin tieto lentokieltovyöhykkeelle joutumisesta tulisi suoraan ohjaajan omaan puhelimeen. Suosituksena olisi, että laitevalmistajien tulisi sisällyttää geofence-tietokantoihin mahdollisimman kattavasti suomalaiset lentoasemat ja yhdenmukaistaa geofence-rajoitukset suomalaisten vaatimusten edellyttämiksi. Tällä hetkellä esim. DJI Phantom -pienoishelikoptereissa on suomalaisista lentoasemista sisällytetty A-kategoriasta Helsinki-Vantaan lentoasema ja B-kategorian lentoasemista Kittilä, Kuusamo, Lappeenranta, Tampere, Oulu, Kuopio, Rovaniemi, Vaasa ja Turku. A-kategoriassa miehittämätöntä ilma-alusta ei ole mahdollista lennättää ollenkaan, mikäli etäisyys lentoasemasta on alle 2,4 kilometriä. Kun etäisyys on 2,4 kilometriä, maksimilentokorkeus on 10 metriä. Etäisyyden kasvaessa lentokorkeuskin nousee tasaisesti, kunnes etäisyys lentoasemasta on 8 kilometriä, jolloin maksimilentokorkeus on 130 metriä. B-kategoriassa miehittämätöntä ilma-alusta ei pysty lennättämään, jos etäisyys

lentoasemasta on alle 1 kilometri. Sitä kauempana ei ole lennätysrajoituksia. (Turvallisuusarviointi, 18)

Turvallisuusarviointi ehdottaa miehittämättömien ilma-alusten jakamista painoluokkiin (taulukko 1). Painoluokkia olisi neljä ja sen mukaan arvioitaisiin ja määritettäisiin miten vaaralliset seuraukset onnettomuudesta voisi seurata. Riskiarvioinnissa on tarkasteltu tilanteita, joissa lennetään väkijoukon yläpuolella tai tiheästi asutulla alueella, muualla kuin tiheästi asutulla alueella sekä tilanteita, joissa valvotussa tai valvomattomassa ilmatilassa oleva miehittämätön ilma-alus ja ilma-alus törmäävät.

TAULUKKO 1. Suunnitellut painoluokat. (Turvallisuusarviointi, 4)

Luokka	Määritelmä
Erittäin pieni	Massa < 200 g, lähinnä lelut, pieni kineettinen energia
Pieni	Massa 200 g – 2 kg, kineettinen energia < 100 joulea
Keskikokoinen	Massa 2 kg – 7 kg, kineettinen energia 100 – 1000 joulea
Suuri	Massa 7 kg – 25 kg, kineettinen energia > 1000 joulea

Tärkein huomio koskee erittäin pienen painoluokan laitteita. Niiden putoamisessa tai törmäyksessä ilma-aluksen kanssa muodostuva vaaratilanteen riski on arvioitu niin pieneksi, että riskien pienentämiseksi ei ole tarpeellista määritellä toimenpiteitä. Yleisenä huomiona kaikissa skenaarioissa on onnettomuuteen johtavien, käynnistävien tekijöiden toistuvuuden pieneneminen kun siirrytään painoluokissa painavampiin laitteisiin. Siinä missä pienillä laitteilla operoivat pääasiassa harrastelijat, suuria käyttävät pääasiassa vain ammattilaiset. Esimerkiksi tiheästi asutun alueen päällä tapahtuvassa lennätöksessä suurimmaksi vaaratekijäksi on nimetty laitteen putoaminen ja pahimmaksi siitä seuraavaksi skenaarioksi on arvioitu laitteen hallinnan menetys ja putoaminen ihmisen päälle. Alle on listattu turvallisuusarvioinnissa esille otettuja edellä mainitun skenaarion mukaisen onnettomuuden käynnistäviä seikkoja:

- ”Ohjaajan ohjausvirhe (laitteen asentotajun menetys)
- Ohjaaja ei ymmärrä laitteen indikaatioita
- Ohjaajan virhe akun tilan seurannassa
- Tekninen vika
- Ohjaajan virhe lennonvalmistelussa (akut, ohjelmointi, painearvot, yms.)
- GPS-signaalin menetys
- ”Näyttämisen tarve”
- Ulkoinen häirintä (laitetta heitetään esineellä tai lennättäjää häiritään)
- Yhteentörmäys rakenteeseen, puuhun tms.

- Radiosignaalin menetys” (Turvallisuusarviointi, 11)

Lisäksi tunnistettiin seuraavia käynnistäviä tekijöitä:

- ”Liian vaikeisiin tuuliolosuhteisiin lento
- Yhteentörmäys toisen miehittämättömän ilma-aluksen tai lennokin kanssa
- Häiriösignaalit (esim. GSM-mastot, antennit, muut lähettävät laitteet)
- Ylipaino
- Lentäminen liian huonoissa sääolosuhteissa (jäävät olosuhteet)” (Turvallisuusarviointi, 11)

Näistä erityisesti ohjaajan virheet ovat hyvin epätodennäköisiä ammattikäytössä. Ammattilainen myös todennäköisesti huoltaa laitettaan useammin ja pitää sen paremmassa kunnossa, mutta kaikkia teknisiä vikoja ei voi aina ennaltaehkäistä. Ulkoinen häirintä ja radiosignaalin menetys ovat ammattilaiselle kenties todennäköisimmät onnettomuuden aiheuttajat. Jos ohjaaja yliarvioi lentotaitonsa, hän saattaa lennättää miehittämätöntä ilma-alusta liian tuulisessa kelissä, jolloin todennäköisyys menettää laitteen hallinta kasvaa. Ammattilainen kykenee pääasiassa tunnistamaan amatööriä paremmin onko keli riittävän turvallinen. Ammattilaisella on myös yleensä niin vahva itsetunto, että hän pystyy amatööriä paremmin myöntämään, että lennättäminen ei ole turvallista.

Suuren painoluokan miehittämättömän ilma-aluksen putoaminen väkijoukon päälle voi pahimmillaan aiheuttaa ihmiselle vakavan loukkaantumisen tai jopa kuoleman. Se onkin nähty niin vakaksi uhaksi, että turvallisuusarviointi esittää suuren painoluokan laitteiden lennätyksen kieltämistä väkijoukon yläpuolella. (Turvallisuusarviointi, 10). Lisäksi ai-neelliset vahingot voivat olla merkittäviä jos laite putoaa esim. auton päälle. Turvallisuusarvioinnissa mainittuja kriittisiä ennaltaehkäisykeinoja tiheästi asutulla seudulla tapahtuvan onnettomuuden riskin alentamiseksi ovat:

- ”Ei lennetä niin kauas, ettei laitteen asentoa voida määrittää
- Riittävä perehtyminen laitteeseen, sen ominaisuuksiin ja lennättämiseen
- Akun tilaa seuraavan järjestelmän käyttö
- Perusteellinen lennonvalmistelu ja tarkistuslistan käyttö lennonvalmistelussa
- Ohjaajan huolehdittava laitteen ja akkujen kunnosta ja huollosta” (Turvallisuusarviointi, 12)

Pienempiä, mutta tehokkuudeltaan vähemmän kriittisiä toimenpiteitä tai sellaisia varo-toimia, joita lennätyksen luonteen vuoksi ei voi suorittaa ovat esim.

- ”Lennättäminen taustaan ja aurinkoon nähden niin, että asentotaju säilyy
- Lentämisen rajoittaminen, kun tuuliolosuhteet ovat liian vahvat
- Lokikirjan pitäminen huolloista ja lennoista
- Lennätyspaikka riittävän kaukana väkijoukosta ja sen kunnollinen merkitseminen
- Vältetään GSM-mastojen ja muiden lähettävien lähellä lentämistä” (Turvallisuusarviointi, 12)

Jos laitteeseen tulee vika, jonka johdosta sitä ei voi tuoda hallitusti maahan, turvallisuus selvitys ehdottaa laskuvarjon asentamista laitteeseen. Määräyslunnonksen (kohta 3.4 b)) mukaan lentokorkeuden tulisi olla sellainen, että hätätilanteessa laskeutuminen voidaan suorittaa siten, että ihmisille ja omaisuudelle aiheutuva haitta olisi mahdollisimman pieni tai se tulisi varustaa siten, että edellä olevat ehdot toteutuvat. Mahdollinen laskuvarjopakko lisää kustannuksia ja erityisesti harrastelijat todennäköisesti vähentävät väkijoukon yllä lennättämistä johtuen haluttomuudesta investoida laskuvarjojärjestelmään. Todennäköisesti laskuvarjopakko tulee vasta kun tapahtuu vakava onnettomuus, joka johtuu edellä mainitussa turvallista laskeutumista edellyttävästä lentokorkeudesta, jossa matala lentokorkeus ei riittänyt välttämään ihmiselle koitunutta loukkaantumista tai kuolemaa.

## 2.4 Oma lennonjohto

Miehittämättömien ilma-alusten määrän odotetaan lisääntyvän tulevina vuosina merkittävästi, jolloin ilmatila erityisesti kaupunkialueilla alkaa ruuhkautua entisestään. Suomessa ongelmia voi syntyä pääkaupunkiseudun jo valmiiksi runsaasti kaupallista ja harrasteilmailua vilisevässä ilmatilassa. Hakukoneyhtiö Google aikoo yhdistää voimansa teknologia-alan yritysten kanssa ja tarkoituksena on luoda Yhdysvalloissa kaupallisille miehittämättömille ilma-aluksille oma lennonjohtojärjestelmä. Google ei siis itse aio rakentaa järjestelmää, vaan kuka tahansa saa yrittää luoda toimivan järjestelmän. Googlen lisäksi esimerkiksi verkkokauppa Amazon ja tietoliikennejärjestelmäyritys Verizon ovat niiden 14 yrityksen joukossa, jotka ovat allekirjoittaneet sopimuksen NASA:n kanssa tarkoituksenaan luoda ensimmäinen miehittämättömille ilma-aluksille tarkoitettu lennonohjausjärjestelmä. Yli 100 yritystä ja yliopistoa on ilmoittanut mielenkiinnostaan olla mukana järjestelmän kehittämistä. Pitkiä lentomatkoja edellyttävät pakettikuljetukset, voimalinjojen tarkistuslennot tai sadontarkastukset eivät onnistu ennen kuin toimiva lennonjohtojärjestelmä on luotu. (Bloomberg News 2015)

Lennonjohtojärjestelmästä on tarkoitus luoda täysin automatisoitu ohjausjärjestelmä, jonka tietokoneet osaavat kertoa miehittämättömälle ilma-alukselle miten väistää esteet (esim. mastot, korkeat kerrostalot) ja muut ilmassa liikkuvat miehittämättömät ilma-alukset. Järjestelmän toimintaedellytyksenä on ehdoton luotettavuus. Maassa ja ilma-aluksissa olevat tietokoneet määrittelevät lentoreitit, jotta koneiden välisiltä yhteentörmäyksiltä vältytään. Päävastuu on silti kauko-ohjaajalla, mutta hänen pitää pystyä suorittamaan välittömästi tietokonejärjestelmän määräämän väistötoimenpiteen.

Yhdysvalloissa miehittämättömien ilma-alusten lennättämisen määräysten uskotaan kiristyvän vielä lisää. Suomessa lakimuutos edellyttäisi ilmoitusta vain kun laitetta aiotaan käyttää ensimmäisen kerran tietyllä alueella. Yhdysvalloissa saatetaan ottaa käyttöön tietokonepohjainen ilmoitusjärjestelmä käyttöön, jossa lentäjän tulee ilmoittaa, mikäli aikoo lentää vaikkapa kaukana olevan maatalan yli. Kun koneiden määrä ilmatilassa lisääntyy, pilvipalvelupohjaisen lennonjohtojärjestelmän olisi jäljitettävä koneet voidakseen estää niitä törmäämästä toisiinsa, vastaavasti kuten nykyiset tutkajärjestelmät näyttävät lentokoneiden sijainnin. (Bloomberg News 2015)

#### **2.4.1 Lennonohjauskonsepteja**

Lennonjohtojärjestelmiä on jo kehitetty ja yksi alan yritys on Raleigh'ssa, Pohjois-Carolinan osavaltiossa sijaitseva n. 100 työntekijän PrecisionHawk. Tarve järjestelmälle on syntynyt öljy-yhtiöiden sekä maatalousyrittäjien pyynnöstä edistää ja lisätä miehittämättömien ilma-alusten käyttöä. Järjestelmää testattiin eräällä maatilalla, jossa simuloitiin toteutuneita vaaratilanteita, joissa kauko-ohjattava ilma-alus on joutunut tai ollut lähellä törmätä pölytyslentokoneen kanssa. Pienoishelikopteri ohjattiin tarkoituksella kuvitteellisen lentokoneen lähelle ja parin sekunnin sisällä kauko-ohjaajan älyrannekeeseen tuli varoitusviesti. Kun kauko-ohjaaja hylkäsi varoituksen, autopilotti otti koneen hallintaansa ja lensi sen pois vaaravyöhykkeeltä.



KUVA 1. Älyrannekkeeseen tuleva ilmoitus lentokieltoalueelle joutumisesta (Jason Arthurs, Bloomberg 2015)

Vuonna 2014 perustettu kalifornialainen yritys Studio Inc kehittää kamerajärjestelmää, joka asennetaan pienoishelikoptereihin. Kamerajärjestelmä linkitetään tietokonesiruihin, jotka osaavat automaattisesti opastaa pienoishelikopterin kiertämään puut, mastot ja muut esteet. San Franciscossa sijaitsevat yritykset Airware ja DroneDeploy puolestaan yrittävät luoda tietoverkon joka kykenee näyttämään kartalla missä pienoishelikopteri lentää. (Bloomberg News 2015)



### 3 PIENOISHELIKOPTERI

#### 3.1 Yleistä

Pienoishelikoptereita on saatavana runsaasti eri moottorimäärillä ja eri tehoisina riippuen laitteen käyttökohteesta ja asennettavista lisälaitteista. Erilaiset runkorakenteet ja laajat varaosavalikoimat antavat mahdollisuuden luoda juuri omaan tarpeeseen sopivan yksilön. Ammattikäyttöön tarkoitettujen pienoishelikopterien hinnat liikkuvat 1000 euron molemmin puolin ja varsinaiseen työntekoon käytettävät lisälaitteet kustantavat moninkertaisesti. Virtalähteenä pienoishelikoptereille toimivat pääasiassa litiumpolymeeri, eli LiPo-akut. Polttomoottorilla varustetut mallit ovat litiumakkuihin verrattuna huomattavan kalliita, käyttökohteiltaan rajoitetumpia ja polttomoottorilentäminen on erittäin säädeltyä. Käytännön syistä litiumpolymeeriakut ovatkin tällä hetkellä alan standardi. Alla on esitelty kuvauskäyttöön tarkoitettujen pienoishelikopterien valmistukseen erikoistuneen DJI:n yhtä pienoishelikopterimallia. Kyseessä on hiilikuiturunkoinen Spreading Wings S900 -pienoishelikopteri, jonka hinta yrityksen verkkokaupassa on 1190 euroa.

TAULUKKO 2. Spreading Wings S900 mitat (DJI 2015)

Mitta	Lukuarvo	Yksikkö
Diagonaalinen akseliväli	900	mm
Kehyksen tukivarren pituus	358	mm
Keskirungon halkaisija	272	mm
Laskutelineen leveys	450	mm
Laskutelineen pituus	460	mm
Laskutelineen korkeus	360	mm
Propellin pituus	381	mm
Kehyksen tukivarren massa	316	g
Keskirungon massa (sis. laskutelineen asennusrunko ja servot)	1185	g
Lentoonlähtömassa	4,2–8,2	kg
Kokonaismassa (ilman lisälaitteita)	3,3	kg

ta, esim. kamera)		
Toimintalämpötila	-10 – +40	°C
LiPo 6S akun virta	100–150	Ah
Maksimi tehon kulutus	3000	W
Lentoon käytettävä akkuteho (6,7 kg:n lentoonlähtömassa)	800	W
Lentoaika (12000 mAh ja 6,8 kg:n lentoonlähtömassa)	18	min
Staattorin koko	41 * 14	mm
Moottorin kierrosluku per voltti	400	rpm/V
Yhden moottorin maksimiteho	500	W
Moottorin massa	158	g



KUVA 2. Spreading Wings S900 (DJI)

Jokaisessa tukivarressa on oma sähkömoottori ja jokainen niistä tuottaa yksinään 500 W tehon ja 2,5 kilon nostovoiman. Pelkällä pienoishelikopterilla ei kykene muuhun kuin hupilentoon, joten siihen täytyy asentaa lisävarusteita, joiden avulla laitteen voi valjastaa erikoistehtäviin. Erilaisten lisälaitteiden kanssa (kamera-alusta, ohjausvakaaja) kokonaishinta nousee jopa 3300 euroon, eikä tähän sisälly itse kuvauskameraa. Eräissä

kokonaisuudessa pakettiin sisältyy Zenmuse Z15-GH4 (HD) kamera-alusta (eng. camera gimbal), jonka hinta DJI:n verkkokaupassa erikseen ostettuna on 2299 euroa sekä A2 lentovakaaja, jonka hinta samassa paikassa on erikseen ostettuna 1099 euroa. Ostamalla kolmen erillisen tuotteen muodostaman kokonaispaketin, yhteishinta on 2899 euroa. Jotta pääsee kuvaamaan, tarvitaan luonnollisesti vielä kamera. Hyrräkehyykseen erityisesti soveltuva järjestelmäkamera Panasonic GH4 maksaa Verkkokauppa.comin nettikaupassa 1499,90 euroa.



KUVA 3. Zenmuse Z15-GH4 (HD) kamera-alusta (DJI)

Zenmuse Z15-GH4 (HD) kamera-alustan tehtävänä on mahdollistaa kameran tarkka ohjaaminen sekä pitää kamera vakaana tuulisella kelillä lennätettäessä sekä erikoisempien ja tiukempien ohjausliikkeiden aikana. Kameraa pystyy kääntämään akselinsa ympäri täydet 360 astetta, taittamaan + 50/ -140 astetta ja kallistamaan  $\pm 40$  astetta. (DJI, Zenmuse Z15-G4H 2015)



KUVA 4. A2 ohjausvakaaja (DJI 2015)

A2 ohjausvakaaja on tarkoitettu multiroottoristen miehittämättömien ilma-alusten va-  
kauttamiseen ja se sisältää runsaasti lennättämistä helpottavia ominaisuuksia. Se tukee  
yhdeksää erilaista multiroottoriasetusta ja sisältää kustomoidun moottorimikserin.  
Moottorimikserin avulla käyttäjä pystyy säätämään moottoreita käyttöönsä parhaiten  
soveltuviksi. *Intelligent Orientation Control (IOC)* mahdollistaa lentämisen eteenpäin  
huolimatta siitä, miten pienoishelikopterin kärjen asento muuttuu lennon aikana. Jos  
laitetta haluaa lennättää ympyräradalla, se onnistuu kytkemällä *Point Of Interest (POI)*  
päälle kauko-ohjaimesta. Sen jälkeen ohjainsauvaa kääntämällä pienoishelikopteri len-  
tää ympyrärataa valitun pisteen ympärillä laitteen kärjen osoittaessa kuvitteellisen ym-  
pyrän keskipistettä. Etäisyys keskipisteestä voi pienimmillään olla 5 metriä ja enimmil-  
lään jopa 500 metriä. (DJI, A2 2015)

*Intelligent Landing Gear* pudottaa laskutelineen automaattisesti alas kun järjestelmä  
havaitsee, että pienoishelikopteri on lähellä maanpintaa. Laskutelineet putoavat alas  
myös mikäli pienoishelikopteriin tulee vika, moottorivaurio tai jos automaattilaskeutu-  
minen on kytketty päälle. *Auto Return-to-Home* palauttaa pienoishelikopterin takaisin  
lähtöpisteeseen (Home Point) ja laskeutuu automaattisesti, mikäli yhteys pienoisheli-  
kopterin ja kauko-ohjaimen välillä katkeaa ja pienoishelikopterin GPS-signaali on vielä  
riittävän vahva. Sama toiminto voidaan toteuttaa myös manuaalisesti painamalla kauko-

ohjaimen *Return-to-Home* -painiketta. Muita toimintoja ovat ”*Banked turn*” *Mode* sekä *Cruise Control*. Ensiksi mainitun avulla pienoishelikopterilla voi kääntyä kallistetusti käyttäen vain yhtä kättä. Näin pienoishelikopteri käyttäytyy käänöksissä kuin kiinteäsiipinen lentokone. Jälkimmäinen on yksinkertaisesti vakionopeudensäädin, jolla pienoishelikopterin saa lentämään horisontaalisesti vakionopeudella. Sen avulla nopeudenmuutoksista aiheutuva lisääntyvä tehonkulutus voidaan hyödyntää pitempänä lentoaikana sekä tasaisempaa lentämisenä, joka lisää valo- ja videokuvauksen tarkkuutta. (DJI, A2 2015)



KUVA 5. Spreading Wings S900 taittavat tukivarret kuljetustilan vähentämiseksi. (DJI, Spreading Wings 2015)

### 3.1.1 Akut

Tällä hetkellä arviolta 90 prosenttia kaikista harraste- tai ammattikäyttöisistä miehittämättömistä ilma-aluksista käyttää voimanlähteenään jonkinlaista akkua. Ensimmäiset akut käyttivät energianlähteenä nikkelikadmiumia (NiCad) ja nikkelimetallihybridiiä (NiMH), mutta litium on korvannut ne. Syynä on yksinkertaisesti litiumin parempi energiatiheys. Alla on taulukoituna neljän eri akkutyypin eroavaisuuksia

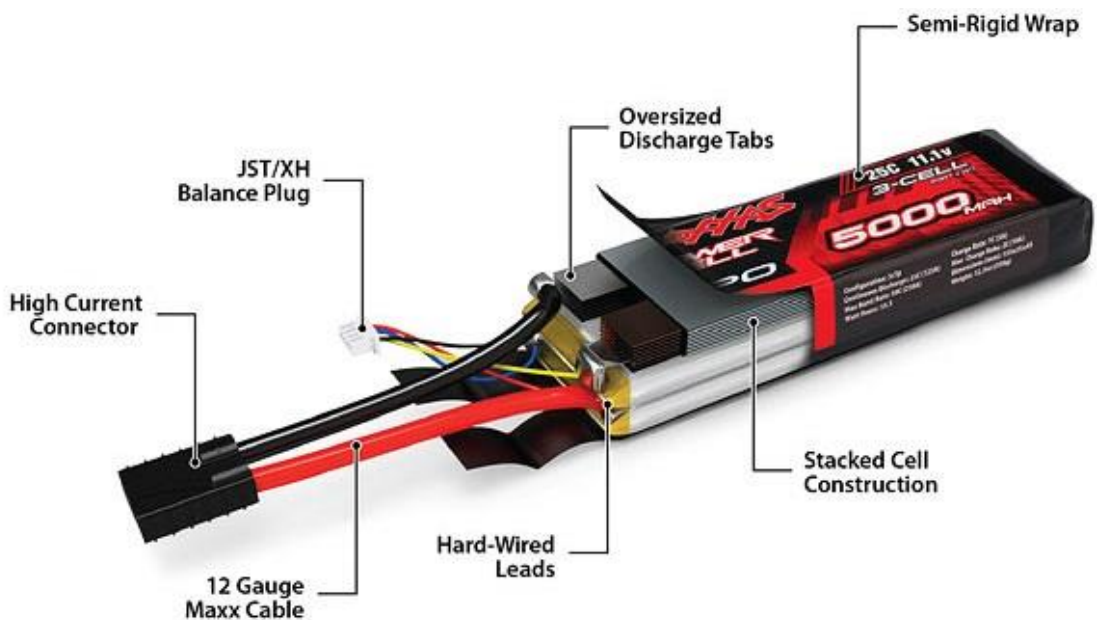
TAULUKKO 3. Akkujen tehokkuuksia. (Battery University 2011)

	NiCd	NiMH	Li-ion	Li-ion poly- meeri (LiPo)
Painoon perustuva ener- giatiheys (Wh/kg)	45 – 80	60 – 120	110 – 160	100 – 130
Käyttökertaikä (80:aan %:iin alkuperäisestä kapasiteetista)	1500	300 – 500	500 – 1000	300 – 500
Pikalatausaika (tuntia)	1	2 – 4	2 – 4	2 – 4
Ylilatauksen sieto	kohtalainen	matala	erittäin matala	matala
Käyttölämpötila	-40 – +60 °C	-20 – +60 °C	-20 – +60 °C	0 – +60 °C
Huoltoväli (päivää)	30 – 60	60 – 90	ei tarvita	ei tarvita

TAULUKKO 4. Litiumioni- ja litiumpolymeeriakkujen ominaisuuksien vertailua. (Drones are fun 2015)

Akun merkki ja malli	Jännite (VDC)	Kapasiteetti (mAh)	Massa (kg)	Energia- kapasiteetti (WH)	Energia- tiheys (Wh/kg)
Panasonic NCR 18650B Li-ion	3,6	3 200	0,047	11,52	245,11
Zippy Flight Max LiPo	22,2	5 000	0,703	111	157,89
MaxAmps MA6S11000 LiPo	22,2	11 000	1,235	244,2	197,73
MaxAmps MV5450 LiPo	3,7	5 450	0,131	19,98	152,52

Akkujen energiatiheyttä painoyksikköä kohden (Wh/kg) verrataan taulukon xx oikeanpuoleisimmassa sarakkeessa. Se on käytännöllinen yksikkö verrattaessa eri akkujen energianluovutuskykyä. Jotta energiakapasiteetin ja energiatiheyden vertailu eri akkujen kesken olisi selkeämpää, luvut on laskettu olettamalla kaikkien akkujen olevan massaltaan yhtä suuria. Taulukosta on nähtävissä, että Panasonicin litium-ioniakulla on noin 25 % suurempi energiatiheys kuin tehokkaimmalla MaxAmpsin litium-polymeeriakulla. Panasonicin akku luovuttaa hitaammin energiaa kuin LiPo-akut, jolloin pienoishelikopterin vauhti ja suunnanmuutosnopeus hidastuu selkeästi, mutta lentoaika on lähes tuplasti pitempi.



Kuva 6. Traxxasin valmistaman LiPo-akun rakenne. (Traxxas 2015)

LiPo-akkujen suosio perustuu nopeaan purkautumisnopeuteen ja suorakulmaiseen muotoon, joiden ansiosta pienoishelikoptereilla voi lentää nopeasti ja tarkasti ja se on myös helppo asentaa paikalleen. Kuvan 4 Traxxasin akussa oleva alan standardiksi muodostunut *balance plug*, eli balanssiliitin syöttää latausvirtaa tasaisesti tyhjentyneisiin kennoihin. Kennot täyttyvät ja tyhjenevät toisistaan riippumatta tasaisesti, jolloin akku antaa parhaalla mahdollisella tehokkuudella energiaa käytettävään laitteeseen. LiPo-akut useimmin hajoavat puhtaasti loppuun ajamisesta kun kennot eivät enää lataudu, mutta kennojen sisäinen vaurioituminen ei ole tavatonta. Jos kennoissa tapahtuu oikosulku tai akkuun tulee fyysisiä iskuja, akku voi syttyä rajuun tulipaloon. LiPo-akun ensimmäiset versiot saattoivat syttyä jopa itsestään palamaan.

### 3.1.2 Litiumioni-akku

Parhailla litiumioni-akuilla voi olla jopa kaksinkertainen energiatiheys LiPo-akkuihin verrattuna. Ne ovat aina sylinterinmuotoisia, kooltaan AA-paristoa vastaavia ja niiden ympärillä on suojaava metallikotelo. Lentoaika voi olla 70–100 % pitempi kuin Li-Po-akuilla, mutta huono purkausnopeus on yleensä esteenä pienoishelikopterikäytössä. Nykyisissä litiumioni-akuissa on purkausarvona 2C ja akku vaurioituu, jos siitä yrittää saada enemmän virtaa kuin on tarkoitettu. Vaurioitumisongelma on ratkaistu rakentamalla akkuun suojausjärjestelmä, joka estää akkua luovuttamasta enempää virtaa kuin sallittu maksimi. Mikäli pienoishelikopteri tarvitsee lisää nopeutta sen vakauttamiseksi, mutta nopeutta ei akun hitaan purkaustehon takia ole mahdollista lisätä, pienoishelikopteri saattaa rysähtää maahan. Sopivaan tarkoitukseen voidaan rakentaa litiumioni-akuilla toimiva pienoishelikopteri, jolloin lentoaika voi olla jopa 40–60 minuuttia. Litiumioni-akku kestää oikein huollettuna jopa 1000 purkua ja latausta, joten se on LiPo-akkua pitkäikäisempi.



Kuva 7. Panasonic NCR18650B litiumioni-akku. (Drones are fun 2015)



## **3.2 Alan yrityksiä**

Seuraavaksi on esiteltyinä joitakin alalla toimivia suomalaisyrityksiä ja heidän tarjoamiin palveluihin.

### **3.2.1 VideoDrone Finland Oy**

VideoDrone Finland Oy on vuonna 2012 perustettu jyvaskyläläinen ilmakuvauksoptereita valmistava yritys. Laitteet suunnitellaan ja valmistetaan Suomessa ja yritys tarjoaa myös koulutus-, huolto- ja korjauspalvelut sekä teknisen tuen. Yritys on valmistanut VideoDrone® -tuotemerkillä ensimmäisen suomalaisen hiilikuiturunkoisen kuvauskäyttöön tarkoitettun multikopterin. Sen runko painaa alle 500 grammaa ja hyötykuormaa se pystyy kantamaan 2,5 kiloa. Myös simulaattori kuuluu yrityksen tarjoamaan koulutus- tarjontaan. Simulaattorikoulutus on Suomen oloissa hyvin ainutlaatuista ja ennen VideoDronea on joutunut lähtemään ulkomaille. Vuonna 2013 se järjesti Jyväskylässä tietävästi Suomen ensimmäisen multikopteri-koulutuspäivän, johon osallistui Tampereen yliopiston tutkijaryhmä. Yritys tarjoaa koulutusta myös täysin kokemattomille henkilöille, jotka haluavat aloittaa pienoishelikopteriharrastuksen. (VideoDrone Finland Oy 2015) Koulutus on Suomen oloissa hyvin ainutlaatuista, sillä Suomesta puuttuu varsinainen miehittämättömien ilma-alusten koulutusta antava järjestö. Jotkut ilmailukerhot antavat koulutusta lennokkien ohjausta varten, mutta muuten koulutus on hyvin satunnaisista ja hajanaista, joten yritys on koulutustarjonnassaan edelläkävijä Suomessa.

### **3.2.2 PIEnengineering**

PIEnengineering (Parallel Image Engineering) on helsinkiläisyhteisö, jonka erikoisuus on fotogrammetria. Fotogrammetriassa määritetään kohteiden 3D-geometrisiä ominaisuuksia valokuvia (yleensä ilmakuvia) käyttäen. PIEnengineeringin asiakkaita ovat lentokartoitusoperaattorit sekä miehittämättömien ja miehitettyjen ilma-alusten lentäjät. PIEnengineering tarjoaa fotogrammetrisen prosessoinnin ohjelmiston sekä palvelun. Yritys ei itse operoi pienoishelikoptereita vaan keskittyy puhtaasti pienoishelikoptereita operoivien yritysten omalla kalustolla saadun datan käsittelyyn. (PIEnengineering 2015)



KUVA 8. Kuvakaappaus Vipava-projektista. Kokonaiskuva muodostuu 347 kuvasta. (PIEneering 2015)

### 3.2.3 Mitta Oy

Mitta Oy on perustettu vuonna 1989 Oulussa ja sen erikoisalaa ovat mittaukset, kartoitukset ja laserkeilaukset. Toiminta on laajentunut mm. laserkeilauslaitteiden ja maanrakennuskoneiden 3D -ohjausjärjestelmien vuokraukseen ja jälleenmyyntiin sekä UAS-ilmakuvaukseen. UAS (Unmanned Aerial System) tarkoittaa miehittämätöntä lennokkia. Lennokkiin kiinnitetty kamera ottaa kuvattavasta alueesta satoja kuvia, jotka yhdistetään ortokuvamosaiikiksi. Stereotulkinnan avulla ortokuvamosaiikki prosessoidaan kuvattavan alueen pintamalliksi, jolloin sitä voidaan hyödyntää esim. määrälaskentaan. (Mitta Oy 2015)

Yritys on suorittanut infra-mittauksia monilla liikenneväylillä, kuten Kehäradalla Vantaalla, Seinäjoen ohikulkutiellä ja Kokkolan satamassa. Muita mittauskohteita ovat kaivokset, kalliorakentaminen, kartoitukset, valvonta- ja suunnitelmamittaukset, laserkeilaukset. Rakennusprojekteihin kuuluvat silta- ja talonrakennus, teollisuusrakentaminen ja teollisuuden laiteasennukset. Pienoishelikoptereita Mitta Oy on käyttänyt pääasiassa kaivosalueiden ja tehtaiden ilmakuvauksessa ja mallinnuksessa, mutta myös tietyömaat, ranta-alueet ja moottoriradat ovat olleet ilmakuvauksikohteina. (Mitta Oy 2015)

### 3.2.4 Pro Ilmakuvaus

Pro Ilmakuvaus on palveluiltaan varsin ”perinteinen” pienoishelikopteriyritys. Lahdessa vuonna 2013 perustetun yrityksen palveluihin kuuluvat tavanomaiset kiinteistöjen, tonttien, peltoalueiden ja muiden maa-alueiden ilmakuvaukset. Erikoisuuksiin kuuluvat kattojen ja kiinteistöjen tarkastus- ja dokumentointikuvaukset, tapahtumien videokuvaukset sekä mainos- ja TV-kuvaukset. Videokuvauksien yhteyteen yritys tarjoaa myös kokonaispaketin, johon kuuluu käsikirjoitus, kuvaus ja editointi asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Kuvaukseen firma käyttää DJI S800 Evo -pideoishelikopteria. Siihen on asennettu DJI Zenmue -kamerateline, joka vakauttaa kameran. Kamerana toimivat Sony NEX-7- sekä Panasonic GH4 -järjestelmäkamera sekä GoPro Hero 3 Black Edition. (Pro Ilmakuvaus 2015)



Kuva 9. Malmin ostoskeskuksen katto. (Pro Ilmakuvaus 2015)

### 3.2.5 Radai Oy

Radai Oy:n erikoisalaa ovat kemialliset, optiset, fysikaaliset sekä geofysikaaliset mittaukset, data-analysointi ja asiantuntijapalvelut. Yritys perustettiin Rovaniemellä vuonna 2013 ja se on mukana Lapin yliopiston, Geologian tutkimuskeskuksen ja neljän kaivosyhtiön projektissa nimeltään UAV-MEMO. Kyseisessä projektissa Radai Oy:n tehtävänä on kehittää uusia työkaluja ja -metodeja ilmassa suoritettavaan magneettisuusmittaukseen. Ensimmäiset kaupalliset lennot suoritettiin kesällä 2015. Pitkille mittausmatkoille he käyttävät kohtalaisen hyötykuorman kantavia hiilikuitulennokkeja ja painavia laitteita varten käytössä on suurirunkoisia delta-siipisiä lennokkeja. Ääriolosuh-

teissa suoritetuissa (tuuli, sade) alhaisen kustannuksen lennoissa he käyttävät quadro- ja heksakopteria. (Radai Oy 2015)

## 4 PIENOISHELIKOPTERIEN KAUPALLISET KÄYTTÖKOHTEET

### 4.1 Sähköverkon tarkastuslennot

Energiateollisuuden toimintoja tehostava asiantuntijaorganisaatio Reneco Oy on tehnyt vuonna 2014 raportin, jossa se on selvittänyt useiden asiantuntijatahojen avustuksella mahdollisuutta käyttää pienoishelikoptereita sähköverkon tarkastuslennoilla. Tähän asti sähköyhtiöt ovat käyttäneet tarkastuslennoilla tavallisia helikoptereita, joiden tuntikustannus on arviolta 700–1300 euroa riippuen tehtävän luonteesta ja käytettävästä helikopterityypistä. Vuonna 2013 tuli voimaan sähkömarkkinalaki, jonka mukaan myrskyn tai lumikuorman aiheuttama jakeluverkon vaurioituminen ei saa asemakaava-alueella aiheuttaa yli 6 tunnin mittaista sähkökatkoa ja kaava-alueen ulkopuolella yli 36 tunnin mittaista sähkökatkoa. Raportissa on selvitetty pienoishelikopterien soveltuvuutta pitkän ja lyhyen lentomatkan tarkastuslentoihin.

Suurhäiriötilanteessa helikopteri pyritään saamaan taivaalle muutamassa tunnissa sään niin salliessa, mutta viimeistään kahden päivän sisällä. Silloin havainnot tekee pääasiasa lennolla mukana oleva verkko- tai kunnossapito-yhtiön työntekijä. Tavanomaisten tarkkailulentojen havainnot tehdään videokameralla ja tarkempi analysointi tehdään maanpinnalla. Normaalitarkastuksia suoritetaan myös maasta käsin liikkumalla mönkijöillä tai moottorikelkoilla, jolloin kustannukset alenevat helikopteriin verrattuna vaikka työ muuttuukin fyysisesti haastavammaksi. Lentokuvauksia suoritetaan 3–6 vuoden välein ja tarkastuksia verkkoyhtiöstä riippuen 3–15 vuoden välein. Kuvausvälineinä käytetään 2D-kameroita, ortokuvauskameroita, tavallisia videokameroita ja digikameroita, laserkeilaimia ja joskus lämpökameroita. Riittävän tarkka kuvaus edellyttää hyvin matalaa lentokorkeutta, noin 30–60 metriä. (Tervo 2014)

Näköyhteydellä tapahtuvassa lennätyksessä käytetään nykyisin 2,4 GHz:n taajuutta aikaisemman alle 100 MHz:n tilalla. Samaa taajuutta käytetään langattomissa lähiverkoissa ja mikroaaltouuneissa. Haittapuolena 2,4 GHz:n taajuudessa on, että sade vaimentaa signaalia selkeästi, koska tällä taajuusalueella on ns. veden resonanssiipiikki. Taajuus ei taipu oikeastaan lainkaan näköesteen taakse eikä materiaalia. Hyvänä puolena on, että taajuus on vapautettu viestintäviranomaisen luvista. Myös 5 GHz:n taajuusalueelle on myönnetty luvanvaraisia taajuuksia ja nämä taajuusalueet mahdollistavat reilun kilomet-

rin kantaman maa-aseman ja lentolaitteen välillä. Taajuus soveltuu käytettäväksi oikeastaan vain kun miehittämätöntä ilma-alusta lennätetään näköyhteydellä. Jos miehittämätöntä ilma-alusta halutaan lennättää näköyhteyden kantamattomiin, tarvittaisiin releointiasema (esim. lentokone tai satelliitti) eikä 5030–5091 MHz:n taajuusalueita saa käyttää tähän tarkoitukseen. Sopivia taajuuksia on tarkoitus etsiä satelliittiliikenteelle tarkoitetuilta taajuusalueilta, mutta se edellyttäisi melko varmasti radio-ohjesäännön määritysten muokkaamista. Se on prosessina erittäin hidas koska Tervon (2014) mukaan ”Satelliittiliikenteen määrittämiseen täytyisi lisätä mahdollisuus välittää siirtyvään liikenteeseen kuuluvan miehittämättömän ilma-aluksen ja satelliitin välinen radioliikenne.” Näköyhteyden ulkopuolelle tapahtuvaa lennättämistä eli B-VLOS -toimintaa haittaa se, että sopivia radiotaajuuksia ei ole ja se puolestaan jarruttaa tekniikan yleistymistä ja standardointia. Tulevaisuudessa voisi olla mahdollista kehittää alle 150 metrin korkeudella lentäviin ilma-aluksiin ohjausjärjestelmiä, jotka perustuvat olemassa oleviin langattomiin viestintäverkkoihin, jolloin lentoetäisyys voi olla niin pitkä kuin laitteen oma suorituskyky sallii.

Tervo (2014) kirjoittaa, että verkkoyhtiöt mieluummin ostavat miehittämättömän ilma-alustoiminnan ulkopuoliselta toimijalta, joka on erikoistunut ilmailualan tai kunnossapito- ja korjausalaan kuin luovat itselleen resurssit, joiden jatkuvan toimintakunnon ylläpito vaatii paljon investointeja. Tavallisilla helikoptereilla tehdyt tarkastuslennot kustantavat n. 100 euroa/km lisätynä arvonlisäverolla. Sen päälle tulee lisäksi datankäsittelykulut. Suomen helikopterikanta on melko vanhaa, joten korjausinvestointien vuoksi pääomakustannukset kasvavat lähivuosina. Mittauskalusto (kamerat, laserkeilaimet ym.) eivät myöskään muutu nykyisiä edullisemmiksi tekniikan kehittyessä ja mittaustulosten tarkentuessa. (Tervo 2014.) Pienoishelikopterit ovat käytännöllisyydessään selkeästi helikoptereita edellä. Ne on helppo viedä kuvauspaikalle, lento on pääasiassa hyvin tasaista ja kuvanvakaajan avulla kuvat ovat erittäin tarkkoja. Myös hiljaisuus ja ekologisuus puoltavat pienoishelikopteria. Arvioiden mukaan kuvaaminen tunnin ajan maksaisi 300–400 euroa tunnilta plus arvonlisävero. Siinä ajassa kameralla ehtisi ottaa n. 50–100 kuvaa. Koko päiväksi pienoishelikopterin saisi suunnilleen 1200 eurolla, jolloin aikaa riittää monien kohteiden kuvaamiseen. Kuvaamisen pystyy myös suorittamaan helikopteria matalammalta, jolloin laatu paranee. Haittapuolena pienoishelikopterilla on, että sillä voi lentää enintään vain n. 5 – 8 m/s puhaltavassa tuulessa. (Tervo 2014)

Tällä hetkellä helikopteri on erityisesti suurhäiriötilanteessa ensisijainen vaihtoehto, sillä tarkastukset vaativat lähes aina ihmisen läsnäoloa eikä videokamera pysty paljastamaan kaikkea oleellista, mitä ihmissilmä osaa etsiä. Myös 500 metrin maksimietäisyys ohjaajasta aiheuttaa ongelmia. Normaalitarkastuksissa pienoishelikopterit ovat erittäin käteviä myös ortokuvauksessa, jossa tutkitaan maaston muotoja uusien voimalaitosten tai voimalinjaverkostojen rakentamista varten. (Tervo 2014.) Talvisin pienoishelikopterilla voi tarkastella voimalinjojen vieressä olevan puuston lumikuormaa. Raskaan lumikuorman taivuttamat oksat voivat katketa sähkölinjan päälle aiheuttaen johdon katkeamisen ja häiriön jakeluverkossa. Lumen myötä maastossa liikkuminen jalkaisin voi olla mahdotonta ja moottorikelkoillakaan ei välttämättä pääse joka paikkaan tutkimaan oksistoa. Tulevaisuudessa lain ja tekniikan kehittymisen myötä pienoishelikopterien käytön voi odottaa lisääntyvän sähkö- ja energiayhtiöiden tehtävissä.

## 4.2 Metsäkartoitus

Metsäkartoituksen suorittaminen teknologiaa hyväksikäyttäen ei ole aivan uusinta uutta, sillä laserkeilausta on sovellettu jo aiemmin. Laserkeilain on olemassa olevaa teknologiaa, jota Maanmittauslaitos on käyttänyt lentokoneella suoritettussa metsä- ja maastokartoituksessa. Maanmittauslaitoksen verkkosivujen (2015) mukaan ”Laserkeilaus perustuu lentokoneessa olevan keilaimen lähettämiin laserpulsseihin, jotka maanpintaan osuessaan heijastuvat takaisin vastaanottiin.” Lentokoneessa on myös inertia- ja GPS-laitteita. Inertialaitteet antavat tietoja lentokoneen kallistuskulmista ja niitä tarvitaan yhdessä GPS:n kanssa määrittämään tarkat sijaintitiedot. Varsinkin metsäkartoitus-työssä yksittäinen laserpulssi osuu useampaan puuhun ja silloin sensori tallentaa pulssista useamman kuin yhden jälkikäiun. Kaikille laserpulssien osumille annetaan jälkilaskennassa kolmiulotteiset X-, Y- ja Z-koordinaatit ja ne kertovat osuimien sijainnin valitussa koordinaattijärjestelmässä. Pulssien tiedot tallentuvat pistepilveen, joka sisältää kaikki laserkeilausalueen pulssi- sekä koordinaattitiedot.

Laserkeilaimen pystyy asettamaan käytettäväksi myös pienoishelikoptereissa. Pienoishelikoptereihin on onnistuneesti pystytty asentamaan parviälyominaisuus (eng. swarm intelligence). Tämä tarkoittaa, että pienoishelikopterit liikkuvat metsässä puiden lomassa osaten automaattisesti kiertää puut ja valita sellainen lentorata, jolla vältetään yhteentörmäykset muiden pienoishelikopterien kanssa. Ohjaajan ei tarvitse kuin määrittää lähtö- ja lopetuspaikka GPS:n avulla ja pienoishelikopterit osaavat valita paikkansa

parvessa paikallisesti suhteessa muihin pienoishelikoptereihin. Unkarilainen tutkijaryhmä on vuonna 2014 onnistunut kehittämään 10 pienoishelikopterin parven, joka osaa toimia synkronisoidusti keskenään vain yhden ohjaimen avulla. Se on onnistunut tutkimalla erilaisten lentävien eläinten fyysisiä parvilento-ominaisuuksia ja hyödyntämällä hajautettua ohjauskehikkoa. Parvi osaa lentää tasaisesti jopa tuulisessa ja virheherkässä ympäristössä, esim. metsässä tässä yhteydessä. (Vásárhelyi, Virágh, Somorjai, Tarcai, Szórényi, Nepusz & Vicsek 2014, 2)

Vain yhdellä pienoishelikopterilla laserkeilaimen antamat 3D-pisteet ovat epätarkkoja, jotta metsän puustosta voidaan muodostaa selkeä kokonaiskuva. Parviällyn avulla voidaan samanaikaisesti operoida useampaa pienoishelikopteria, joista jokainen on varustettu omalla laserkeilaimella, jolloin havaintotulokset ovat entistä tarkempia.

### **4.3 Liikenteen valvonta**

Pienoishelikoptereita voidaan valjastaa monenlaisiin liikenteenvalvontatehtäviin. Poliisin ajoneuvoissaan käyttämät pienikokoiset nopeuskamerat ovat muotonsa ja keveytensä puolesta helposti asennettavissa pienoishelikopteriin. Laser-teknologialla ajoneuvojen nopeutta mittaava kamera pystyy rekisteröimään ajoneuvon nopeuden 0,3–0,7 sekunnissa jopa 800 metrin etäisyydeltä. Laser-kameran käyttöä pienoishelikopterissa puoltaa vahvasti myös se, että kameran ei tarvitse olla paikallaan voidakseen määrittää halutun kohteen nopeus, vaan se voi liikkua vapaasti liikennevirran myötäisesti tai vastaisesti. Erityisesti pääkaupunkiseudun pääväylät ovat erittäin otollisia käyttöpaikkoja. Myös tavallisen videokameran käyttö yleisessä liikenteenvalvonnassa ja onnettomuuspaikkojen kuvauksessa on mahdollinen toteuttaa. Kameran lähettämää videokuvaa voidaan tarkkailla tietokoneelta poliisiautossa tai liikenteenvalvontakeskuksessa. Yksi vaikeasti valvottava liikenneturvallisuutta rikkova määräys on turvavöiden käyttö. Teiden varsilla sijaitseviin kuvaustolppiin on satunnaisesti asetettu kamera ottamaan valokuva jokaisesta ohiaijasta, jotta voidaan tutkia turvavöiden käyttöä ja tarpeen mukaan sakottaa kuljettajaa. Pienoishelikopteri pystyy kuvaamaan isojen teiden yläpuolella ja kuvattavia autoja kertyy valtaisesti. Myös isojen tietyömaiden liikennevirran valvonta pienoishelikopterilla voi parantaa liikenneturvallisuutta.



#### 4.4 Postilennot

Suomen Posti teki historiaa aloittamalla 2.9.2015 muutaman päivän kokeilujakson, jolloin Posti toimitti Verkkokauppa.comista tilattuja paketteja pienoishelikopterilla Helsingin Kaivopuistosta Suomenlinnaan. Se oli tiettävästi ensimmäinen Euroopassa kaupunkiympäristössä suoritettu lähes automaattinen paketintoituskokeilu. Aikaisemmin verkkokauppayritys Amazon on saanut Yhdysvalloissa luvan kokeilla pakettijakelua pienoishelikopterilla. Pienoishelikopterin ohjaaja suoritti nousun ja laskeutumisen, mutta Suomenlahden yli pienoishelikopteri lensi automaattisesti. Tuulisen sään vuoksi ohjaaja joutui laskeutumaan aiottua aikaisemmin, noin 50 metrin päähän laskeutumispai- kasta. Trafín Ilmailujohtaja Pekka Hentun mukaan ”2–3 vuoden päästä kokeillaan var- masti myös täysin automaattisia koptereita.” (Helsingin Sanomat 2.9.2015). Erityisesti saaristoalue on postijakelun kannalta ollut aina hankalakulkuista. Jakelutoiminta pie- noishelikopterilla säästäisi Postille aikaa ja rahaa, sillä sen käyttö tulee postinkantajaa edullisemmaksi.

#### 4.5 Pelastus- ja luonnontarkkailulennot

##### 4.5.1 Metsäpalot

Palolentoja on suoritettu Suomessa jo n. 40 vuotta. Lentoja suorittavat pääasiallisesti paikalliset ilmailukerhot ja toimintaa rahoittaa sisäasiainministeriön pelastusosasto ja käytännön organisoinnista vastaa lääninhallitusten pelastusosastot. Keski-Suomen il- mailijat ry:n internetsivujen (2015) mukaan palolentokoneen päälliköltä vaaditaan 150 lentotunnin kokemus sekä palolentokoulutus. Tähytäjältä vaaditaan ilmailulupakirja sekä kerhon antama tähytjäkoulutus. Palolentojen kesto on n. 2–3 tuntia kerrallaan. Yleensä 4-paikkaisella Cessna-pienkoneella tehdyt lennot kustantavat n. 160–200 euroa tunnilta ja tulipalojen havainto on todella vaikeaa johtuen suuresta lentonopeudesta ja palopesäkkeen pienestä koosta. Pienoishelikopteriin asennettava lämpökamera voi aut- taa tulipalojen paikantamisessa. DJI Waypoint -autopilottijärjestelmä mahdollistaa pie- noishelikopterin lentoreitin ennakkosuunnittelun kannettavalla tietokoneella. Silloin pienoishelikopteria voidaan ohjata autopilotilla ja järjestelmän avulla se voidaan ohjata jopa 15 kilometrin päähän. Pienoishelikoptereiden käyttöä rajoittava tuleva lakiesitys ei näin pitkää etäisyyttä ohjaajastaan salli, mutta viranomaistoimintaa varten tällaiset poikkeukset sallittaneen.

#### 4.5.2 Etsintätoimi

Suomessa eksyy joka vuosi lukemattomia ihmisiä liikkueensa metsässä. Ylivoimaisesti suurin osa eksyjistä on vanhuksia, muistipotilaita, vammaisia tai lapsia. Myös loukkaantumiset voivat aiheuttaa etsintätapauksia. Vaikkapa yksin liikkuva retkeilijä saattaa loukata itseään siten, ettei pääse liikkumaan eikä pysty kertomaan tarkkaa sijaintiaan hätäkeskukseen, mikäli avun pyytäminen onnistuu. Vapaaehtoisista koostuvia jalkaisin liikkuvia etsintäpartioita löytyy monilta paikkakunnilta ja niihin yhdistetään joissain tapauksissa niin ikään vapaaehtoisuuteen perustuvia SAR-pelastuslentoja. SAR-lennot tukevat viranomaisten kalustolla suoritettavia etsintä- ja pelastuslentoja. SAR-lennoilla koneen päälliköltä vaaditaan 150 tunnin lentokokemusta palolento- ja SAR-koulutuksen lisäksi. Miehistöön kuuluvat ohjaajan lisäksi suunnistaja ja kaksi tähytäjää. (Keski-Suomen Ilmailijat)

Toimintaa tukee Raha-automaattiyhdistys, mutta taloudellisesti pelastuslennot ovat silti kerhoille tappiota tuottavia. Lisäksi itse etsintätehtävä on hyvin haastavaa. Metsässä harhailevaa ihmistä voi olla lähes mahdotonta löytää melko lujaa liikkuvasta pienkoneesta, varsinkin jos etsittävän vaatetus on maastoon sulautuvaa. Pienoishelikopteri voi avustaa etsintätehtävässä, koska siihen voi asentaa lämpökameran ja sillä voidaan lentää niin matalalla, että havainnot ovat tarkkoja. Etsintätehtävissä harvemmin tarvitaan kohteen tarkkaa lämpötilaa, joten käyttöön voi ottaa ei-mittaavan lämpökameran. Lämpökamera ei tarvitse valoa voidakseen havaita kohteen, sillä mittaus tapahtuu kohteen emittoivan infrapuna-alueella olevan säteilyn avulla. Etsintää voidaan suorittaa täysin pimeässä eikä sumu tai savukaan haittaa lämpökameran toimintaa.

Taposen (2014, 13) mukaan infrapunasäteilyn aallonpituus on välillä 780 nm – 1 mm ja lämpökameroiden toiminta-alue on pääasiassa aallonpituusvälillä 8 – 14 µm. Yhdysvaltalainen Flir on yksi maailman suurimmista ja parhaista erikoiskuvantamislaitteiden valmistajista. Yksi tärkeimmistä heidän valmistamista tuotteista on erilaiset lämpökamerat, joita käytetään maassa, vedessä ja ilmassa niin sotilas- kuin siviilitarkoituksessa. Valikoimasta löytyy erityisesti miehittämättömiin ilma-aluksiin asennettavia lämpökameroita, esim. Tau 2, johon on saatavissa 7,5–100 mm linssi ja aallonpituuden spektri on 7,5–13,5 µm. Toimintakorkeus on jopa 40 000 jalkaa eli n. 12,2 km, joten lentokorkeus ei ole ongelma ja painoakin on keveimmillään ainoastaan 72 grammaa. (Flir 2015)



Kuva 10. Tau 2 lämpökamera 25 mm linssillä (Flir 2015)

Lämpökameran data maahan onnistuu 5,8 GHz:n videolinkillä, jolla sata saadaan kannettavaan tietokoneeseen. Toimintaetäisyys on muutamia kilometrejä ja tiedot saadaan myös tallennettua kannettavan tietokoneen kovalevyille tai muistitikulle. (Taponen 2014, 17). Pienoishelikoptereihin saatava GPS-ohjaus mahdollistaa etsintäreitien suunnittelun ja asettamisen tietokoneella, jolloin etsittävän alueen haravointi tarkentuu kun tiedetään täsmälleen mistä on jo etsitty. Lämpökameralla varustettua pienoishelikopteria voi käyttää myös muussakin kuin maastoetsinnöissä. Kerrostalotulipaloissa voidaan pienoishelikopterilla kuvata rakennus nopeasti, jotta saadaan selville onko sisällä vielä ihmisiä. Saksassa erään kaupungin paikallispoliisi on osoittanut kiinnostusta lämpökameralla varustetun pienoishelikopterin käyttöä kohtaan. Samaa voidaan odottaa lähivuosina myös Suomen eri viranomaisilta.

#### 4.5.3 Ambulanssilennot

Italialaissuunnittelija Alec Momont on suunnitellut ja kehittänyt Delftin teknillisessä yliopistossa Hollannissa yhteistyössä monien muiden toimijoiden kanssa ambulanssi-pienoishelikopterin, johon on integroitu defibrillaattori. Kopteri on rakennettu käyttämällä mikrorakenteissa 3D-tulostusta ja rungossa hiilikuitua, joten se on hyvin kevyt. Teräsrakenteissa on käytetty laser-leikkausta ja CNC-koneistusta. Noin miljoona eurooppalaista saa vuosittain sydänpysähdyksen ja siitä selviytyy vain n. 8 % johtuen hitaasta avun saapumisesta. Youtubessa olevalla ambulanssikopterin esittelyvideolla henkilö soittaa hätänumeroon, josta hätäkeskusoperaattori lähettää autopilotilla toimivan ambulanssihelikopterin kohteeseen paikannettuaan matkapuhelimen sijainnin. Kopterin nopeus on 100 km/h, joten kaupunkialueella ja sen lähistöllä apu voi saapua jopa minuutissa paikalle. Kopterissa on kamera, josta hätäkeskusoperaattori näkee missä kopte-

ri lentää ja sen avulla saa näköhavainnon myös potilaasta tarkkojen hoito-ohjeiden antamista varten. Kun kopteri laskeutuu kohteeseen, hätäpuhelun voi lopettaa ja auttaja voi kantaa kopterin avuntarvitsijan luokse. Kommunikointi hätäkeskusoperaattorin kanssa tapahtuu kopterissa olevan mikrofonin ja kaiuttimen kautta, jolloin auttajan kädet vapautuvat puhelun käytöstä.

Momontin toiveena on kehittää nykyistä hätäkeskusverkostoa siten, että niiden osana olisivat nopeasti kohteeseen saapuvat ambulanssikopterit. Hänen mukaan sydänpysähdyspotilaiden todennäköisyys selviytyä nousee 8 %:sta jopa 80 %:iin ja jokainen säästetty minuutti nostaa selviytymistodennäköisyyttä 10 %:lla. Ihmiseen tulee pysyviä vaurioita ja eloonjäämisen todennäköisyys putoaa merkittävästi jos painelupuhalluselvytystä ja defibrillointia ei aloiteta 3–5 minuutin kuluessa sydänpysähdyksestä (Terveyskirjasto). 100 km/h kulkevan kopterin voi odottaa saapuvan 8 minuutissa paikalle n. 10–12 kilometrin päähän jos painelupuhalluselvytys on aloitettu ajoissa ja kopteri saadaan välittömästi ilmaan. Suomessa tällaiselle laitteelle olisi erittäin potentiaaliset markkinat, sillä pienempien kuntien sairaankuljetuspalveluita on viime vuosina karsittu paljon ja ambulanssi saattaa tulla useiden kymmenien kilometrien päästä. Esimerkiksi Etelä-Savossa sijaitsevassa Puumalassa on vain palolaitos ja ambulanssi lähetetään Mikkelistä, yli 70 kilometrin päästä.

Medihelin saapuminen vie myös aikaa, joten pienen defibrillaattorilla varustetun ambulanssikopterin hankinta pienen paikkakunnan pelastuslaitokselle nostaa sydänpysähdyspotilaiden avunsaantinopeutta merkittävästi. Erityisesti Puumalassa avun saapuminen mökkiläisille on hidasta johtuen monien loma-asuntojen sijainnista. Useimmat niistä sijaitsevat pienten hiekkateiden varsilla, joilla ei välttämättä ole edes nimeä tai pääsy kohteeseen vaatii lossimatkan. GPS-paikannus puhelimen avulla helpottaa oikean paikan löytämistä, mutta pieniä hiekkateitä voi ajaa ainoastaan hiljaista vauhtia. Lounais-Suomen saaristossa, kuten Paraisilla ja Naantalissa, lossikuljetus on ainoa tapa päästä kulkemaan autolla saarien välillä.



Kuva 11. Kuvakaappaus ambulanssihelikopterin esittelyvideosta. (TU Delft - Ambulance Drone, Youtube 2014)

#### 4.5.4 Luonnonsuojelu

Helsingin Sanomien (12.9.2015) uutisen mukaan Oaxacassa, Meksikossa on otettu pienoishelikopterit käyttöön merikilpikonnien munien suojeluun. Pienoishelikoptereihin on asennettu videokamerat, joiden pesimärannalta lähettämää kuvaa tarkkaillaan munavaraiden varalta. Munia on kerätty ja käytetty ravinnoksi, mutta merikilpikonnien uhanalaisuuden vuoksi niiden pesintärauhaa valvotaan pienoishelikopterien avulla. Ihminen on suurin uhka merikilpikonnille vaikka myös linnut, koirat, ravut ja suuret kalat tuhoavat merikilpikonnien munia.

Suomessa erityisen uhanalaisessa asemassa oleva merikotka pesii pääasiassa rannikolla ja saaristossa ja on levittäytynyt viime vuosina hieman sisämaan puolelle. Eläinsuojelujärjestö WWF:n mukaan ihmisen toimista erityisesti metsänhoito, puukuljetukset, moottorikelkkailu, veneily, mönkijällä ajelu ja loma-asutus haittaavat pesintää. Myös tuuli-voimalat ja sähkölinjat voivat tappaa merikotkia. WWF on rengastanut merikotkia, merkinnyt niiden pesintäpaikkoja ja tehnyt työtä pesintäpaikkojen suojelun eteen. Pienoishelikopterit voidaan Meksikon mallin mukaan laittaa valvomaan pesintäpaikkoja, joiden lähistöllä liikkuu erityisen paljon ihmisiä, jotta mahdolliset haitanaiheuttajat saadaan jäljitettyä. Pienoishelikopteria ei voi lennättää liian lähelle merikotkia, etteivät ne erehdy luulemaan laitetta vihollislinnuksi ja hyökkää sen kimppuun.

#### 4.5.5 Viranomaistehtävät

Joissain viranomaistehtävissä tilannetta ei ihminen voi sen vaarallisuuden vuoksi lähestyä, mutta näköhavaintoja tapahtumapaikalta on silti saatava. Yksi esimerkki käytännön tilanteesta, jossa on turvauduttu pienoishelikopteriin, on 10.7.2013 Laukaan Vihtavuorella sijaitsevan Forcitin räjähdetehtaalla sattuneen vaaratilanteen tarkkailu. Räjähdevaraston vieressä sijainnut jätekontti alkoi kuumentua ja laajentua kun siihen varastoitu louhintatyömaalta tehtaalle hävitettäväksi lähetetty herkistetty emulsioräjähdysaine ja rikkipitoinen malmi alkoivat reagoida kemiallisesti keskenään. (Uusi Suomi 17.7.2013) VideoDrone Oy:n valmistama pienoishelikopteri tarkkaili vuorokauden ajan jätekontteja. Kuvausta suoritettiin myös yöaikaan ja etäisyyttä kohteeseen oli puoli kilometriä. Kuvauslentoja tehtiin kymmeniä, sillä ihmisiä ei päästetty kuumentuneen säiliön lähelle ja kaikki Vihtavuoren kylän n. 2000 asukasta evakuoitiin. Pienoishelikopterin ansiosta viranomaiset pystyivät etätarkkailun avulla seuraamaan tilanteen kehittymistä. Yli vuorokauden mittainen seuranta tavallisella helikopterilla olisi tullut erittäin kalliiksi käytettyyn menetelmään verrattuna. Pienoishelikopteri voi soveltua hiljaisuutensa puolesta myös poliisioperaatioihin, joissa ihmishenkiä on uhattuna vaarallisen ihmisen vuoksi, esim. panttivankitilanne, jota poliisiviranomaiset eivät uskalla lähestyä.

#### 4.5.6 Sinilevähavainnot

Rannikkoseudulla ja monilla sisävesialueilla esiintyvä sinilevä on uutisotsikoissa aina kun sitä alkaa esiintyä runsaammin. Yleensä sinilevälauttoja tarkkaillaan helikoptereilla tai lentokoneilla, mutta jos tarkoitus ei ole lähteä muutamaa sataa metriä rantaa kauemaksi tekemään sinilevähavaintoja, pienoishelikopteri on erittäin edullinen vaihtoehto. Korkein sallittu lentokorkeus 150 metriä antaa laajan näköalan sinilevän tarkkailuun, kuten myös 500 metrin näköetäisyys. Suomessa levähavainnoista yhteenvedon tekee Suomen ympäristökeskus eli SYKE ja raportit eri järvien ja merialueiden levätilanteesta tulevat sen perustamalta ja ylläpitämältä Järviwiki -sivustolta, johon niin ympäristöviranomaiset kuin tavalliset kansalaiset voivat lisätä tekemiään levähavaintoja. (Järviwiki 2015)

Yksityishenkilöille tarkoitettuja halvempia pienoishelikoptereita on helppo käyttää omaksi huviksi havaintojen tekoon, mutta myös alalla toimivalle yritykselle on tarjolla loistava bisnesmahdollisuus levähavaintolennoilla. Taloudelliset ja hiljaiset pienoisheli-

kopterit sopivat myös Suomen ympäristökeskuksen imagoon luontoa säästävinä vaihtoehtoina. Luonnollisesti lentokoneilla ja helikoptereilla tehtäviä tarkkailulentoja ei kokonaan voida lopettaa jos halutaan havaintoja ulapalla olevista levälautoista, mutta rannikkoseutujen ja järvien tarkkailu voitaisiin suurimmalta osalta suorittaa pienoishelikoptereiden avulla.

#### **4.6 Kunnossapito- ja tarkastustyöt**

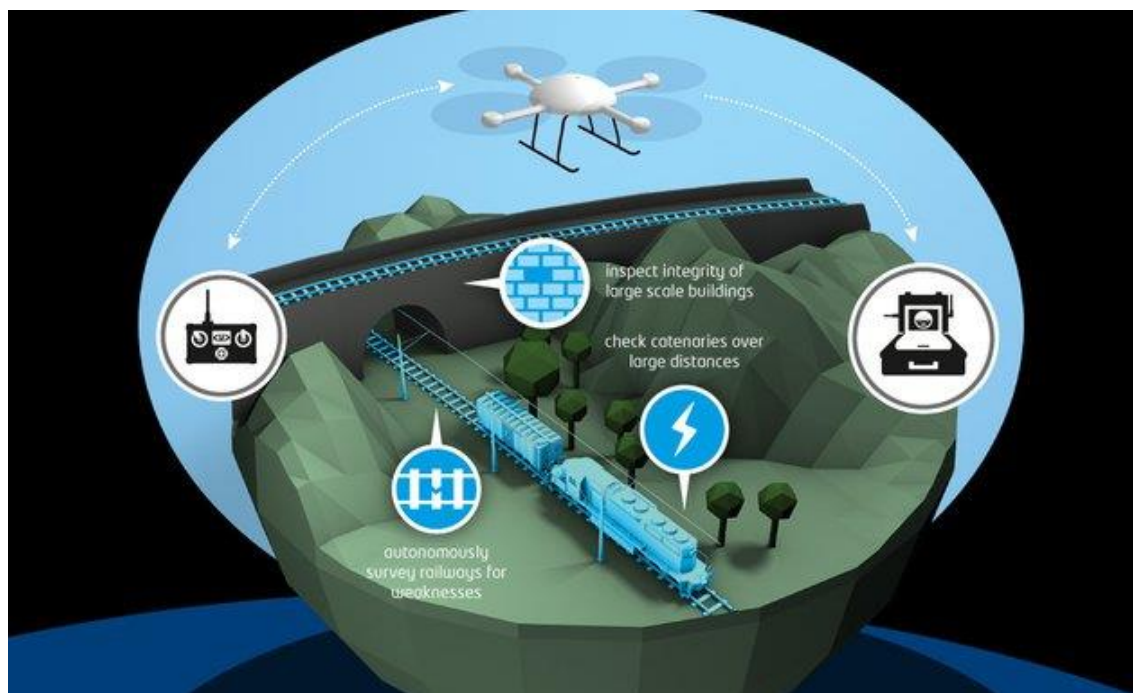
Suurten rakennusten julkisivujen ja kattojen, siltojen ja mastojen kuntotarkastukset voivat olla hyvinkin haastavia. Ne edellyttävät rakennustelineiden ja henkilönostimien käyttöä ja korkeiden radio- ja TV-mastojen tarkastelu vaatii helikopterin käyttöä. Nämä kaikki vaativat paljon rahaa, paljon työtä ja paljon työvoimaa. Pienoishelikopterilla pääsee kätevästi tarkastamaan vaikkapa sillan kunnan erittäin vaivattomasti. Tarvitaan vain ohjaaja ja tarvittaessa henkilö, joka analysoi videokuvan perusteella mahdollisen korjaustarpeen. Esimerkiksi ranskalainen Civic Drone on kehittänyt erityisesti kuntotarkastustehtäviin pienoishelikopterin, jonka ympärillä on suojakehikko. Sen ansiosta pienoishelikopterilla pääsee käytännössä kiinni tarkastettavaan kohteeseen siten, että pienoishelikopteri ja kohde eivät vahingoitu. (Civic Drone 2015)

Nokia on kehittänyt ja testannut omia pienoishelikoptereita matkapuhelinlinkkitornien kuntotarkastuksissa. Tarkistukset ovat suorittaneet tähän asti teknikot, jotka joutuvat kiipeämään korkealle huonoissakin olosuhteissa ja Nokia selvittää kykenevätkö pienoishelikopterit korvaamaan ihmisen työn suorittamisessa. Vuosittain tapahtuu onnettomuuksia, joissa työntekijä putoaa jonka seurauksena tämä menehtyy tai vammautuu vakavasti. Pienoishelikopterin etuna olisi edullisuus ja työturvallisuus. Nokia on samalla testannut yhteistyössä Yhdistyneistä Arabiemiraateista olevan matkapuhelinoperaattorin kanssa radiomastojen signaalia. Pienoishelikopteriin on asetettu älypuhelin ja sen avulla on avustettu radiosuunnittelussa ja suoritettu radiomastojen välistä tähtäysviivan testausta. Nokian mukaan sen telekommunikaatiopienoishelikopterit suorittavat ihmisillä tehdyt kävelytestit nopeammin ja niiden mukanaan kantamassa älypuhelimessa oleva tietoverkon testaussovellus pystyy lähettämään datan suoraan Nokian globaaliin jakelukeskukseen käsiteltäväksi. Pienoishelikopterit avustavat insinöörejä suunnittelussa ja ne havaitsevat jos puut tai muu kasvillisuus vaikuttaa taajuuksiin, jolloin lähetystehoa voidaan säätää tai mahdollisuuksien mukaan karsia esteitä. (ZDNet 2015)

Myös ilmailuteollisuuden tarkastuksissa pienoishelikopteria on jo kokeiltu. Vuonna 2014 brittiläinen halpalentoyhtiö EasyJet otti ensimmäisenä lentoyhtiönä pienoishelikopterit säännölliseen käyttöön laivastonsa rutiinitarkastuksissa. Yhtiöllä on 220 kappaletta Airbus A319- ja A320-lentokoneita ja pienoishelikopterien avulla säästetään visuaalisiin tarkastuksiin kulunutta aikaa merkittävästi. (The Guardian 2014) Rungon ja siipien alaosan visuaalinen tarkastus on helppo suorittaa, mutta yläpuolelta näkeminen vaatii koneen viemistä lentokonehalliin, mikä vaatii aikaa ja rahaa hinausta varten. Pienoishelikopterilla kone voidaan tarkastaa yläpuolelta asematasollakin.

Australiassa maan suurin rautatieyritys Aurizon on käyttänyt kahta Saksan Siegenissä kotipaikkaansa pitävän German microdrones GmbH:n valmistamaa pienoishelikopteria onnistuneesti rautatieverkon kuntotarkastuksissa. Yritys suunnitteli md4-1000 -mallin quadrokopteriin erityisen kahden kameran kiinnitysjärjestelmän Aurizonin tarpeeseen. Pienoishelikopteri kantaa mukanaan Sonyn 24 megapikselin digikameraa ja Flirin valmistamaa infrapunakameraa. Lennon aikana voi vaihtaa kuvausmoodia korkean resoluution kuvausmoodista lämpökuvaukseen, mikä nopeuttaa tarkastusten suorittamista. Järjestelmän mukana tulee 7 tuuman kannettava näyttö, jonka ansiosta työtä voidaan tehdä itsenäisesti kannettavan kanta-aseman sijainnista riippumatta, mikä on ehdoton edellytys välimatkojen ollessa valtaisia. Pienoishelikopterilla voidaan havaita siltojen ja tunnelien vaurioita, kiskoissa tai kiskojen tukipalkeissa olevia murtumia ja sähköjohdoissa ja -tolpissa olevia vikoja. Aurizonilla on tutkittavana yli 2600 kilometriä rautatieverkostoa ja pienoishelikopterien avulla se uskoo vähentävänsä köysikäyrien vahingoittumisesta ja palaneista kaapeleista syntyviä toiminnallisia vaurioita 50 prosentilla. (Microdrones 2014)





Kuva 12. Tarkastuksia, joita pienoishelikopterilla voidaan tehdä (Microdrones 2014)

Suomen rautatieverkosto on paikoin melko heikossa kunnossa ja perusparannuksia tehdään pääradoilla lähes vuosittain. Erityisesti kelirikot aiheuttavat vaurioita kiskoihin ja sen seurauksena nopeuksia joudutaan pudottamaan tietyillä rataosuuksilla jopa viikoiksi. Rautateitä kulkee paljon myös siltojen päällä ja tunneleissa, kuten välillä Jämsä-Jyväskylä. Huoltoveturin matkassa kulkeva pienoishelikopterin ohjaaja pystyy kätevästi tutkimaan sähköjohtoja ja siltoja, joita olisi muuten hankala tarkastella.

## 5 POHDINTA

Vaikka pienoishelikopterit vaikuttavat ensi alkuun lähinnä valokuvauskäyttöön tarkoitetuille kalliille leluille, on niissä potentiaalia huomattavasti monipuolisempaan käyttöön. Opinnäytetyön edetessä löysin käyttökohteita, jotka eivät alussa tulleet edes mieleeni, mutta joille oli jo käytännön sovellus tai hyvin pitkälle vietyjä testejä. Opinnäytetyön aloitusajankohta osui sopivasti alkukesälle, jolloin Trafi oli julkistanut tuoreimman lausuntokierrokselle lähteneen määräysluonnoksen koskien miehittämättömiä ilma-aluksia. Määräykset on tarkoitus saada voimaan syksyn 2015 aikana ja sitä ennen määräysluonnosta muokataan lausuntokierrokselta saatujen kommenttien perusteella.

Pienoishelikoptereista voi odottaa monipuolista työllistäjää alan yrittäjille tulevaisuudessa kunhan laki saadaan valmiiksi ja pienoishelikopterin potentiaalia saadaan markkinoitua potentiaalisille asiakkaille, jotka eivät vielä välttämättä tajua pienoishelikopterin tuomaa apua oman yrityksen tarpeisiin. Helsingin Sanomissa 2.9.2015 liikenne- ja viestintäministeri Anne Berner kommentoi Postin suorittaman pakettitoimituskokeilun yhteydessä seuraavasti:

”Kokeilujen kautta syntyy niin mahdollinen ansaintalogiikka kuin yritystoimintakin, ja meidän täytyy miettiä tarkkaan, miten mahdollistamme nämä kokeilut. Meidän tehtävänämmä ei ole kehittää liiketoimintaa itse vaan tarjota sille mahdollisimman hyvä toimintaympäristö.” ”Suomi on automatisaation eturivissä ainakin niin kauan kuin minä tätä hanketta saan vetää.”

Liikenne- ja viestintäministeriö kuten myös Trafi ovat erittäin halukkaita mahdollistamaan Suomen aseman pienoishelikopterien kaupallisen toiminnan huippumaana. Kun laki toivottavasti astuu voimaan syksyllä 2015, on etulyöntiasema niillä yrityksillä, jotka ovat ennen sitä luoneet palvelukonseptinsa ja tehneet vaadittavat investoinnit kalustoonsa ja ennen kaikkea markkinointiin. Valokuvausyritysten määrä todennäköisesti kasvaa, mutta suurin kasvupotentiaali on mittaus- ja erikoiskuvausyrityksillä. Tärkeintä olisi tarjota pienoishelikoptereihin ja muihin miehittämättömiin ilma-aluksiin liittyvää teknistä ja kaupallista koulutusta korkeakoulutasolla tulevina vuosina. Yritykset eivät koulutus- ja investointitarpeen edessä ole kovinkaan innokkaita ostamaan laitteistoa omaan käyttöön ja ainakin aluksi ylivoimaisesti suurimman osan pienoishelikopteritehtävistä suorittaa ulkopuolinen yritys asiakasyrityksen toimeksiannosta.

## LÄHTEET

A2. DJI. <http://store.dji.com/product/a2>

Batteries for UAV. Drones are Fun. <http://dronesarefun.com/BatteriesForUAV.html>

Bloomberg News. 24.7.2015. Google wants a a piece of air-traffic control for drones. Luettu 18.8.2015. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-07-24/google-has-way-to-unclog-drone-filled-skies-like-it-did-the-web>

Civic Drone. Technical Inspection/Maintenance. Luettu 29.9.2015. <http://www.cividdrone.com/the-application-of-drones/inspection-and-maintenance/technical-inspection-maintenance-c10036.html>

Flir. Tau 2 Uncooled Cores. 2015. <http://www.flir.com/cores/display/?id=54717>

G. Vásárhelyi, Cs. Virágh, G. Somorjai, N. Tarcai, T. Szörényi, T. Nepusz, T. Vicsek. 2014. Outdoor flocking and formation flight with autonomous aerial robots. Luettu 29.9.2015. <https://hal.elte.hu/flocking/browser/trunk/public/references/vasarhelyi/Vasarhelyi2014ooutdoor.pdf?format=raw>

Ilmailulaki 7.11.2014 864/2014.

Järviwiki. Luettu 15.9.2015. <http://www.jarviwiki.fi/wiki/Etusivu>

Keski-Suomen ilmailijat ry. Moottorilentäminen. Luettu 21.9.2015. <http://www.ksi.fi/content/fi/11501/28/Moottorilento.html>

Laserkeilaustekniikka. Maanmittauslaitos. Luettu 14.9.2015. <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/laserkeilausaineistot/laserkeilaustekniikka>

Lufthansa plane in near miss with drone on Warsaw approach. BBC. Luettu 14.8.2015. <http://www.bbc.com/news/world-europe-33605869>

Lämsä, H. 2015 Lennokit suojelevat merikilpikonna Meksikossa. Helsingin Sanomat 12.9.2015, B6.

Miehittämättömän ilma-aluksen ja lennokin lennättäminen OPS M1-XX. Trafi. Luettu 12.8.2015. [http://www.trafi.fi/filebank/a/1430888041/a6075c3f66551bdc3d574b5a523bfb3f/17520-RPAS-perustelumuiatio\\_lausunolle\\_06052015.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1430888041/a6075c3f66551bdc3d574b5a523bfb3f/17520-RPAS-perustelumuiatio_lausunolle_06052015.pdf)

Miehittämättömät ilma-alukset. 2015. Trafi. Luettu 4.8.2015. [http://www.trafi.fi/ilmailu/henkiloluvat/miehittamattomat\\_ilma-alukset](http://www.trafi.fi/ilmailu/henkiloluvat/miehittamattomat_ilma-alukset)

Määräyshankepäätökseen saadut kommentit. Trafi. Luettu 12.8.2015. [http://www.trafi.fi/filebank/a/1430888064/141c43ae954731b4266871586712add/17521-RPAS\\_maarayshankepaatoksen\\_kommenttikooste\\_perustelumuiation\\_liite1.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1430888064/141c43ae954731b4266871586712add/17521-RPAS_maarayshankepaatoksen_kommenttikooste_perustelumuiation_liite1.pdf)

Määräysluonnos 5.5.2015. Trafi. Luettu 12.8.2015.

[http://www.trafi.fi/filebank/a/1430888027/e446acc52f9a8ddb18cd120e3d2a4771/17519-RPAS\\_maaraysluonnos\\_lausunolle\\_06052015.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1430888027/e446acc52f9a8ddb18cd120e3d2a4771/17519-RPAS_maaraysluonnos_lausunolle_06052015.pdf)

Panasonic GH4 mikrojärjestelmäkamera runko. Verkkokauppa.com.

<http://www.verkkokauppa.com/fi/product/3691/drjmr/Panasonic-GH4-mikrojarjestelmakamera-runko>

Pro Ilmakuvaus. Ilmakuvauspalvelut. Luettu 15.9.2015.

<http://www.ilmakuvausta.fi/?q=node/40>

Radai Oy. Geophysical surveys and remote sensing with UAV's. Luettu 17.9.2015.

<http://www.radai.fi>

Spreading Wings S900. DJI. <http://www.dji.com/product/spreading-wings-s900>

Taponen, T. 2014. Lämpökuvaus miehittämättömällä ilma-aluksella. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Terveyskirjasto. Peruselvytys. Luettu 23.9.2015.

[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=spr00006](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=spr00006)

Tervo J. 2014. Lentorobotit sähköverkon tarkastuksissa. Reneco Oy.

[http://energia.fi/sites/default/files/lentorobotit\\_sahkoverkon\\_tarkastuksissa\\_2014.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/lentorobotit_sahkoverkon_tarkastuksissa_2014.pdf)

The Guardian. 7.5.2014. EasyJet climbs on traffic rise and plans to use drones for maintenance checks. Luettu 29.9.2015.

<http://www.theguardian.com/business/marketforceslive/2014/may/07/easyjet-drones-passenger-numbers-up-easter>

The Register. 7.5.2014. Spain clamps down on drones.. Luettu 10.9.2015.

[http://www.theregister.co.uk/2014/05/07/spain\\_drones/](http://www.theregister.co.uk/2014/05/07/spain_drones/)

Torvinen, P. 2015 Lennokki vie tulevaisuudessa pakettisi. Helsingin Sanomat 2.9.2015, A30–31

Traxxas certified LiPo power. Traxxas.

<https://traxxas.com/products/parts/batteries/powercellbatteries/lipo>

TU Delft – Ambulance Drone. Ambulanssipienoishelikopterin demonstraatio. Youtube

2014. Katsottu 22.9.2015. <https://www.youtube.com/watch?v=y-rEI4bezWc>

Turvallisuusarviointi. Miehittämättömien ilma-alusten ja lennokkien lennättäminen.

Trafi. Luettu 12.8.2015.

[http://www.trafi.fi/filebank/a/1430888086/3fc0768665fc559c38b10fc0b1111a56/17522-Turvallisuusarviointi\\_miehittamattomat\\_ilma-alukset\\_ja\\_lennokit\\_v1\\_0.pdf](http://www.trafi.fi/filebank/a/1430888086/3fc0768665fc559c38b10fc0b1111a56/17522-Turvallisuusarviointi_miehittamattomat_ilma-alukset_ja_lennokit_v1_0.pdf)

Uusi Suomi. Poliisi: Kontissa oli räjähdysainetta ja kaksi panosta – suuronnettomuuden

riski oli suuri. Luettu 16.9.2015. <http://www.uusisuomi.fi/kotimaa/60744-poliisi-kontissa-oli-rajahdysainetta-ja-kaksi-panosta-suuronnettomuus-riski-oli>

What's the best battery? Battery University.

[http://batteryuniversity.com/learn/article/whats\\_the\\_best\\_battery](http://batteryuniversity.com/learn/article/whats_the_best_battery)

VideoDrone Finland Oy. Luettu 8.9.2015. <http://www.videodrone.fi/>

ZDNet. Nokia puts 'telco drones' to work inspecting cell towers. Luettu 29.9.2015.

<http://www.zdnet.com/article/nokia-puts-telco-drones-to-work-inspecting-cell-towers/>

Zenmuse Z15-GH4. DJI. <http://store.dji.com/product/zenmuse-z15-gh4-hd>