



MIHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN PILOTOINTI SÄHKÖVERKOSTON VIANPAIKANNUKSESSA

2017

V1.0

Jouko Tervo

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	4
2	PILOTOINNIN TAVOITTEET JA KÄYTÄNNÖN JÄRJESTELYT	4
2.1	Pilotoinnille asetetut tavoitteet ja tavoitellut tulokset	4
2.2	Pilotoinnin suunniteltu toteutustapa.....	5
2.3	Pilotoinnin kohdeyhtiöt, pilotointilentojen tekijät, ohjausryhmä ja muut resurssit.....	6
2.4	Esivalmistelut.....	6
2.5	VLOS-pilotointilentojen suunnittelu, toteutus ja ajankohta	8
2.6	BVLOS-pilotointilentojen toteutustapa ja ajankohta.....	10
3	PILOTOINNIN KESKEISET TULOKSET.....	12
3.1	Yleiset havainnot	12
3.2	Kokemuksia vianpaikannuslennoista	12
3.3	Kokemuksia multikoptereista ja havaintovälineistä.....	14
3.4	Kerätty havaintoaineisto.....	15
3.5	Pilotoijien arvioita multikopterien käyttämisestä verkoston vianpaikannuksessa	20
4	MULTIKOPTERIEN HYÖDYT VIANPAIKANNUKSESSA	22
4.1	Multikopterien käytöllä saavutettavat hyödyt	22
4.2	Pilotoinnin tulosten vertaaminen selvitysosan raportissa esitettyihin arvioihin ja laskelmiin.....	22
4.3	Multikopterien hyödyntäminen suurhäiriötilanteissa	29
5	HYVIÄ KÄYTÄNTÖJÄ, TOIMINTAMALLEJA JA KEHITTÄMISEHDOTUKSIA	30
5.1	Hyviä käytäntöjä ja toimintatapoja multikopteriavusteisessa vianpaikannuksessa.....	30
5.2	Kehittämisehdotuksia ja suosituksia.....	35
6	PILOTOINNIN YHTEEVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	39
6.1	Miehittämättömien ilma-alusten soveltuvuus verkoston häiriöselvityksiin	39
6.2	Viranomaisluvut ja sääntely	40
6.3	Ympäristökysymykset ja riskit sivullisille.....	40
7	LYHENTEITÄ JA TERMEJÄ	41
	LÄHDELUETTELO	

LIITTEET

/1/	RPAS-pilotointiohje verkoston vianpaikannuksessa.....	44
/2/	RPAS-havainnointitaulukko.....	53
/3/	Ilmatilan varauslomake.....	54
/4/	Esimerkki pilotoinnissa käytetystä kartasta.....	58
/5/	Pilotointilentojen 29.8 yhteenveto/Vesan Ilmakuvaus.....	59
/6/	DJI Phantom 4 PRO tekniset tiedot.....	60
/7/	AIP Supplement-julkaisu.....	61
/8/	Verkkoyhtiöiden vikatilastoja 2014-2016	64
/9/	Vianpaikannuksen työkustannusarviossa käytettyjä oletusarvoja...	65
/10/	KAH-vaikutusten laskenta.....	66
/11/	Investointilaskelma VLOS 1, Taulukko 5.....	67
/12/	Investointilaskelma VLOS 2, Taulukko 6.....	67
/13/	Investointilaskelma VLOS 3, Taulukko 7.....	68
/14/	Investointilaskelma BVLOS 1, Taulukko 8.....	68
/15/	Investointilaskelma BVLOS 2, Taulukko 9.....	69

Kansikuva: Pilotoinnin yhteydessä multikopterista otettu kuva 20 kV:n johdoille kaatuneesta puusta, Voimatel Oy/Vesan Ilmakuvaus

MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN PILOTOINTI SÄHKÖVERKOSTON VIANPAIKANNUKSESSA

1 JOHDANTO

Reneco selvitti 2017 Energiateollisuus ry/Sähkötutkimuspoolin toimeksiannosta keveiden miehittämättömien ilma-alusten (multikoptereiden) käyttämistä apuna verkostovikojen paikantamisessa. Projekti jakaantui selvitysosaan sekä käytännön kenttätestauksiin eli pilotointiosaan. Selvitysosasta on laadittu erillinen raportti ”Miehittämättömät kauko-ohjattavat ilma-alukset sähköverkoston vianpaikannuksessa 2017”, /1/. Tässä pilotointi-raportissa käsitellään ainoastaan pilotointiin liittyviä käytännön kysymyksiä sekä saatuja tuloksia ja kokemuksia. Lisäksi esitellään multikopterien käyttöön liittyviä hyviä käytäntöjä ja suosituksia. Laajemmin miehittämättömien ilma-alusten käytöstä sähköverkoston tarkastuksiin ja vianpaikannukseen kiinnostuneita pyydetään tutustumaan edellä mainittuun raporttiin sekä myös lähteisiin /2/ ja /3/.

Raportin [www-linkit](#) on päivitetty toimiviksi joulukuun alun 2017 tilanteen mukaisesti. Raportin kuvat on ladattu internetistä tai on saatu pilotoijilta.

2 PILOTOINNIN TAVOITTEET JA KÄYTÄNNÖN JÄRJESTELYT

2.1 Pilotoinnille asetetut tavoitteet ja tavoitellut tulokset

Pilotoinnille asetettiin seuraavat tavoitteet:

1. Todentaa kenttäkokeilla miehittämättömien ilma-alusten käytännön soveltuvuus häiriöselvitystyöhön. Erityisesti tavoitteena oli testata laiteiden toimivuus ja käyttökelpoisuus vaativissa olosuhteissa tehtävässä sähköverkon vianpaikannuksessa
2. Selvittää käytännössä keveiden sähkökäyttöisten multikoptereiden kuljettamiseen, ohjaamiseen, navigointiin ja havainnointiin liittyvää problematiikkaa sekä turvallisuustekijöitä
3. Testata vikatiedon tulkintaa havaintoaineistosta sekä havaintoaineiston siirtoa verkkoyhtiön GIS-pohjaisiin järjestelmiin, kuten esimerkiksi verkkotieto- ja käytöntukijärjestelmät
4. Koota pilotoinnista tehdyt tärkeimmät havainnot, hyvät käytännöt sekä kehittämisohjeet ja suositukset vikaselvitystyöhön liittyen
5. Laatia pilotoinnista erillinen raportti. Raporttiin sisällytetään kokemukseräisiä vinkkejä, käytännön ohjeita RPA¹-ilma-alusten käyttöön liittyen sekä kirjataan kehittämisohjeita.

¹ RPA = Remotely Piloted Aircraft, UAV, multikopteri, drone

Pilotoinnilla tavoitellut tulokset:

1. Pilotoinnilla haetaan käytännön kokemuksia multikopterien käytöstä vianpaikannuksessa sekä luodaan työssä tarvittavaa ohjeistusta ja hyviä käytäntöjä
2. Pilotoinnin tulokset kootaan tiiviiseen ja helppolukaiseen loppuraporttiin, joka julkistetaan ja asetetaan sähköverkkoyhtiöiden ja urakoitsijoiden saataville.

Lisäksi esitellään pilotoinnin tuloksia alan seminaareissa.

Pilotointiosa ei ole tieteellinen tutkimus, vaan pikemminkin multikoptereiden käytännön hyödynnettävyyttä todentava kenttätestaus.

2.2 Pilotoinnin suunniteltu toteutustapa

2.2.1 Suunniteltu toteutustapa

1. Tarkennetaan pilotointiin osallistuvien tahojen kanssa pilotointisuunnitelma kunkin osallistujan osalta erikseen. Sovitaan laite- ja järjestelmävalmistajien, osallistuvien verkko- ja kunnossapitoyhtiöiden kanssa pilotointiin käytettävissä olevat laitteet, järjestelmät ja resurssit. Sovitaan pilotointijärjestelyjen taloudelliset ja juridiset ehdot pilotoijan ja verkkoyhtiön välillä (pilotointisopimus tms.). Pilotointiin pyritään hankkimaan 2-3 soveltuvaa RPAS-ilma-alusta/järjestelmää
2. Avustetaan pilotoinnin suorittavia tahoja viranomaislupien hakemisessa (mm. ilmailu- ja viestintäviranomaiset)
3. Testataan testilennoin multikopterien käytännön soveltuvuus sähköverkkoyhtiöiden vianpaikannukseen syksyllä 2017. Hankitaan käyttökokemuksia ilma-alusten soveltuvuudesta johtopartioinnissa sekä mahdollisuuksien mukaan suurhäiriöiden tilannekuvan muodostamisessa. Testataan erilaisten lentotilojen navigointi- ja toteuttamistapoja: manuaalinen, automaattinen, VLOS, EVLOS ja BVLOS².
4. Merkittävän osan käytännön testausta muodostavat varsinaisen havainnoinnin, lento-ohjauksen ja navigoinnin lisäksi turvallisuusnäkökohtien huomioiminen ja arviointi
5. Testataan mahdollisuuksien mukaan ajantasaista ja turvattua havaintotietojen tiedonsiirtoa RPAS³-havaintojärjestelmästä verkkoyhtiön tietojärjestelmiin
6. Tehdään ehdotus toimintamallista/-malleista, jolla mahdollistetaan miehittämättömillä ilma-aluksilla suoritettavien vianpaikannuslentojen tarjonta ja satavuus verkkoyhtiöille
7. Sisällytetään käytännön kokeilusta ja kenttätestauksesta saadut kokemukset, todetut hyvät käytännöt ja kehitysehdotukset Renecon toimesta laadittavaan erilliseen pilotointiraporttiin.

² VLOS = Visual Line Of Sight; E= Extended; B = Beyond

³ RPAS = Remotely Piloted Aircraft System

2.3 Pilotoinnin kohdeyhtiöt, pilotointilentojen tekijät, ohjausryhmä ja muut resurssit

2.3.1 Pilotointilentojen kohdeverkkoyhtiöt

1. Savon Voima Verkko Oy (SVV)
2. PKS Sähkösiirto Oy (PKSS)
3. Elenia Oy (rajoitetusti)
4. Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy (OESJ) (multikopterien testausta)

2.3.2 Pilotointilentojen tekijät ja kohdeyhtiöt

1. Voimatel Oy (Vesan Ilmakuvaus) – SVV
2. Comtiki Oy – SVV (BVLOS-pilotointi)
3. PKSS – PKSS
4. Pohjolan Werkonrakennus Oy (PWR) – Elenia Oy
5. Oulun Energia Urakointi Oy – OESJ
6. Eltel Networks Oy (multikopterien testausta)

2.3.3 Ohjausryhmä ja muut resurssit

Pilotointiosan ohjausryhmässä toimivat Mikko Jalonen, Fingrid Oyj; Veli-Pekka Lehtikangas, Oulun Energia Urakointi Oy; Jari Lepistö, Turku Energia Sähköverkot Oy; Matti Pesonen, PKS Sähkösiirto Oy; Pauliina Salovaara, Elenia Oy; Jarmo Ström, Caruna Oy; Sami Viiliäinen, Savon Voima Verkko Oy; Sami Laitinen, Comtiki Oy; Ville Leino, PWR Verkonrakennus Oy ja Jouko Tervo (puheenjohtaja ja sihteeri) Konsulttitoimisto Reneco Oy.

Ohjausryhmän kokouksia järjestettiin pilotointiosuuden aikana neljä kertaa.

Pilotoinnin koordinoijana, tarkkailijana ja raportijana toimi Jouko Tervo. Projektiaineistoa tuottivat pilotoijatahot ja raporttiluonnosta kommentoivat ohjausryhmän jäsenet ja pilotointilentojen ohjaajat, josta kiitokset heille.

2.4 Esivalmistelut

2.4.1 Kick off-tilaisuus ja pilotointiohjeistus

Pilotoinnista kiinnostuneita tahoja varten järjestettiin kick off-kokous toukokuussa sekä jatkokokous kesäkuun alussa. Jälkimmäiseen osallistui myös Liikenteen turvallisuusviraston Trafín edustaja. Kokouksessa käsiteltiin pilotoinnin edellytyksiä, käytännön järjestelyjä ja ilmoitusäädöksiä.

Reneco laati pilotointia varten pilotointiohjeen, liite 1. sekä pilotointilentojen havaintojen kirjaamista varten havainnointitaulukon, liite 2.

2.4.2 Ilmatilanvaraukset

Kesäkuussa Reneco tapasi Trafin edustajia aiheena BVLOS-lentoja varten tarvittavat ilmatilanvaraukset. Saatua ohjeistusta ja yhteystietoja hyödynnettiin verkkoyhtiöiden tehdessä ilmatilanvarauksia pilotointia varten. Ilmailuviranomaiset toivovat muun muassa, että ilmatilan varausalueet ovat riittävän isoja ja geometrialtaan selkeitä, esim. neliöitä, suorakaiteita tai monikulmiota. Sopiva varausalueen pinta-ala 1 500 – 3 500 km². Kaikille varausalueen kulma- ja rajapisteille täytyy määrittää koordinaatit. Ilmatilan varausta tehtäessä on käytettävä Trafin lomaketta, liite 3. Pilotointia varten ilmatilanvarauksia tekivät Savon Voima Verkko Oy sekä PKS Sähkönsiirto Oy. Lisätietoa ilmailusäädöksistä ja ilmatilan varauksista lähteessä /1/ sekä kohdassa 5.1.3.

Ilmatilavarausten tekeminen ei ollut aivan suoraviivaista ja toimintamalli jäi hieman epäselväksi. Hakemusta tehtäessä muun muassa varausalueiden muoto ja koko aiheuttivat lisäselvityksiä. Lisäksi ilmatilan aktivointimenettelyn toimivuutta ei päästy kokeilemaan laajassa häiriötilanteessa.

2.4.3 Ilmakuvausluvut

Reneco selvitti Puolustusvoimien pääesikunnalta ilmakuvauslupien tarpeellisuutta. Lopputulos oli, että ilmakuvauslupia ei tarvita, mikäli kuvausalue rajoittuu sähköverkkostoon eikä Puolustusvoimien kohteita kuvata.

2.4.4 Toimintailmoitus Trafille

Verkkoyhtiölle palveluna tarjottavat verkostovikojen tarkastuslennot ovat lentotyötä ja Trafille on tehtävä toimintailmoitus ennen miehittämättömän ilma-aluksen käyttämistä ja ilma-alus/alukset on rekisteröitävä. Ilmoituksen yhteydessä Trafi antaa operaattorille diaarinumeron, joka on samalla myös kaikkien operaattorin laitteiden rekisterinumero. Toimintailmoituksesta ja ilma-alusten pitämisestä Trafin rekisterissä veloitetaan tällä hetkellä 20 €/vuosi.

2.4.5 Vastuuvakuutukset

Ilmailusäädösten mukaan lentotyötä varten on hankittava vähintään toiminnan vastuuvakuutus, joka korvaa mahdollisesti kolmansille osapuolille aiheutetut vahingot. VLOS-toimintaan vakuutusten hankkiminen onnistuu suhteellisen helposti esimerkiksi joltain liitteessä 1. mainitulta yhtiöiltä. Pilotoinnin aikana ilmeni, että BVLOS-toimintaan tarvittavia vastuuvakuutuksia on todella vaikea saada. BVLOS-vakuutukset ovat kalliita ja niiden saaminen edellyttää Trafin ilma-alusrekisteröinnin lisäksi usein lento-operaattorilta osoitettua riittävää perehtymistä ilmailusäädöksiin ja miehittämättömään ilmailuun sekä lentokokemusta. Tämän voi osoittaa esimerkiksi käymällä vakuutusyhtiön hyväksymän kurssin/koulutuksen tai todentamalla muutoin hakijan pätevyyden ja ilmailukokemuksen. EVLOS-toiminnan vakuutuksista ei pilotoinnin aikana saatu kokemuksia. EVLOS-toiminta on laajennetulla näköyhteydellä tapahtuvaa lentotoimintaa, jossa lentoalueen laajentaminen perustuu viestiyhteydellä varustetun aputähystäjän/apuohjaajan käyttöön.

2.4.6 Lentotoiminnan käsikirja

Ammattimaisesti lentotoimintaa harjoittavien on syytä aina laatia lentotoiminnan käsikirja, jossa turvallisuusmenetelmillä ja riskienhallinnalla on suuri rooli, lisätietoja lähteessä /1/ kohta 8.2 ja Trafín sivulla https://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton_ilmailu/rpas_lentotyö. Toimintatapakohtainen turvallisuusarviointi sekä toimintaohjeistus normaali- ja häiriötilanteisiin vaaditaan (= käytännössä toimintakäsikirja), kun harjoitetaan ilmailua väkijoukon yläpuolella tai BVLOS-lentotoimintaa. Toimintakäsikirja sisältää turvallisuuden hallintajärjestelmän kuvauksen, joka tulee perustua vaaratekijöiden tunnistamisen, riskien arviointiin sekä sisältää käytetyt toimenpiteet ja menetelmät riskien ja uhkien käsittelemiseksi ja haitallisten vaikutusten torjumiseksi. Toimintakäsikirjassa kuvataan monien muiden asioiden ohella myös lentotoiminta normaali- ja poikkeustilanteissa.

2.4.7 Pilotoinnista sopiminen

Pilotoijat ja verkkoyhtiöt sopivat keskenään pilotointialueista ja ajankohdista sekä lentotoimintaan liittyvistä käytännön järjestelyistä.

2.5 VLOS-pilotointilentojen suunnittelu, toteutus ja ajankohta

2.5.1 Voimatel Oy/Vesan Ilmakuvaus

Lennon suunnittelu

Lennon suunnittelu perustui 1:7 500 - 1:15 000 SVV:n verkkokarttoihin, joihin on merkitty verkkorakenteet, esimerkki liitteessä 4. Reittipistelennon suunnittelussa käytettiin MAPS MADE EASY MAP Pilot-ohjelmistoa.

Pilotoinnissa käytetty laite

Voimatel Oy:n alihankkijanaan Vesan Ilmakuvaus käytti pilotoinnissa DJI Phantom 4 Pro multikopteria, jossa havaintovälineenä on DJI oma 4K-kamera resoluutioltaan 20 megapixeliä. Näyttölaitteena käytössä oli Apple iPad 32 Gt Wi-Fi + Cellular 2017. Ilma-aluksen massa akun kanssa on yhteensä 1,45 kg ja maksimi lentoaika 30 minuuttia. Laitteen tekniset tiedot liitteessä 6.



Kuva 1. DJI Phantom 4 Pro multikopteri

Pilotointilennot

Vesa Ilmakuvaus lensi 29.8.2017 viidessä eri SVV:n 20 kV:n verkkokohteessa VLOS-lentoja käsinohjauksessa ja osin myös autopilotin ohjauksessa (reittipistenavigointi). Lisäksi tarkastettiin 29.9 110 kV:n ilmajohto-osuus Varkaudessa.

2.5.2 PKS Sähkönsiirto Oy

Lennon suunnittelu

Lennon suunnittelu ja raportointi tukeutui verkkoyhtiön korkean resoluution karttoihin, joihin on merkitty verkkorakenteet ja osin myös kiinteistöjen katuosoitteet. Esimerkki lentojen suunnittelussa käytetyistä kartoista kuvassa 2.



Kuva 2. Lentoreittisuunnitelma saarikohteeseen, PKS Sähkönsiirto Oy

Pilotoinnissa käytetty laite

PKS Sähkönsiirto Oy:n käytti pilotoinnissa DJI Phantom 4 Pro+ multikopteria, jossa havaintovälineenä on DJI oma 4K-kamera resoluutioltaan 20 megapixeliä. Laite on samanlainen kuin Vesan Ilmakuvaus käyttämä ilma-alus poikkeuksena näyttölaite, joka on integroitu kauko-ohjaimeseen, kuva 3. Lisäksi laitteessa ei voi tällä hetkellä käyttää kolmannen osapuolen suunnitteluohjelmilla tehtyjä reittipistereittejä.



Kuva 3. DJI Phantom 4 Pro+ kauko-ohjain

Pilotointilennot

PKSS lensi 6.10 – 12.10.2017 kolmena eri päivänä VLOS-lentoja käsinohjauksessa. Kohteena oli sekä 20 kV:n keskijänniteverkkoa että pj-jakeluverkkoa. Lentoja tehtiin myös vesistöjen päällä saarikohteisiin. Ohjaajana toimi yhtiön tekninen harjoittelija.

2.6 BVLOS-pilotointilentojen toteutustapa ja ajankohta

2.6.1 Comtiki Oy

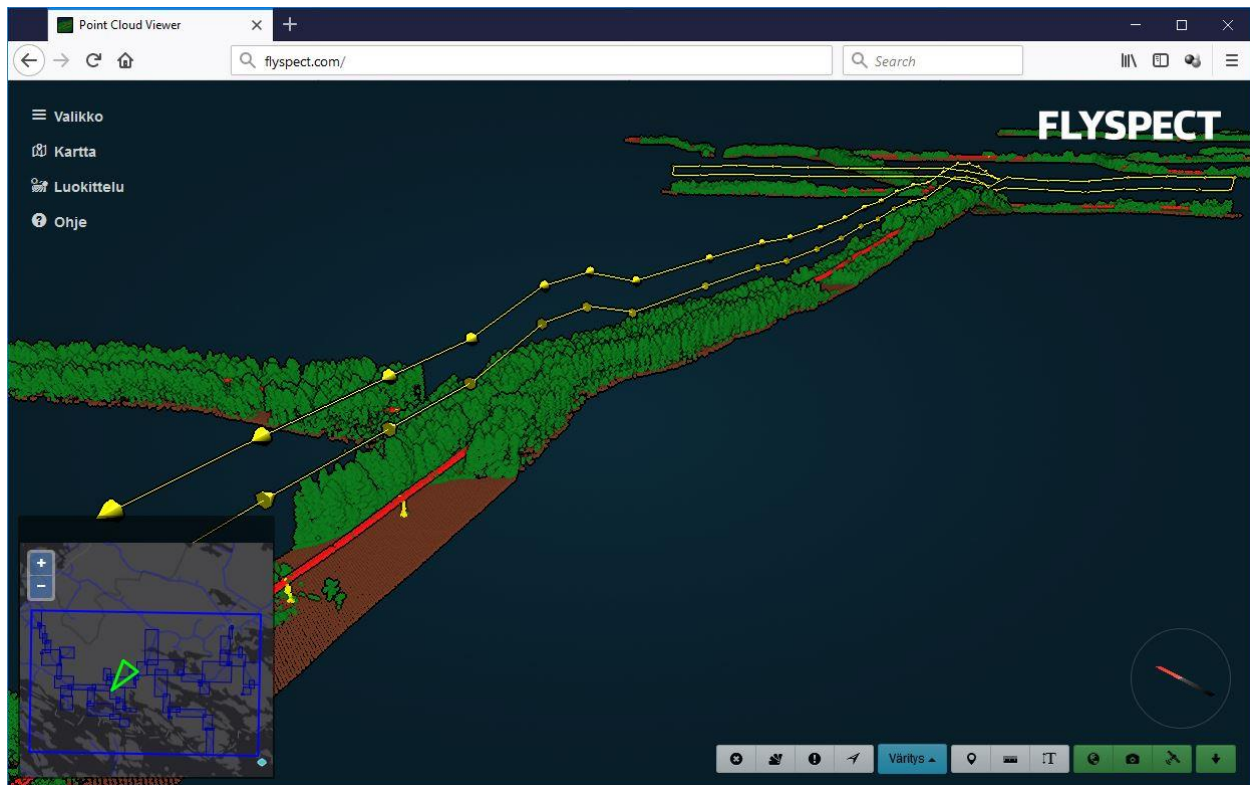
Pilotoinnissa käytetty laite

DJI Mavic Pro varustettuna DJI:n omalla 12 megapixelin 4K-kameralla. Näyttölaitteena toimi Panasonic Toughpad FZ-A2 ja näyttöohjelmana Litchi.

Pilotointilentojen suunnittelu

Comtiki käytti lennon reittisuunnittelussa omaa Flyspect-ohjelmaa, kuva 4. Turvallisuuden varmistamiseksi:

- Reittipistelentoja harjoiteltiin VLOS-olosuhteissa
- Ilmatila suljettiin miehitetyltä ilmailulta määräysten mukaisesti
- Pilotoinninlentojen suunnitellut reitit eivät kulkeneet talojen eikä pihapiirien yli
- Lentäjäksi valittiin kokenut multikopterien ohjaajana
- Verkkoyhtiön valvomoa informoitiin lentojen edistymisestä



Kuva 4. BVLOS-lentoreittisuunnitelma, kuvakaappaus Flyspect-suunnitteluohjelmasta

BVLOS-lentoreittien suunnittelun lähtökohdat:

- Reittipisteiden sijainnit 2017 laserkeilausanalyysistä
- Lentokorkeudet 30m ja 50m johdon yläpuolella (noin 40 ja 60 m maasta)
- Lentonopeus noin 10m/s

BVLOS-pilotointilennoille asetetut erityistavoitteet:

- Selvittää laserkeilausaineiston soveltuvuutta reittipistelennon suunnitteluun
- Testata edullisten nelikoptereiden soveltuvuutta ammattikäyttöön
- Havainnoida multikopterin kykyä pysyä suunnitellulla lentoreitillä
- Testata radio-ohjaus- ja videolinkin kantomatkaa todellisessa käyttöympäristössä, sekä kokeilla lähetinantennin korkeuden vaikutusta yhteyksien kantomatkkaan
- Arvioida kuvalaadun riittävyttä vikapaikkojen havaitsemiseen

Lennot

Comtiki Oy lensi 11.12.2017 Savon Voima Verkko Oy:n Varkauden alueella kolme lentoa, joista ensimmäisessä testattiin reittipistelennot VLOS-lennolla ja kaksi jälkimmäistä olivat varsinaisia BVLOS-testilentoja. Lennot tehtiin iltapäivällä poutaisessa säässä ilman lämpötilan ollessa -1°C. Tuuliolosuhteet olivat mainiot lennättämiseen, tuulenopeus 1 – 2 m/s.

3 PILOTOINNIN KESKEISET TULOKSET

3.1 Yleiset havainnot

Verkko- ja urakointiyhtiöt ovat kiinnostuneita ja valmiita hyödyntämään nopeasti kehittyviä miehittämättömiä ilma-aluksia toiminnassaan. Laitteiden käyttäminen näköyhteydellä (VLOS) on sangen suoraviivaista ja moderneja multikoptereita lennettäessä varsin helppoa. Vakaan lennon mahdollistaa laitteissa oleva IMU⁴-yksiköllä ja GPS-seurannalla varustettu autopilotti. Lentäjä antaa käytännössä kauko-ohjaimella komentoja autopilotille. Sitä vastoin lennettäessä suoran näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS) asia vaikeutuu selvästi. Ensinnäkin BVLOS-toiminta edellyttää ilmatilan varaamista myös toimittaessa valvomattomassa ilmatilassa⁵ lentokorkeuden ollessa alle VLOS-toiminnassa sallitun 150 metriä. Ei riitä, että ilmatilanvarauksen saa tehtyä vaan ilmatilanvaraus on vielä aktivoitava määrätyn proseduurin mukaisesti ennen lentotoiminnan käynnistämistä.

Vakiintuneessa lentotoiminnassa ja hyvissä olosuhteissa voidaan päästä hyvin jopa 10 m/s lentonopeuteen. Keskimääräiseksi lentonopeudeksi voidaan olettaa noin 8 m/s.

Pilotoinnin yhteydessä varsinaiseksi ongelmaksi näytti muodostuvan BVLOS-toiminnassa tarvittavan vastuuvakuutuksen hankinta. Niitä on hyvin heikosti saatavilla käypään hintaan ja ehdoin. Comtiki Oy onnistui lopulta marraskuussa saamaan brittiläiseltä Lloyd's-vakuutusyhtiöltä vuodeksi vastuuvakuutuksen. Hankintaa edesauttoivat seikat, että multikopterin ohjaajana on tarkoitus käyttää kokenutta helikopterilentäjää ja laite on hyvin kevyt DJI Mavic Pro (massa alle 800 g). Hintaa vakuutuksella on hieman yli 500 €/vuosi.

BVLOS-toiminnassa oman haasteensa tuotavat ilma-aluksen navigointi ja ohjaus. Ohjauksen kannalta ongelmallisimmat ovat sarjatuotantolaitteiden suorien radio-ohjausyhteyksien lyhyet kantamat, jotka eivät tahdo riittää pitkien BVLOS-lentojen suorittamiseen Euroopassa sallittujen pienten lähetintehojen takia. BVLOS-lentojen avulla vianpaikannuksen tehokkuus kasvaisi tuntuvasti pelkkään näköyhteydellä tapahtuvaan toimintaan verrattuna.

3.2 Kokemuksia vianpaikannuslentoista

3.2.1 VLOS-pilotointilennot

Vesan Ilmakuvaus/SVV

Lennot lennettiin lähes kesäisissä olosuhteissa (lämpötila 11- 15 °C ja tuuli 2 - 3 m/s). Lentosuoritetta kertyi yhteensä noin 18 km (12,6 km/20 kV ja noin 5,4 km/110 kV), josta 5,2 km 20 kV:n ilmajohton päällä. Lennoilla tarkastettiin 2,7 km 110 kV:n ilmajohtoa sekä 12 pylvästä. Lennetty matka vaihteli lentokerroittain 0,7 – 2,5 km haarukassa. Vastaavasti lentoaikaa käytettiin 4 -16 minuutin/lento ja yhteensä lentoaikaa kertyi 20 kV:n verkon osalta 51 minuuttia. Luvuista saadaan keskimääräiseksi lentonopeudeksi noin 4,1 m/s (20 kV:n johto-osuudet).

⁴ IMU = Inertial Measurement Unit (= "hyrräkompassi")

⁵ Valvomaton ilmatilaa on yleensä ilmatilalla alle 150 m maan tai veden pinnasta

Tyypillinen lentokorkeus vaihteli välillä 40 -110 metriä riippuen näköolosuhteista. Suurinta lentokorkeutta käytettiin VLOS-reittipistenavigoinnin yhteydessä. Lennot sujuivat kokonaisuutena hyvin ilman isompia teknisiä yms. ongelmia.

Savon Voima Verkko Oy:n VLOS-pilotointilentojen ohjaaja Vesa Kauppinen itsearvioi lentojen onnistumista kouluarvosana-asteikolla. Arvosana vaihteli 8 -10 välillä keskiarvon ollessa 8,7. Ohjausyhteyden/ ohjausvideoyhteyden toimivuuden Vesa arvio kaikissa tapauksissa kouluarvosanalla 10.

Yhteenvedo Vesan Ilmakuvauksen suorittamista VLOS-pilotointilennoista liitteessä 5.

PKS Sähkönsiirto Oy

Pilotointilentojen olosuhteet olivat syksyiset, ilman lämpötila vaihteli välillä 6 – 10 °C ja tuuli 2 – 6 m/s (puuskissa jopa 10 m/s). Lentosuoritetta kertyi yhteensä 7,6 km. Lennetty matka vaihteli kuudella lentokerralla 0,1 – 3,8 km välillä. Vastaavasti lentoaikaa käytettiin 3 - 11 minuutin/lento ja yhteensä lentoaikaa kertyi 38 minuuttia. Luvuista saadaan keskimääräiseksi lentonopeudeksi noin 3,3 m/s. Lentokorkeus vaihteli välillä 20 - 100 metriä. Matalimmalla lentokorkeudella kuvattiin 20 kV:n johtorakenteita.

Myös PKSS:n VLOS-pilotointilennot onnistuivat hyvin, eikä suurempia ongelmia esiintynyt. Ainoastaan tihkusade haittasi aamun 12.10 lennolla hieman pilotointia aiheuttaen häiriöitä esteentunnistuskameroihin. Sateesta johtuen paluulento piti tehdä osin peruuttamalla. Toiselle lennolle esteentunnistus kytkettiin pois päältä, tämän jälkeen sateen aiheuttamia ongelmia ei havaittu. Sadetta piti tarkkailla ja varoa, kun käytetty multikopteri ei ole IP-luokiteltu.

PKS Sähkönsiirto Oy:n arvioi lentojen onnistumisen kaikkien lentojen osalta kouluarvosanalla 9. Myös PKSS:n arvio ohjausyhteyksien toimivuudesta sai kouluarvosanan 10. yhtä lentoa lukuun ottamatta, jossa ohjausvideoyhteys sai arvion 9,5. Mitään vahinkoja tai rikkoutumisia ei pilotoinneissa sattunut.

3.2.2 BVLOS-pilotointilennot/Comtiki Oy

Comtiki lensi talvisissa olosuhteissa yhden VLOS-testilennon ja kaksi BVLOS-lentoa videokuvaten SVV:n keskijänniteverkkoa. Ohjaajana toimi hyvin kokenut miehittämättömien ilma-alusten pilotti MADEinSKY Oy:stä. BVLOS-lennoilla lennettiin noin 3 ja 6,5 kilometrin matkat. Lennot kestivät yhteensä noin 36 minuuttia. BVLOS-lentojen keskinopeus oli noin 6,5 m/s ja lentokorkeus noin 60 metriä maan pinnasta. Suunniteltu alempi lentokorkeus 40 metriä jätettiin turvallisuussyistä testaamatta valaistusolosuhteiden heikentyessä.

Multikopterin kanssa oli ennen lentoa lähtöä ongelmia. Laite ilmoitti tarvitsevansa firmware-päivityksen ja lukittui, vaikka siihen oli paria päivää aiemmin päivitetty viimeisin versio. Ei auttanut muu, kuin ladata sama versio laitteeseen uudelleen.

Ensimmäisellä VLOS-lennolla testattiin multikopterin teknistä toimintaa.

Itse BVLOS-lennot sujuivat pääosin suunnitelmien mukaisesti. Jälkimmäisen 6,5 km:n BVLOS-lennon paluumatkalla multikopterin reittipistenavigointiin tuli kuitenkin kompassihäiriö ja laite pysähtyi paikalleen. Lopulta se jouduttiin tuomaan käsinohjauksessa takaisin.

Lentokorkeutena suunnitellusta poiketen käytettiin ainoastaan 60 m maan pinnasta.

Comtikin Sami Laitinen arvio lentojen onnistumisen kouluarvosanalla 6 ja ohjaus- ja videoyhteyksien toimivuuden arvosanalla 7. Vahinkoja lennoilla ei sattunut.

3.2.3 Muut VLOS-testauslennot

Eltel Networks Oy ja Oulun Energia Urakointi Oy ja ovat hankkineet DJI:n multikoptereita lähinnä testaustarkoituksissa. Yhtiöt ovat tehnyt testilentoja kuvaten mm. suur- ja keskijännitteisten voimajohtojen rakenteita.

PWR Verkonrakennus Oy teki kesällä testausmielessä vianpaikannuslennon, jossa multikopterilla paikannettiin Elenia Oy:n 20 kV:n linjalle kaatunut puu.

3.3 Kokemuksia multikoptereista ja havaintovälineistä

3.3.1 Multikopterien soveltuvuus ja ominaisuudet

Ohjaajat pitivät VLOS-lentoihin käytettyjä DJI Phantom Pro-multikoptereita helppo-käyttöisinä ja hyvin toimivina, kun niiden toimintaan ja lennättämiseen sekä ilmailumääräyksiin on perehdytty kunnolla.

BVLOS-lennoissa käytetty DJI Mavic Pro lentoreitti noudatti erittäin hyvin suunniteltua lentoreittiä, eikä sivuttaisheiluntaa tai korkeuspoikkeamia käytännössä esiintynyt. Välillä laite kuitenkin hidasteli reittipisteille tullessaan ilmeisesti autopilotin navigointialgoritmin ominaisuuksista johtuen.

6,5 km:n BVLOS-lennon aikana oli mäen takana sijaitseva matala maastonkohta, jossa ohjausyhteydet käytännössä katkesivat hetkeksi, kun suora näköyhteys laitteeseen menetettiin. Ohjainlaitteen korkeuden vaikutusta yhteysetäisyyden pituuteen kokeiltiin nostamalla ohjauslaite nosturilla noin 15 metrin korkeuteen maan pinnasta. Tällä ei ollut sanottavaa vaikutusta yhteyspituuteen tai yhteyden laatuun.

Sami Laitisen/Comtiki kokonaisnäkemys lentojen jälkeen oli, että kevyt, harrastuskäyttöön tarkoitettu DJI Mavic Pro ei sovellu riittävän hyvin ammattimaiseen käyttöön BVLOS-toiminnassa.

Pilotointitesteistä voidaan päätellä, että kevyet, sarjavalmisteiset multikopterit ovat sangen käyttökelpoisia laitteita näkyvien verkostovikojen paikantamiseen toimittaessa näköyhteydellä (VLOS), kun sääolosuhteet ovat kohtalaisen hyvät. Tuulenopeus saa olla enintään luokkaa 10 m/s ja erityisesti vastatuuleen lennettäessä akku tyhjenee nopeasti.

Lämpötilan tulee normaalisti olla nollan yläpuolella. DJI:tä on kuitenkin saatavissa erillinen ohjeistus, jota noudattamalla voi lentää muutaman asteen pakkasessa. Nykyiset yleiskäyttöiset multikopterit eivät siedä myöskään vesisadetta. Markkinoilta on jo kuitenkin saatavissa myös ammattikäyttöön tarkoitettuja sarjavalmisteisiä multikoptereita, jotka kestävät pakkasta -20 °C asteeseen saakka ja sietävät yläviistosta tulevaa vesisadetta (koteloitiluokka IP43).

Esimerkkinä viimeksi mainituista multikoptereista on DJI:n Matrice 200-sarja. Matrice-sarjan laitteiden hinnat ovat valitettavasti moninkertaisia pilotoinnissa käytettyihin Phantom 4 Pro-multikoptereihin verrattuna.

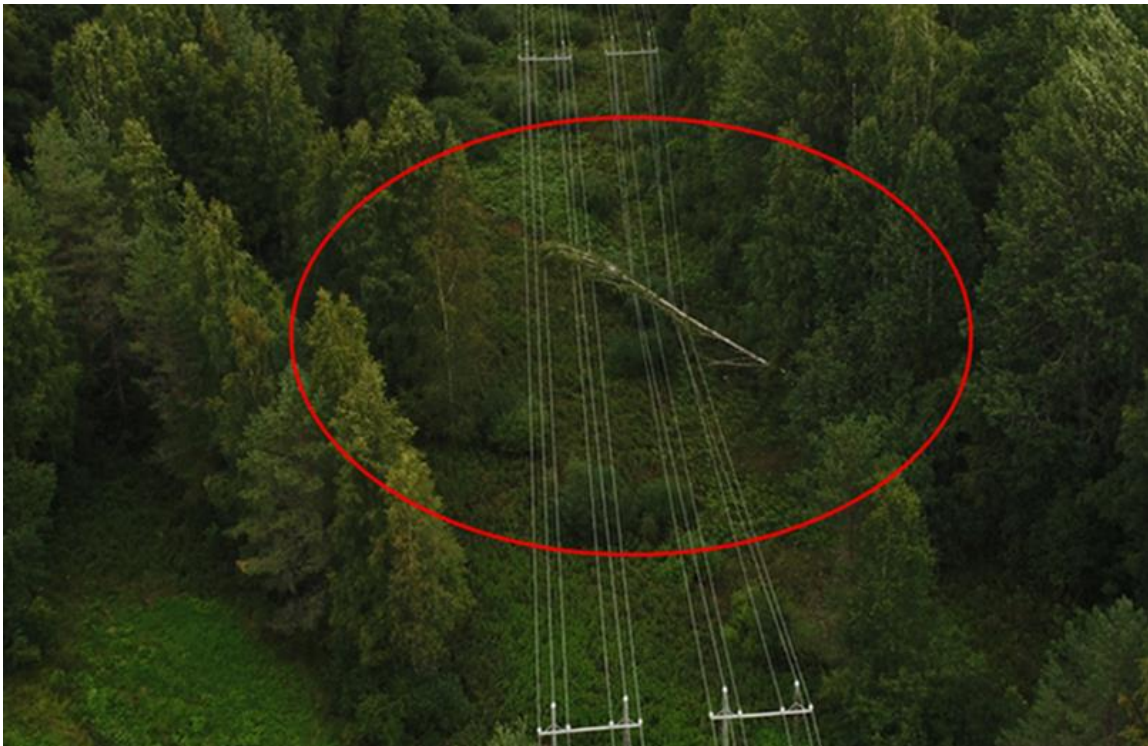
3.3.2 Havaintolaitteiden soveltuvuus ja ominaisuudet

Pilotoinnissa käytetyissä DJI Phantom 4 Pro-sarjan ja Mavic Pro multikoptereissa on 4K-tarkkuuden kamera, jonka ominaisuudet ovat riittävät hyvin verkostovikojen paikannukseen sekä valo- että videokuvauksen osalta. Phantom 4 Pro kameran teknisiä tietoja on esitetty liitteessä 6.

3.4 Kerätty havaintoaineisto

3.4.1 Voimatel Oy (Vesan Ilmakuvaus)/Savon Voima Verkko Oy

Yhteensä kuvia otettiin yli 1 000 kpl sekä yksi video. Muistitilaa aineisto vaati yli 8 Gt. Yksi lento suuntautui todelliselle vialle, jolla lennolla paikallistettiin 20 kV:n ilmajohtojen päälle kaatunut puu, kuva 5. Kuva on osasuurenos raportin kansikuvasta.



Kuva 5. Ilmajohtojen päälle kaatunut puu

Esimerkkinä 4K-kameran erotuskyvystä on 20 kV:n linjakuvasta (kuva 6.) otettu osasuurenos, joka on kuvassa 7. Siitä voi päätellä, että DJI Phantom 4 Pro-multikopterin 4K-kameran kuvat ovat sangen tarkkoja ja aivan riittävän laadukkaita verkostovikojen paikantamiseen. Havainnointietäisyys voi olla suuri, kun linja on suora ja vikakohteet ovat suurikokoisia. Pienemmät kohteet, kuten oksat, eivät välttämättä erotu kaukaa. Suurennetusta kuvasta voi päätellä, että VLOS-toiminnassa havaintoja voi tehdä reilusti yli kilometrin päähän suoralla linjalla ja kohteiden ollessa hyvin erottuvia.



Kuva 6. 20 kV:n ilmajohtoa multikopterista kuvattuna



Kuva 7. Osasuurennos kuvasta 6.

Syyskuussa Vesan Ilmakuvaus pilotoi 110 kV:n ilmajohdon lentotarkastuksia. Lentosuoritetta kertyi yhteensä yli 5 km, jolla tarkastettiin 2,7 km linjaa ja yhteensä 12 pylvästä. Tyypillinen lentokorkeus oli noin 20 metriä maasta ja lähimmillään multikopteri sijaitsi vain 1-2 metrin päässä linjasta, kuva 8.



Kuva 8. 110 kV:n eristin multikopterista kuvattuna

PKS Sähkönsiirto Oy

PKSS:n tallensi pilotointilennoiltaan sekä valokuvia että videoita. Kohteita valokuvattiin sekä otettiin 5 videota. Muistitilaa ne veivät yhteensä yli 8 Gt.

Pilotointien yhteydessä kuvattiin pj-verkon vika saassa kuva 9.

Esimerkkinä verkostorakenteiden kunnan tarkastamisesta on kuvassa 10. oleva 20 kV:n pylväserotin. Kuvaa voi suurentaa yksityiskohtien erottamiseksi tuntuvasti raportissa olevaa kuvaa suuremmaksi laadun silti kärsimättä.



Kuva 9. Kaatunut puu pj-johdolla saassa



Kuva 10. Pylväserotin 20 kV:n haarapylväässä

3.4.2 BVLOS-lentojen havaintoaineisto

Comtiki Oy otti joulukuussa tekemien lentojen aikana ainoastaan videokuvaa, josta esimerkkinä kuvakaappaus kuvassa 11. Kuva-aineistosta pystyy havaitsemaan esimerkiksi linjalle kaatuneet puut, mutta oksien ja johtimien erottaminen on vaikeaa.



Kuva 11. 20 kV:n linjaa kuvattuna DJI Mavic Pro:n 4K-kameralla (kuvakaappaus videosta)

3.4.3 Savon Voima Verkko Oy:n ja PKS Sähkönsiirto Oy:n pilotointihavaintojen yhteenveto VLOS-lennot

Kuva- ja videomateriaalia saatiin SVV:n ja PKSS:n tekemistä VLOS-pilotointilennoista runsaasti. Aineisto on hyvälaatuista ja soveltuu erinomaisesti verkostovikojen paikannukseen. Lähietäisyydeltä otetuista kuvista voi erottaa jopa säieaurioita tai muita pienikokoisia vikoja. Tavoiteltaessa VLOS-toiminnassa mahdollisimman pitkälle ulottuvia vika havaintoja, on käytettävä suhteellisen suuria lentokorkeuksia (luokkaa 100 m) ja korkean resoluution kameraa. Tätä edellyttää myös multikopterin pitäminen pilotin näkökentässä laitteen ollessa etäällä. Haittapuolena seuraa, että kaukana sijaitsevien pienten vikojen, kuten linjalla roikkuvien oksien havaitseminen vaatii käytännössä havaintoaineiston jälkitarkastelua suurinäyttöisellä työasemalla.

Käytetyillä ohjausetaisyyksillä (max. noin 500 metriä) radio-ohjausyhteyksien kanssa ei ollut ongelmia.

Havaintoetaisyys VLOS-toiminnassa parhaimmillaan yli kilometri ohjauspaikasta.

Lentonopeus pilotointilennoilla oli suhteellisen alhainen testauksiin ja osin kahteen kertaan tehtyjen kuvausten takia. Varsinaisilla rutinoituilla tuotantolennoilla uskotaan päästävän selvästi suurempaan teholliseen lentonopeuteen. Lentonopeus voi parhaimmillaan olla käsinojauksessa hyvissä olosuhteissa luokkaa 10 m/s ja keskimäärin noin 8 m/s.

DJI Phantom 4 PRO on pienikokoinen multikopteri, jota on helppo kuljettaa auton tavaratilassa. Laitteen voi saada jopa parissa minuutissa lentokuntoon ja toiminta voidaan käynnistää nopeasti ohjauspaikalle saavuttua. Laite soveltuu myös reittipistenavigointiin ennalta ohjelmoidun reitin mukaisesti. DJI Phantom 4 PRO:n suurimmat puutteet liittyvät heikkoon pakkasen ja sadeveden kestoon sekä radio-ohjausyhteyden lyhyeen kantamaan BVLOS-toimintaa silmällä pitäen.

BVLOS-lennot

Lentojen aikana suora videoyhteys katkeili eikä reaaliaikaista laadukasta kuvaa ollut koko ajan käytettävissä. Myös etäkuvan laatu vaihteli yhteyden kunnan mukaisesti. Multikopteri pysyi hyvin suunnitellulla reitillä, mutta pilotointilaitteessa havaitut toimintahäiriöt ja puutteet tulee saada korjattua, jotta sitä voisi käyttää ammattimaisessa lentotyössä.

3.5 Pilotoijien arvioita multikopterien käyttämisestä verkoston vianpaikannuksessa

Pilotoinnin yhteydessä tehtyjä havaintoja

Pilotoinnissa saatiin käytännön näyttöä multikopterien hyödyllisyydestä verkoston tarkastus- ja vianpaikannuslennoissa sekä VLOS- että osin myös BVLOS-toiminnassa. Pilotoijien näkemys on, että multikopterit nopeuttavat selvästi vianpaikannusta jalka- ja moottorikelkkapartiointiin verrattuna. Ilmatilavarauksiin liittyvän lupakäytännön toimimista ”tositilanteessa” ei päästy varsinaisesti koeponnistamaan. Mieltä jäi kalvamaan epäily, että nopeissa vikatilanteissa ja suurhäiriötilanteissa nykyisillä lupa-käytännöillä ja sääntelyllä ei voida täysin hyödyntää RPAS -laitteiden potentiaalia verkostovikojen selvittämisen tukena.

Erytisesti haasteellisia ovat BVLOS-lennot kiireellisissä vikatilanteissa, joiden sattuessa viikonloppuna tai virka-ajan ulkopuolella tarvitaan normaalista poikkeavaa varatun ilmatilan (vaara-alueen) aktivoimista eli ilmatilan sulkemista. Trafilla, jonne ilmatilanvarauksen aktivointi normaalisti tehdään, ei ole toimintaa virka-ajan ulkopuolella. Ainoa vaihtoehto on tällöin käyttää poikkeustilanteisiin (esim. vakavat sähkönjakeluhäiriöt) tarkoitettua vaihtoehtoista tietä eli tehdä aktivointi-ilmoitus ANS Finlandin ilmatilanhallintakeskukseen (AMC). Tämä on mahdollista jopa samana päivänä kuin lentotoiminta käynnistyy. Menettely tulisi ottaa käyttöön myös yksittäisten vikojen tapauksissa, jolloin saataisiin yksi ainoa malli ilmatilanvarausten aktivointiin.

Ilmatilanvarauksista Trafin edustaja totesi marraskuussa 2017, että nykyinen käytäntö on rakennettu miehitetyn ilmailun tarpeisiin ja ehdoilla, siksi miehittämättömän ilmailun erityistarpeet tulee huomioida ilmatilan käyttöä kehitettäessä.

Ilmatilanvarauksiin liittyy verkkoyhtiöiden kannalta vielä toimintaa ja sen kehittämistä haittaava rajoite: Varaushakemuksessa tulee esittää lentotoiminnan harjoittajat sekä heidän käyttämänsä kalusto havainnointilaitteineen. Menettely ei mahdollista uusien toimijoiden mukaantuloa eikä kaluston vaihtamista kesken vuotta ellei ilmatilanvarausta uusita/päivitetä. Miehittämätön ilmailu on voimakkaassa kehitysvaiheessa ja uusia yrittäjiä syntyy alalle jatkuvasti ja myös laitekanta uudistuu nopeasti. Kaikkia markkinoilla olevia toimijoita ja laitteita tulisi pystyä hyödyntämään joustavasti myös BVLOS-toiminnassa. Tarkemmin ilmatilan varaamisesta ja kehittämis ehdotuksista kohdissa 5.1.5 ja 5.2.2.

Lennonjohtomalli ja menetelmät aiheuttivat pohdiskelua suurhäiriötilanteissa, joissa ilma-aluksia voidaan käyttää suurin määrin ja monilla alueilla saman-aikaisesti. Ilmassa voi olla multikopterien lisäksi myös miehitettyjä helikoptereita tekemässä tilannekuvalentoja ja paikantamassa vikoja. Tämä edellyttää lentojohtotoiminnan ja työkalujen kehittämistä yhteensopivaksi verkkoyhtiöiden toimintamalliin. Häiriönhoito on verkkoyhtiössä usein keskitettyä ja sitä johdetaan verkon käyttökeskuksesta. Lentotoimintaa tulisi myös johtaa käyttökeskuksesta käsin vastuullisena henkilönä (suur)häiriöselvityksen johtaja. Yksittäisissä vikatapauksissa lennoista vastaavana johtajana voisi toimia esimerkiksi käytöstä vastaava henkilö. Tietojärjestelmiin tulisi myös saada riittävällä tarkkuudella käynnissä olevat lentotoiminnot.

BVLOS-lennot

BVLOS-lennot vaativat huomattavasti osaamista ja hyvin varustettujen ammattitason high end-luokan laitteiden käyttämistä muun muassa navigointiin ja radioyhteyksiin ja sääolosuhteiden sietoon liittyvien vaatimusten takia. Pilotoijan näkemys onkin, että lentoihin olisi suositeltavaa käyttää miehittämättömään ilmailuun perehtyneiden, ammattitason laitteilla operoivien ilmakuvausyhtiöiden palveluja.

Tämän hetken sarjavalmisteisilla multikoptereilla ei voi teknisistä syistä johtuen hyödyntää ohjaus- ja videoyhteyksissä julkisia matkaviestinverkkoja. Niiden käyttäminen olisi nopea ja kustannustehokas keino saada ohjausyhteydet toimimaan myös pitkillä BVLOS-lennoilla. Toisaalta matkaviestinyhteyksissä on paljon häiriöitä ja katkoksia suurhäiriöiden yhteydessä, joka vähentää kiinnostusta niiden hyödyntämiseen vikapartioinnissa.

Vianpaikannuskokemukset jäivät osin vajavaisiksi todellisten BVLOS-vianpaikannuslentojen puuttumisen takia. Pilotoinnissa kuvastusta videoaineistosta voidaan havaita kaatuneet puut ja muut suuret kohteet, mutta pienten kohteiden havaitseminen ilman jälkikäsitteilyä on käytännössä vaikeaa tai mahdotonta. Syynä pilotointiajankohdan heikot valaistusolosuhteet sekä käytetty suuri 60 m:n lentokorkeus.

Pilotoinneista saatujen kokemusten perusteella 8 tunnin työpäivässä voidaan arvioida päästävän hyvin yli 40 km tarkastussuoritteeseen yhden ohjaajan käytöllä, mikäli BVLOS-lentoja lennetään rutinoituneesti kohtuullisen hyvissä olosuhteissa. Vain yhteen suuntaan lennettäessä BVLOS-lentoja ketjuttamalla (kaksi ohjaajaa) voitaisiin päästä jopa 60 km päiväsuoritteeseen, mikäli johdoissa ei ole edestakaisin lennettäviä haaroja. Tavanomaisessa VLOS-toiminnassa päiväsuoritteen arvioidaan jäävän selvästi pienemmäksi, luokkaa 20 - 30 km. Valoisaan vuodenaikaan pitkän työpäivän tarkastussuorite voi olla edellä olevia määriä selvästi suurempi.

4 MULTIKOPTERIEN HYÖDYT VIANPAIKANNUKSESSA

4.1 Multikopterien käytöllä saavutettavat hyödyt

Vikapartioinnissa multikoptereista saatava hyöty riippuu oleellisesti vikakohteesta. Vaikeassa maastossa tai hankalasti ylitettävän vesistön takana sijaitsevan vian paikantamisessa multikopterien avulla on saavutettavissa suuria aikasäästöjä. Tällaisissa kohteissa perinteiseen partiointiin käytetty aika voidaan lähes nollata. Lisäksi erikoisemmissä vioissa saadaan nopeasti tieto vian luonteesta, jolloin voidaan välittömästi käynnistää tarvittavien varaosien ja työvälineiden kokoaminen ja kuljetus vikapaikalle. Vian sijaitessa lähellä autotietä tai kohtaa, johon asentajalla on helppo pääsy ja josta vikapaikan voi havaita suoraan, hyödyt ovat pienet tai niitä ei ole lainkaan. Jää vikapartion harkinnan varaan, että kannattako selvityksen alla olevalla vialla käyttää multikopteria vaiko ei.

Vaikeissa ilmasto-olosuhteissa, kuten vesi- ja lumisateessa sekä pakkasessa nykyisiä keveitä multikoptereita ei voi käyttää tai niiden lennättämisessä on suuria rajoituksia. Vaikeissa sääolosuhteissa toimimaan kykeneviä ammattitason laitteita on kyllä saavilla moninkertaiseen hintaan pilotoinnissa käytettyihin multikoptereihin verrattuna, kuten kohdassa 3.3.1 jo mainittiin.

Multikopterien hyöty yksittäisen vian paikannuksessa arvioidaan tällä hetkellä käytännössä pieneksi. Syynä on multikopterien hyvin pieni määrä urakoitsijoilla tai verkkoyhtiöillä. Yksittäinen multikopteri ja sen ohjaamiseen kykenevä henkilö sijaitsevat usein liian kaukana vikakohteesta, jotta aikasäästöjä vianpaikannuksessa todella saataisiin. Suurhäiriötilanteessa vikoja on paljon usein eri puolilla verkkoyhtiön aluetta ja tällöin jo yksittäisiä multikoptereita päästään nopeasti hyödyntämään.

Multikopterit ovat erittäin hyviä apuvälineitä kiireettömässä tarkastustoiminnassa, kun epäillään verkostovikoja tai -vauriota, jotka eivät vielä ole aiheuttaneet sähkönjakelun tai siirron keskeytystä. Multikopterilla epäiltyä vauriokohtaa tai johto-osuutta päästään tarkastelemaan hyvin läheltä ilman, että johtoa tai muuta verkostokomponenttia tarvitsee tehdä jännitteettömäksi. Laitteet soveltuvat esimerkiksi eristettyjen keskijännitejohtojen (PAS) tarkastuksiin suurhäiriötilanteen jälkeen.

4.2 Pilotoinnin tulosten vertaaminen selvitysosan raportissa esitettyihin arvioihin ja talouslaskelmiin

4.2.1 Arvioinnissa käytetyt tiedot ja menetelmä

Tiedot perustuvat selvitysosan raportissa esitettyihin johtopituuksiin, vikamääriin ja laskentakaavoihin. Laskelmissa pilotoinnin perusteella tehdyt muutokset selvitysosaa verrattuna ovat: RPA-ilma-aluksen keskimääräisen lentonopeuden pienentäminen 10 m/s -> 8 m/s, yhden BVLOS-vikapartion tarkastussuorituksen pienennys 50 km/päivä -> 40 km/päivä (edestakainen lento). Vakiokorvaussäästöjen määrän pienennys 5% -> 4,5%. Investointilaskelmissa on myös huomioitu ketjutetut BVLOS-lennot ja vuotuisia ylläpito-kuluja on korotettu 10%:iin laiteinvestointikustannuksista (5% selvitysosassa).

Lisäksi investointilaskelmissa on nyt huomioitu myös ohjaajien koulutuskustannukset.

Jäljempänä esitettävissä laskelmissa on hyödynnetty selvitysosan raportissa esitettyä vikatilastoa ja laskentaoletuksia (liitteet 8. ja 9.) sekä saatuja asiantuntija-arvioita.

Taulukoissa esitettävät arvot edustavat parhaiten keskisen ja itäisen Suomen maakunnallisten verkkoyhtiöiden toimintaympäristöä, jolloin suurin osa (>70 %) käyttöpaikoista sijaitsee haja-asutusalueella asemakaava-alueen ulkopuolella ja jakelumuuntaja on kytketty keskijännitteiseen ilmajohtoverkkoon.

4.2.2 Korjausaikojen lyheneminen ja korjauskustannusten työaikasäästöt

Miehittämättömillä multikoptereilla voidaan lyhentää viankorjausaikaa paikantamalla vika nopeammin. Vian paikantamisen odotetaan nopeutuvan suuresti koptereita käyttämällä. Korjausajan lyheneminen pienentää suoraan korjauksen työkustannuksia, tuo vakiokorvaussäästöjä sekä pienentää keskeytyksestä aiheutunutta haittaa (KAH-kustannuksia). Taulukossa 1. on esitetty saavutettavissa olevat työaikasäästöt eri keskijänniteverkon ilmajohtopituuksilla ja vikamäärillä/vuosi.

Keskijännite-ilmajohtoverkon määrä/km	Ilmajohtoverkon viat/kpl/ vuosi	Partiointia vaativat viat/kpl/ vuosi	Jalkapartiointiin käytetty aika/h/ vuosi	Kelkkapartiointiin käytetty aika/h/vuosi	Lentopartiointiin käytettävä aika/h/vuosi	Lentopartiointin työajan säästö/h noin	Lentopartiointin työaikasäästö/€/ vuosi
87 000	13 920	8 700	7 308	313	544	7 080	566 400
72 500	11 600	7 250	6 090	261	453	5 900	472 000
58 000	9 280	5 800	4 872	209	363	4 720	377 600

Taulukko 1. Multikoptereilla saavutettavissa olevia työaikasäästöjä vianpaikannuksessa

Taulukossa 1. parametrina on käytetyt ilmajohtoverkon määrät [km] vastaavat prosentteina 75%, 62,5% ja 50% koko keskijännitteisen ilmajohtoverkoston pituudesta maassamme vuonna 2015. Vuonna 2015 keskijännitteistä ilmajohtoverkkoa oli yhteensä noin 116 000 km, joka oli hieman alle 82% keskijänniteverkon kokonaismäärästä, Energiaviraston tilasto vuodelta 2015.

Taulukon laskelmissa on käytetty työkustannuksena 80 €/h (ALV 0%), muut käytetyt parametrit ja oletukset on esitetty liitteessä 9. Arvioinnin tulos on, että RPA-laitteiden käytöllä säästetään vianpaikannuskustannuksissa noin **6,5 €/** ilmajohtokilometri/vuosi.

4.2.3 Vakiokorvaussäästöt

Verkkoyhtiö joutuu maksamaan sähkökatkoksista vakiokorvauksen asiakkaalle, mikäli sähköjakelun keskeytys kestää yhtäjaksoisesti yli 12 tuntia. Keskeytys lasketaan alkaneeksi siitä, kun vika on tullut verkkoyhtiön tietoon sähköverkon käytönvalvonta-automaatiosta tai asiakkaan ilmoituksesta.

Vakiokorvauksen määrä perustuu asiakkaan arvioituihin vuotuisiin verkkopalvelumaksuihin veroineen (sis. alv ja sähkövero) ja keskeytyksen pituuteen.

Vakiokorvaukset määräytyvät seuraavasti:

- 12-24 tuntia.....10 % vuotuisesta verkkopalvelumaksusta
- 24-72 tuntia.....25 % vuotuisesta verkkopalvelumaksusta
- 72-120 tuntia.....50 % vuotuisesta verkkopalvelumaksusta
- 120-192 tuntia.....100 % vuotuisesta verkkopalvelumaksusta
- 192-288 tuntia.....150 % vuotuisesta verkkopalvelumaksusta
- Yli 288 tuntia.....200 % vuotuisesta verkkopalvelumaksusta.

Kalenterivuoden kuluessa maksettavien vakiokorvausten enimmäismäärä on 200 % vuotuisesta siirtomaksusta tai enintään 2000 euroa.

Oletetaan, että multikopteripartioinnilla voidaan vähentää 4,5% ilmajohtovikojen aiheuttamista vakiokorvausmaksuista ja yhden vian aiheuttama korvaussumma on keskimäärin 3 500 € (50 asiakasta x 70 €/asiakas). Saadaan taulukon 2. mukaiset vakiokorvaussäästöt taulukossa esitetyillä vikamäärillä.

Keskijännite-ilmajohtojohtoverkon määrä/km	Partiointivaativat viat/kpl/ vuosi	Vakiokorvauten piiriin johtavien vikojen määrän väheneminen/kpl	Vakiokorvaussäästöt/€
87 000	8 700	392	1 370 250
72 500	7 250	326	1 141 875
58 000	5 800	261	913 500

Taulukko 2. Arvio vakiokorvaussäästöistä

4.2.4 KAH-vaikutukset

Keskeytyksistä aiheutuu haittaa tai taloudellista vahinkoa sähkön käyttäjille. Keskeytyksien aiheuttamien haittojen (KAH-haitta) arviointiin on kehitetty erilaisia laskentamenetelmiä. Suomen KAH-mallissa jakeluverkkoyhtiöiden laskelmissa otetaan huomioon vain 1-70 kV keski-jänniteverkon keskeytykset (pj-verkon vikoja ei huomioida). Haitan euromääräisessä arvioinnissa käytetään asiakasryhmäkohtaisia muokattuja laskentaparametreja ja liitteen 10. laskentakaavaa, /5/. Yhden vian aiheuttama haitta riippuu vian sijainnista verkossa. Mitä lähempänä vika on johtolähtöjä syöttävää sähköasemaa, sitä suurempi määrä asiakkaita on yleensä ilman sähköä. Tässä selvityksessä arvioidaan KAH-haittoja hyvin karkealla tasolla käyttäen haitan arvioinnissa keskeytysteholle haitta-arvoa 10 €/kW ja laskelmat esitetään kolmella tehoarvolla 25, 50 ja 100 kW. Todellisuudessa KAH-haittaan vaikuttaa monet eri tekijät, esimerkiksi häiriön luonne ja varasyöttöjen saatavuus. Taulukossa 3. on esitetty RPA-ilma-alusten käytöllä saatavissa olevat KAH-haittojen säästöt käyttäen taulukon 1. työaikasäästöjä.

KAH-teho/kW	Keskijännite-ilmajohtoverkon määrä/km	Partiointia vaativat viat/kpl/ vuosi	Keskeytysajan lyheneminen/h	KAH-säästö/€
25	87 000	8 700	7 080	1 770 000
	72 500	7 250	5 900	1 475 000
	58 000	5 800	4 720	1 180 000
50	87 000	8 700	7 080	3 540 000
	72 500	7 250	5 900	2 950 000
	58 000	5 800	4 720	2 360 000
100	87 000	8 700	7 080	7 080 000
	72 500	7 250	5 900	5 900 000
	58 000	5 800	4 720	4 720 000

Taulukko 3. Arvio KAH-säästöistä eri tehoarvoilla ja ilmajohtomäärillä

4.2.5 RPAS-kopterien säästöpotentiaali miehitettyjen helikopterien korvaajana

Miehitettyjä helikoptereita käytetään suurhäiriötilanteissa sekä tilannekuvan muodostamiseen, että keskijänniteverkon vikojen paikantamiseen. Miehitetyn helikopterin lentotuntikustannus on koneesta ja varustuksesta riippuen luokkaa 900 – 1 500 €/tunti (AVL 0%). Multikoptereilla vastaavasti lentotunnin hinta on arviolta luokkaa 100 – 200 €/tunti. Jälkimmäisessä hinnassa on mukana kaikki lentotoiminnan työ- ja laitekulut, joista työkustannukset ovat määräävässä asemassa. Multikopterien lentohintaan vaikuttavat käytetyn henkilöstön ja kaluston määrä ja alusten tyyppi. Perinteisiä kaksisuuntaisia lentoja (meno ja paluu) voi lentää yhden miehen yhdellä autolla varustettu partio. Ketjutetuissa yksisuuntaisissa lennoissa tarvitaan käytännössä kaksi ohjaajaa, kaksi ohjauslaitetta ja autot molemmille ohjaajille.

Tehokkaan verkoston vianpaikannustustehtävissä käytetyn miehitetyn helikopterin tarkastussuorite on noin 400 km voimajohtoa/6,5 lentotunnin työpäivää kohden eli tehollinen tarkastusnopeus on keskimäärin noin 62 km/h⁶. Lumikuormakartoituksessa vastaava tarkastusnopeus on suurempi, noin 86 km/h. Käytettäessä miehitetyn helikopterin lentotunnin hintana 1 100 €/h kaikkine varusteineen ja miehistökustannuksineen saadaan vianpaikannuslennon kilometrihinnaksi 1 100 € / 62 km = **17,7 €/km**.

Oletetaan multikopteripartion lentosuoritteen hinnaksi kaikkine kuluineen 150 €/h ja tarkastusnopeudeksi 8 m/s = 36,6 km/h. Ketjuttamalla perättäisiä BVLOS-lentoja voitaisiin hyvissä olosuhteissa saavuttaa kaksinkertainen lentosuorite kohdassa 4.2.1 lukuun verrattuna eli parhaimmillaan jopa noin 80 km johtoa/päivä/partio. Se vastaa keskimäärin reilun kahden tunnin varsinaista lentoaikaa. Muu aika voidaan käyttää siirtymiin, valmisteluihin, havainto-aineiston käsittelyyn sekä pakollisiin taukoihin. Näillä oletuksilla saadaan tarkastus-suoritteen hinnaksi edullisimmillaan 8h x 150 €/h / 80 km = **15 €/km**. Toisaalta, mikäli lennetään perinteisellä tavalla yhden miehen partion toimesta, voidaan tuntihintana käyttää edellä mainittua tuntihinnan alinta arvoa 100 €/h (ALV 0%).

⁶ Perustuu Comitiki Oy:n antamiin tietoihin vianpaikannuslennoista vuosilta 2014-2017.

Tällöin multikopterin tarkastussuoritteen hinnaksi saataisiin BVLOS-toiminnassa 8h x 100 €/h / 40 km = **20 €/km**.

Tarkastussuoritteen yksikkökustannukset ovat siis parhaimmillaan samaa suuruusluokkaa molemmilla menetelmillä, joten multikopterien käytöllä ei edellä käytetyillä oletuksilla ole juurikaan säästöjä saavutettavissa miehitettyihin helikoptereihin verrattuna.

Miehitettyjä helikoptereita käytettäessä olisi huomioitava vielä alusten edestakaisten siirtolentojen kustannukset verkkoyhtiön alueelle lennettäessä sekä helikopterien saatavuus. Jäljempänä esitettävissä investointilaskelmissa käytetyllä kuvitteellisella verkkoyhtiöllä on 10 000 km ilmajohtoverkkoa. Sen tarkastaminen kokonaan kahdessa päivässä vaatii tehokkaasti lennettäessä 10 000 km / 2 x 400 km/helikopteri = 12,5 helikopteria!

Multikopterien käyttö lienee hyödyllisintä yksittäisten vikojen paikantamisessa sekä pienissä ja keskiuurissa häiriötilanteissa.

4.2.6 Verkostoinvestointien säästöpotentiaali

Miehitämättömien ilma-alusten onnistuneella käytöllä voidaan lyhentää vikakeskeytyksiä viankorjauksen toimintaprosessia tehostamalla. Tämä voisi mahdollistaa verkko-investointien lykkäämisen säävarmaan verkkoon, esimerkkinä keskijänniteverkon maakaapelointi. Energiaviraston ohjausmallia tulisi hienosäätää, jotta malli tukisi menettelytapaa.

Verkkoinvestointien säästöpotentiaalın talousvaikutusten arviointi on raportin laatimisen hetkellä hyvin vaikeaa riittävän kokemusperäisen tiedon puuttuessa multikopterien todellisesta toimivuudesta viankorjausprosessin apuna. Asia edellyttää lisäselvityksiä.

4.2.7 Vikapartioinnin aikana sattuneet työtaturmat

Vikapartiointi hankalissa ympäristö- ja ilmasto-olosuhteissa on riskialtista työtä sekä jakaisin että moottorikelkalla suoritettuna. Partiointityöstä aiheutuvat työtaturmat aiheuttavat hoitokustannuksia sekä työajan menetystä. Miehitämättömien ilma-alusten käytöllä voidaan työtaturmien määrää vähentää merkittävästi ja näin saada aikaan lisäsäästöjä sekä verkkoyhtiöille että julkiselle sektorille.

4.2.8 RPAS-multikopterien pääoma-, ylläpito- ja koulutuskustannukset

Liitteenä olevissa investointilaskelmissa on arvioitu mid end-luokan multikopterien käytön kannattavuutta VLOS-toiminnassa, liitteet 11.- 13. sekä vastaavasti high end-luokan multikopterien käyttöä BVLOS-toiminnassa, liitteet 14. – 15. Pilotoinneissa käytettiin mid end-luokan multikoptereita, jotka on pääosin suunnattu kuluttajille ja soveltuvat lähinnä VLOS-toimintaan. Tällaisen laitteen hankintakustannuksena varusteineen (mm. vara-akku ja kunnollinen kuljetuslaukku) käytetään liitteiden 11. – 13. laskelmissa arvoa 2 000 € (ALV 0%), VLOS-laskentataulukot 5., 6. ja 7.

Vianpaikannuksessa tarvittava laitteiden määrä riippuu laitteen suorituskyvystä ja lentotavasta (VLOS/BVLOS) sekä toimintamallista. Pilotointilennot lennettiin edestakaisina VLOS/BVLOS-lentoina, jolloin paluulentoon käytetty aika ja akkukapasiteetti menevät hukkaan.

Ketjuttamalla (reittipistenavigointia hyödyntäen) suoritettavat tarkastuslennot kahden pilotin ohjauksessa perättäisiksi yhdensuuntaisiksi lennoiksi, voidaan ajallinen lentosuorite periaatteessa kaksinkertaistaa, kuten myös radioyhteyden kantama.

Taulukon 5. investointilaskelmassa oletetaan toiminnan käyttävän paluulentoon perustuvaa VLOS-lennätystä, ja päiväsuoritteeksi arvioidaan saatavan 25 km tarkastuslennettyä johtoa/päivä. Esimerkilaskelmassa on otettu laskennalliseksi KAH-säästön arvoksi 10% taulukon 3. KAH-haittakustannuksesta 50 kW:n keskeytysteholla, joka on noin 40 €/kj-ilmajohtokilometri/vuosi. Yksi henkilö suorittaa lennon.

Taulukon 6. laskelmassa on samat oletukset kuin taulukossa 5., mutta KAH-hyötyä ei ole huomioitu. Taulukossa 7. on toimintamuotona ketjutettu VLOS-lennätys, jolloin päiväsuoritteeksi oletetaan 40 km/päivä kahden lentäjän vikapartiota kohden, KAH-hyötyä ei ole huomioitu. Taulukoiden 5. – 7. multikopterit oletettu mid end-luokan laitteiksi.

BVLOS-toiminta edellyttää ammattimaiseen käyttöön tarkoitettuun kalustoon panostamista. Tällaisen high end-luokan laitteen hankintakustannuksiksi käytetään investointilaskelmassa varusteineen arvoa 7 500 € (ALV 0%), taulukko 8. Taulukon laskelma perustuu kahden lentäjän käyttöön ja ketjutettuun toimintamalliin. Yksittäisten yhdensuuntaisten lentojen pituudet 1 - 5 km. Partion päiväsuoritteeksi oletetaan 60 km tarkistettua johtoa. Taulukossa 9. samat oletukset kuin taulukossa 8., mutta ilman KAH-hyötyä.

Luonnollisesti eniten laitteita tarvitaan laajoissa suurhäiriöissä, jolloin koko verkkoyhtiön alueella voi olla vianpaikannusta vaativia vikoja. Investointilaskelmissa käytetyllä oletusverkkoyhtiöllä on 10 000 km keskijännitejohtoa, joka pitäisi todella pahan suurhäiriön sattuessa lentää läpi kokonaisuudessaan 2-3 päivässä. Tehokkaassa käytössä, kun vikapartio keskittyy vain vianpaikannuksiin, voisi yhdellä VLOS-toimintaan kykenevällä multikopterilla operoida hyvissä lento-olosuhteissa vuorokaudessa edellä mainittu 25 km/päivä ja ketjuttamalla lennot 40 km/päivä. Tällöin tarvitaan ensimmäisessä mallissa noin 150 kpl partioita ja vastaavasti jälkimmäisessä noin 100 kpl partioita. Ketjutetulla BVLOS-toiminnalla saman johtomäärän lentämiseen tarvittaisiin 60 km:n päiväsuoritteella noin 60 kpl high end-luokan laitteilla varustettua kahden lentäjän vikapartiota.

Oletetaan multikoptereiden käytöllä saatavaksi viankorjauskustannusten säästöksi kohdan 4.2.2 arvo 6,5 €/ilmajohtokilometri/vuosi. Henkilökustannuksiin perustuvien säästöjen oletetaan kasvavan 2,5%/vuosi kustannusnousun takia.

Ylläpitokustannuksia seuraa lähinnä akkujen lataamisesta ja uusimisesta sekä huoltokuluista ja mahdollisten törmäysvaurioiden korjaamisesta, joita välttämättä syntyy jonkin verran haasteellisissa olosuhteissa operoitaessa. Vuotuisiksi ylläpito- ja huoltokustannuksiksi oletetaan 10% (5% selvitysosassa) laiteinvestointikustannuksista. Nämä kulut eivät sisällä lennättämisen työkustannuksia, koska työkustannukset sisältyvät laskelmissa käytettyihin työaikasäästöihin. Ylläpito- ja huoltokulujen oletetaan kasvavan vuosittain 2,5% muun muassa työkustannusten nousun takia.

Lentotoimintaa aloitettaessa (urakointi) yhtiön arvioidaan käyttävän henkilöstön koulutuskustannuksiin 2 000 €/henkilö (ALV 0%, 15 h teoriakoulutus + 10 h lento-harjoittelu a 80 €/tunti).

Lisäksi kertaluontoisena kuluna verkkoyhtiön lentotoiminnan ohjaus- ja toimintaprosessin kehittämiseen, toimintaohjeistuksen luontiin sekä lupaprosessiin on panostettava arviolta 5 000 € (ALV 0%). Nämä kulut ovat mukana investointilaskelmien ensimmäisen vuoden (vuosi 0) investoinneissa.

Multikoptereiden oletetaan kestävän käytössä 5 vuotta, jonka jälkeen ne uusitaan. Lisäksi oletetaan, että laitteilla ei ole muuta käyttöä.

Laskentakorkona (LK) liitteenä olevissa laskelmissa on käytetty arvoa 3%, joka arvioidaan riittäväksi vähäriskisissä infrastruktuurihankkeissa. Vertailun vuoksi laskelmat on tehty myös laskentakorolla 8%. Laskentakorkoprosentit on merkitty yhteenvetotaulukon 4. nykyarvosarakkeeseen. Laskelmissa käytetty rahoituskorko on 2%.

Investointi on kannattava, kun kumulatiivinen nykyarvo on positiivinen. Investointilaskelmista (taulukot 5. – 9., liitteet 11. – 15.) voidaan päätellä multikopterien käytön olevan hyvin kannattavaa kaikissa laskentataukissa, kun niillä korvataan jalka- tai moottorikelkkapartiointia. Multikopterien käytöllä saavutettavien säästöjen nykyarvo arvioidaan olevan mid end-luokan laitteilla 10 vuoden käyttöajalla +0,9 - +1,3 M€ riippuen toimintatavasta ja KAH-hyötyjen huomioimisesta. Myös herkkyyksianalysielessä käytetyllä laskentakorolla 8% multikopterien käyttö on kannattavaa. VLOS-lentojen kumulatiivinen tulosvaikutus on tarkastelujaksolla myös noin 1 M€:n tuntumassa (LK 3%).

Tehokkaalla BVLOS-menetelmällä lennettäessä ja käytettäessä ammattitason laitteita investoinnin nykyarvon arvioidaan olevan vastaavasti +0,5 - +0,9 M€ ja tulosvaikutus on samaa luokkaa (LK 3%). Yhteenveto investointilaskelmista taulukossa 4.

Taulu nro/ Toiminta- tapa	Laite- luokka	Laitehinta a€ ALV 0%	Laitteiden määrä/kpl	Lento- menetelmä	Nykyarvo k€/3%	Nykyarvo k€/8%	Laskelman sijainti (3%)
4 / VLOS	Mid end/ K	2 000	150	Kaksi- suuntainen	+1 263	+860	Liite 11
5 / VLOS	Mid end/ K	2 000	150	Kaksi- suuntainen	+919	+ 590	Liite 12
6 / VLOS	Mid end/ K	2 000	100	Yksisuunt. ketjutettu	+1 005	+658	Liite 13
7 / BVLOS	High end/ A	7 500	60	Yksisuunt. ketjutettu	+902	+558	Liite 14
8 / BVLOS	High end/ A	7 500	60	Yksisuunt. ketjutettu	+557	+287	Liite 15

Taulukko 4. Yhteenveto investointilaskelmista (K = Kuluttajalaite, A = Ammattilaite); kuvitteellinen verkkoyhtiö, jolla on 10 000 km keskijännitteistä ilmajohtoverkkoa

Investointilaskelmissa ei ole huomioitu ollenkaan multikopterien mahdollista käyttöä pj-johtojen vianpaikannuksessa tai määräaikais-tarkastustehtävissä, jotka vielä edelleen parantaisivat kannattavuutta.

4.3 Multikopterien hyödyntäminen suurhäiriötilanteissa

Multikopterien käytöllä saavutettavien hyötyjen realisointi suurhäiriöissä edellyttäisi suurimman osan vikapartioista varustamista multikoptereilla. Ison maakunnallisen verkkoyhtiön tapauksessa tämä tarkoittaisi 40 – 100 multikopterin hankintaa toimintatavasta ja laitteen ominaisuuksista riippuen. Tällaisella määrällä multikoptereilla varustettuja osaavia vikapartioita voitaisiin suurhäiriötilanteissa tarkistaa jakeluyhtiön vikaantunut keskijänniteverkon osa 1 - 3 päivässä riippuen vaurioiden laajuudesta ja lento-olosuhteista.

Alkuinvestointi olisi pilotoinnissa käytettyjen multikopterien kokoluokassa halvimmillaan luokkaa 200 000 euroa (AVL 0%) ja ammattikäyttöön tarkoitettujen high end-luokan laitteiden tapauksessa noin 300 000 euroa (ALV 0%). Lisäksi merkittäviä aloituskustannuksia syntyy henkilöstön kouluttamisesta ja tarvittavan lentokokemuksen hankinnasta. Myös toimintaprosessien ja toimintamallien kehittäminen sekä niihin liittyvän ohjeistuksen laatiminen ja lupamenettelyt ovat ponnistus, joka vaatii osaava henkilöä ja aiheuttaa kuluja. Suurten alkuinvestointien lisäksi isojen ilma-alusmäärien lennonjohtaminen voisi muodostua verkkoyhtiölle sangen haasteelliseksi samalla kun henkilökunta on sidottu häiriöselvitykseen ja vikojen korjauksen ohjaukseen. Luontevinta vianpaikannuslentojen hankinta verkkoyhtiölle voisi olla alaan perehtyneeltä palvelutuottajalta.

Laajoissa suurhäiriötilanteissa tarvitaan todennäköisesti jatkossakin miehitettyjen helikoptereiden suorituskykyä ja multikoptereita voidaan käyttää rinnalla esim. yksittäisten vikojen paikantamiseen tai kohteissa, joissa miehitettyjä helikoptereita ei syystä tai toisesta voida käyttää.

5 HYVIÄ KÄYTÄNTÖJÄ, TOIMINTAMALLEJA JA KEHITTÄMISEHDOTUKSIA

5.1 Hyviä käytäntöjä ja toimintatapoja multikopteriavusteisessa vianpaikannuksessa

5.1.1 Miehittämättömän ilmailun osaaminen ja proaktiivinen riskienhallinta

Miehittämättömillä ilma-aluksilla ansiolentotoimintaa harjoittavien tahojen (esim. urakoitsijat) on hankittava riittävä osaaminen miehittämättömän ilmailun säädöksistä ja määräyksistä sekä riittävä osaaminen operoida miehittämättömillä ilma-aluksilla. Tarvittava osaaminen on merkittävästi laajempaa harjoitettaessa lentoja näköyhteyden ulkopuolelle (BVLOS) kuin toimittaessa vain näköyhteydellä (VLOS). Varsinaista lennättämistä on harjoitettava riittävästi, jotta lentotoiminta olisi rutiinia. Lentokokemusta tulisi olla vähintään 5 tuntia ja suositeltavaa 20 tuntia ennen sähköverkostoon suuntautuvien lentojen aloittamista. BVLOS-reittipistelenäytystä on syytä harjoitella lisäksi näköyhteydellä erilaisissa ympäristöissä ennen kuin aloitetaan varsinaiset lennot näköyhteyden ulkopuolelle.

Lennot onnistuvat varmemmin, kun laitteiden teknisestä kunnosta pidetään hyvää huolta.

Turvalliseen ammattimaiseen ilmailuun liittyy aina riskien tunnistaminen ja hallinta. Sitä varten lentotyönharjoittajien on tehtävä kattava riskianalyysi kaikista mieleen tulevista uhkista ja riskeistä, jotka voivat vaarantaa lentoturvallisuuden. Hyvä käytäntö on laatia tämän jälkeen lentotoiminnan käsikirja, jossa painopiste on lentoturvallisuuteen ja riskienhallintaan vaikuttavilla asioilla, lisätietoja lähde /1/, kohta 8.2 ja Trafin sivu https://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton_ilmailu/rpas_lentotyö.

5.1.2 Viranomaisilmoitukset, -luvat ja vakuutukset

Miehittämättömällä ilma-aluksella ansiolentotoimintaa eli lentotyötä harjoittavan tulee tehdä toimijailmoitus Trafille, lisätietoja lähteessä /1/, kohdassa 7.5.1.

Pääesikunnan kesäkuussa 2017 antaman tulkinnan mukaan ilmakeuhauslupaa ei tarvita, mikäli vianpaikannuslentoja tehdään ainoastaan voimajohtolinjojen yläpuolella eikä lennetä miltään osin puolustusvoimien kohteiden päällä.

Lentotyön harjoittajan on hankittava vastuuvakuutus lentotoiminnalla ulkopuolisille aiheutettujen vahinkojen varalta. VLOS toimintaan vakuutuksia saa suhteellisen helposti, mutta BVLOS-lentoja varten vakuutuksia vaikea saada. Lisätietoja liitteessä 1., lähteessä /1/ sekä kohdassa 3.1.

5.1.3 Lentosuunnitelmat, tarkastusmenettelyt ja lentopäiväkirja lentotyön rutiiniksi

Lentosuunnitelma

Ammattimaiseen ilmailuun kuuluu aina suunnitelmallisuus, josta hyvä esimerkki on lentosuunnitelman tekeminen hyvissä ajoin ennen lentotoiminnan käynnistämistä. Lentosuunnitelmaan kirjattavia kohtia: mm. suunnitellun lennon tehtävä/tavoitteet, RPAS-toiminnan tyyppi: VLOS/BVLOS, ilma-aluksen päällikön tiedot, lähtö- ja paluu-aika, lennon kesto, lentokorkeus/korkeudet sekä lähtö- ja laskeutumispaikat.

Suunniteltu lentoreitti suositellaan merkittäväksi karttapohjalle myös VLOS-toiminnassa. Lentosuunnitelman tiedot auttavat lentopäiväkirjan tekemisessä lennon jälkeen.

Hyödyllinen apuväline lennon suunniteluun on Trafin Droneinfo-sovellus, joka on ladattavissa Android ja iOS -laitteisiin. Sovelluksesta löytyy muun muassa tiedot rajoitusalueista, lentokieltoalueista ja korkeusrajoista Suomessa, https://www.droneinfo.fi/fi/ala_lennata_taalla/lataa_droneinfo-sovellus . Lisätietoja lennon suunnitteluvälineistä ja kartoista liitteessä 1. sekä viitteessä /1/.

Lähtö- ja paluutarkastukset

Välittömästi ennen nousua tulee tehdä lähtötarkastus ja laskeutumisen jälkeen paluutarkastus toimenpiteineen, malli tarkastuslistoista ja toimenpiteistä liitteessä 1., kohta 6.2.

Ilmailumääräykset edellyttävät lentopäiväkirjan pitämistä ansiolentotoiminnassa

Kauko-ohjatuista lennoista on pidettävä lentopäiväkirjaa ja tallennettava seuraavat tiedot:

- a) lennätysten päivämäärä,
- b) lennätyspaikka,
- c) ilma-aluksen päällikkö,
- d) ilma-aluksen valmistaja ja malli,
- e) lennätysten tai lennätysjärjelmän alkamis- ja päättymisaika,
- f) onko kyseessä:
 - 1) suoraan näköyhteyteen perustuva toiminta (VLOS) vai
 - 2) suoran näköyhteyden ulkopuolella tapahtuva toiminta (BVLOS),
- g) lennätystehtävän luonne sekä maininta mahdollisesta kauko-ohjaustähtäjästä käytöstä.

5.1.4 Tarkkailu ja lentoturvallisuuden varmistaminen lennon aikana

Multikopterin ohjauspaikka on suositeltavaa valita siten, että paikasta käsin voidaan tarkkailla lennon sujumista ja ympäristöä mahdollisimman laajasti. Muuta maastoa korkeammalla sijaitseva ohjauspaikka mahdollistaa pitemmälle toimivan radio-ohjausyhteyden. Suoran näköyhteyden ääri rajoille ulottuvien lentojen turvallisuutta voi lisätä aputähtäjän avulla. Aputähtäjän sijaintipaikka tulisi valita lähelle multikopterin kääntöpistettä tai lähelle laskeutumispaikkaa, mikäli alus laskeutuu tehtävän loppuun muualle kuin lähtöpaikkaan. Ohjaajan ja aputähtäjän välinen yhteydenpito suositellaan järjestettäväksi esimerkiksi VHF/UHF-radiopuhelimien avulla. Matkapuhelimet voivat toimia varalaitteina, mikäli radiopuhelimien suora kantama ei riitä.

Lennon aikana tulee erityisesti seurata, ettei muita ilma-aluksia tule törmäyskurssille sekä lento-olosuhteiden kehittymistä. Sähkökäyttöisillä multikoptereilla operoitaessa on tärkeää tarkkailla myös jäljellä olevan lentoajan määrää (akun varaustilaa).

5.1.5 Ilmatilan varaaminen BVLOS-toimintaa varten

Päivitetty lainaus selvitysoosan raportista

Ilmailumääräyksen OPS M1-32⁷:n mukaan miehittämättömällä ilma-aluksella lentotoiminta näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS) vaatii nykysäännösten mukaan aina (muilta kuin viranomaisilta poikkeustilanteissa) ilmatilan varaamista myös valvomattoman ilmatilan osalta (lentokorkeus alle 150 m). Ilmailu-viranomaiset voivat hakemuksesta varata ilmatilan miehittämättömien ilma-alusten lentotoimintaa varten eli perustaa ns. tilapäisiä vaara-alueita (Tempo D), ilmatilan varauslomake liitteessä 3. Myös sähköinen ilmatilan varauslomake on koekäytössä, lisätietoja sivun 33. linkin takaa. Ilmatilanvarauksen voi myötää 1. Trafi (normaali menettely) tai erityistilanteissa 2. ANS Finlandin Ilmatilan hallintayksikkö AMC (poikkeusmenettely).

Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi) voi päätöksellään perustaa tilapäisiä vaara-alueita muun muassa miehittämättömän ilmailun mahdollistamiseksi ja yleis- ja harrasteilmailun tarpeisiin. Varauksen kesto voi olla enintään kalenterivuosi kerrallaan. Vara-alueen voi perustaa myös pysyväksi, mutta verkkoyhtiöiden tarpeisiin sitä ei ole tietääkseni käytetty.

Tilapäisiä vaara-alueita voi perustaa ilmailulain 11 § mukaisesti myös AMC⁸ itsenäisillä toimenpiteillään enintään kahden viikon ajaksi seuraavin periaattein:

Suunnitelmallisista vaara-alueäärityksistä pyritään julkaisemaan AIP-supplement⁹ 2-8 viikkoa ennen toiminnan aloittamista, esimerkki liitteessä 7. Tällaisia tarpeita ovat lentotoiminta miehittämättömällä ilma-aluksella näköyhteyden ulkopuolella yhteiskunnallisesti hyödylliseen testaus- ja tutkimustoimintaan liittyen tai muu erityinen tilapäinen syy poiketa normaalista aikataulusta. Kyseessä voisi esimerkiksi olla voimalinjojen tarkastaminen miehittämättömällä ilma-aluksella tai tähän rinnastettava toiminta.

Akuutit (alle kaksi viikkoa ennen toiminnan aloitusta) vaara-alueääritykset osoitetaan vain NOTAM¹⁰ -tiedotteella. Tällainen tarve voisi aiheutua esimerkiksi myrskytuhojen kartoittamisesta miehittämättömällä ilma-aluksella tai tähän rinnastettavasta toiminnasta.

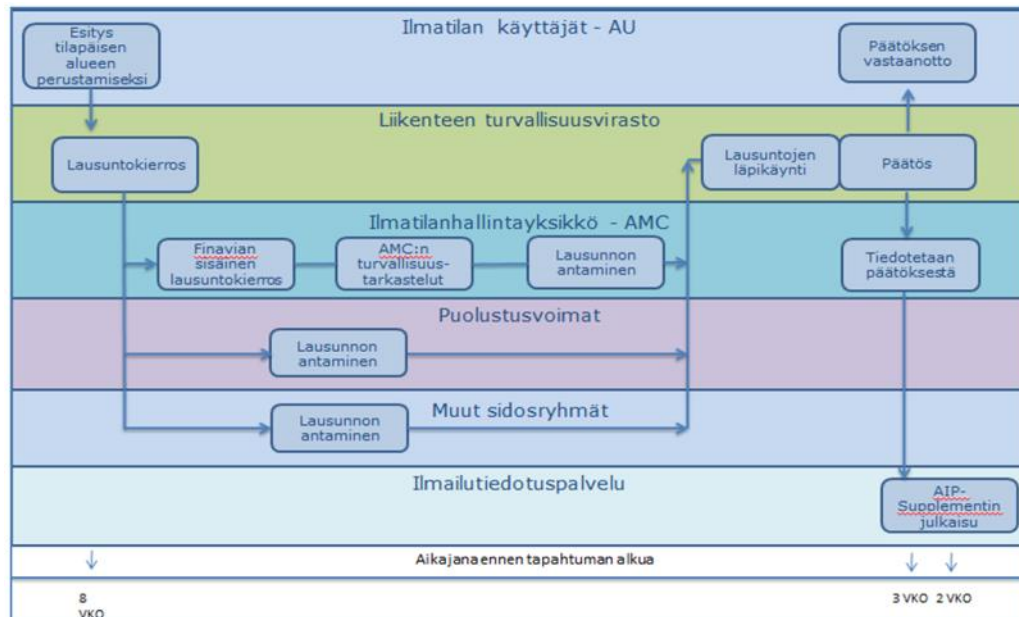
Kuvassa 12. on kaavioesitys normaalin ilmatilavarauksen kulusta (Trafi).

⁷ Miehittämätöntä ilmailua käsittelevä ilmailumääräys

⁸ AMC = Air Management Cell (= ANS Finlandin ilmatilan hallintayksikkö)

⁹ AIP supplement = Aeronautical Information Publication (Ilmailutiedote)

¹⁰ NOTAM = Notice to Airmen (Ilmailutiedotussähke)



Kuva 12. Kaavioesitys normaalin ilmatilavarauksen kulusta (Trafic)

Mikäli tilapäisellä vaara-alueella toimitaan miehittämättömällä ilma-aluksella, on tilapäisen vaara-alueen NOTAM-julkaisussa oltava vaara-alueella toimivan tahon (lento-operaattoreiden) varmistetut yhteystiedot.

Trafi suosittelee, että pitkäkestoinen tilapäinen ilmatilanvaraus tehdään verkkoyhtiön toimesta. Varaushakemuksessa on lueteltava mm. toiminnan luonne ja kaikki varausta hyväksi käyttäen lentävät tahot (muut kuin ilmoitetut tahot eivät saa lentää tehdyllä varauksella). Lentotoiminnasta vastaavaksi henkilöksi on nimettävä yksi henkilö, jolla voi olla varamies. Lentotoiminnasta vastaava taho voi olla myös verkkoyhtiön valvomo. Tämä henkilö/taho vastaa kaikkien varausluvalla operoivien lento-operaattoreiden lentotoiminnan koordinoinnista ja henkilö (tai varahenkilö tai valvomo) on aina oltava tavoitettavissa ilmoitetuista yhteystiedoista (puhelinnumerosta) lentotoiminnan aikana.

Kuten jo kohdassa 2.4.2 mainittiin, tulee ilmatilan varausalueiden olla riittävän isoja ja geometrialtaan selkeitä, esim. neliöitä, suorakaiteita tai monikulmiota. Sopiva varausalueen pinta-ala 1 500 – 3 500 km². Kaikille varausalueen kulma- ja rajapisteille täytyy määrittää WGS84¹¹-koordinaatit. Katso ohje ilmatilanvarauslomakkeen lopusta. Epäselvissä tapauksissa kannattaa kysyä ohjeita Trafian ilmatilanvarauksista vastaavilta henkilöiltä tai ANS Finlandin ilmatilan hallintayksiköstä (AMC).

Ilmatilanvarausta tulee hakea Trafilta vähintään 8 viikkoa ennen ensimmäistä toimintapäivää.

- Ilmatilanvaraushakemus lähetetään Trafian kirjaamoon sähköosoitteeseen kirjaamo(at)trafi.fi sekä lisäksi osoitteella ilmatila(at)trafi.fi.
- Linkki ilmatilanvarauksen tekemiseksi, linkin takaa löytyy ohjeet ja lomake hakemuksen tekemiseksi: http://www.trafi.fi/ilmailu/lennonvarmistus_ja_ilmatila/ilmatila.

¹¹ GPS-järjestelmän käyttämä koordinaatisto

Ilmatilanvarauksella luodaan aikaisemmin mainittu tilapäinen vaara-alue (Tempo D). Virallisesti vahvistetusta ilmatilanvarauksesta tehdään lentäjiä varoittava tiedote AIP Supplement-sivuille, <https://www.ais.fi/ais/aipsup/AipSup.htm>, esimerkki liite 7., ja NOTAM-tiedote.

Ilmatilan varauspäättös on maksullinen. Hinta raportin kirjoittamisen hetkellä on 320 €.

Lisätietoja ASM -toimintakäsikirjasta, löytyy edellisen sivun linkin takaa.

Ilmatilanvarauksen aktivoiminen

Ilmatilanvaraus (vaara-alue) on aktivoitava eli tehtävä toimintailmoitus ennen lentotoiminnan aloittamista. Normaalisti toimintailmoitus on tehtävä toimintapäivää edeltävänä arkipäivänä viimeistään klo 12 varausluvassa annettuja yhteystietoja ja välineitä käyttäen. Esimerkiksi toimintailmoitus tehdään varauspäättökseen liitteenä olevalla lomakkeella, joka lähetetään sähköpostilla osoitteeseen ampumailmoitus (at) ansfinland.fi. Normaalisti AMC ei kuittaa saamaansa ilmoitusta, joten AMC:lle kannattaa soittaa varmistussoitto vielä ennen toiminnan aloittamista käyttäen ilmatilan varauksessa ilmoitettua (tai sivun lopussa olevaa) numeroa.

Joillain alueilla luvassa voidaan lisäksi edellyttää aluelennonjohdolle ilmoitusta n. 15 minuuttia ennen lentotoiminnan aloittamista sekä ilmoitusta toiminnan päättymisestä, kun luvanvarainen lehtotoiminta loppuu ko. päivänä.

Tietyissä erikoistilanteissa (esim. vakavat myrskyvauriot) verkkoyhtiö voi tehdä vaara-alueen aktivoimisen lyhyemmälläkin varoitusajalla AMC:lle. Kiireellisissä tapauksissa toimintailmoituksen voi tehdä jopa samana päivänä kuin lentotoiminta alkaa. Tällöin AMC varmistaa varaajan ilmoittamat tiedot ja koordinoi varauksen aktivoitumisen vaikuttavien ATS¹² -yksiköiden kanssa. AMC ilmoittaa aktivoimista pyytäneelle toimijalle varauksen voimaantulosta.

AMC:lla on oikeus keskeyttää aktivoitua vaara-alueella olevan miehitetylle ilmailulle vaarallisen toiminnan lentoturvallisuuden varmistamiseksi tai mikäli lentoliikenteen sujuvuus häiriintyy. Tämän varmistamiseksi on luotava varmistetut yhteydenpitomenettelyt vaara-alueen toimijan ja AMC:n välille.

Ilmatilanvarauksen aikarajoja ei saa ylittää ja aktivoitua ilmatilavaraukset ja vaara-alueet tulee vapauttaa varaustarpeen päättyessä ennen aikarajaa ilmoittamalla siitä AMC:lle, p. 03 386 9851 (tai Suomen aluelennonjohdolle, p. 03 286 5172). Myös toimijoiden yhteystiedoissa mahdollisesti tapahtuvat muutokset tulee ilmoittaa puhelimitse edellä mainittuun AMC:n numeroon.

¹² ATS = Air Traffic Services (Ilmaliikennepalvelu)

5.2 Kehittämisehdotuksia ja suosituksia

5.2.1 RPAS-tekniikan ja havaintolaitetekniikan kehittäminen

Laite- ja järjestelmätoimittajat:

Sähkökäyttöisiä miehittämättömiä ilma-aluksia on kehitettävä, jotta ne soveltuisivat paremmin sähköverkoston tarkastustehtäviin, muun muassa:

- Kokonaissuorituskykyä lisättävä selvästi pitkien BVLOS-lentojen mahdollistamiseksi
- Akkujen kapasiteetti/paino suhdetta kasvatettava
- Kehitettävä tai parannettava näköyhteyden ulkopuolella operoitaessa tarvittavia ohjaus-, navigointi- ja turvajärjestelmiä
- Ohjausyhteyksien kantamaa lisättävä. Keinoina mm. radio-ohjausyhteyksien lähetystehon kasvattaminen ja antennitekniikan parantaminen sekä julkisten matkaviestinverkkojen käyttöönotto ohjausyhteyksien kantaman kasvattamiseksi, esimerkiksi 3G- ja 4G-modeemien integrointi sarjavalmistesteisiin laitteisiin
- Laitteiden säänkestoisuutta kehitettävä, mm. vesitiiviys ja pakkasen kesto
- Parannettava lennonsuunnittelun työkaluja, esimerkkinä lentojen suunnittelu logistisena ja optimoituna kokonaisuutena, 3-ulotteisen maastomallin käyttöönotto lennonsuunnittelussa. Mahdollisuus hyödyntää verkostosta aiemmin kerättyä laserkeilausaineistoa reittisuunnittelussa käyttäen sijainti- ja ominaisuustiedoltaan tarkistettua ja luokiteltua verkkokomponenttien paikkatietoa sekä Maanmittauslaitoksen laserkeilattua korkeusmallia 10m tai 2m (mikäli jälkimmäinen on saatavana alueelta). Suunnittelumalliin tulisi lisäksi viedä paikka- ja korkeustiedot lentoesteistä
- Lentokorkeuden automaattinen laskenta suunnittelutyökalun avulla johtokadun ympäristön lentoesteiden (esim. puusto) maksimikorkeuden perusteella
- Sensorilaitteistojen kehittäminen ympäristön havainnointiin turvaetäisyyden kasvattamiseksi ja törmäysuhan tunnistamiseksi sekä nykyisten sensorien vesisateen aiheuttaman häiriöherkkyyden pienentäminen
- Osallistuttava muiden lentotehokkuutta ja -turvallisuutta parantavien ratkaisujen kehittämiseen ja tuottamiseen
- Reittipistelennot täysin autopilotilla ohjattaviksi, jolloin ohjaaja voisi keskittyä pelkästään lennon tarkkailuun, vikojen havainnointiin sekä kameran ohjaukseen
- Automaattiohjauksen kehittäminen siten, että ohjaaja voi tarvittaessa tehdä hienosäätöjä lentoreittiin lennon aikana, jos lennonsuunnittelussa on epätarkkuutta reittipisteissä tai pylvästiedoissa tai lennon aikana tehdyt havainnot sitä edellyttävät
- Reittipistelennon lentonopeutta voitaisiin säätää tarvittaessa automaattisesti lennon aikana riippuen reittikohdan vaativuudesta, mm. jyrkät nousut ja käännökset

5.2.2 Miehittämättömien ilma-alusten käytön sääntely ja viranomaistoiminta

Ilmatilan varaaminen

- Nykyinen ilmatilanvarausmalli on kankea laajamittaiseen miehittämättömien ilma-alusten hyödyntämiseen ja tehty perinteistä miehittyä ilmailua varten. Esimerkiksi ilmatilanvaraushakemuksessa tulee ilmoittaa varauksella lentävät tahot ja ilma-alukset. Tämä estää tai vähintään hankaloittaa verkkoyhtiön mahdollisuuksia valita uusia lentourakoitsijoita sekä urakoitsijoiden mahdollisuutta käyttää uutta kalustoa

- Nykyistä ilmatilanvaraus- ja aktivointiprosessia tulee kehittää yhteistyössä verkkoyhtiöiden ja Trafín kanssa voimassa olevan lainsäädännön puitteissa tavoitteena, että etukäteen sovitulla alueella kaikissa vika- ja häiriötilanteissa BVLOS-vianpaikannuslennot voitaisiin käynnistää välittömästi ja muiden tarkastuslentojen osalta enintään kolmen vuorokauden vasteajalla
- Sekä verkkoyhtiöiden että saadun tiedon mukaan myös Trafín näkemys on, että RPAS-toimintaan varten tulee luoda oma joustavampi menettely ilmatilanvaraamisen ja käytön osalta erityisesti, kun kohteena on yhteiskunnan tärkeiden ja kriittisten palvelujen turvaamistehtävät (esim. verkkoyhtiön vianpaikannuslennot)
- Esimerkiksi verkkoyhtiöiden tulisi voida lentää tietyllä alueella verkostonsa yläpuolella BVLOS-tarkastuslentoja valvomattomassa ilmatilassa (alle 150 m) ilman nykymuotoista ilmatilanvarausta pelkällä ilmoituksella ilmatilan hallintayksikköön (AMC)

Käytön sääntely

- Miehitettömien ilma-alusten sujuva käyttäminen verkkoyhtiöiden vianselvitys-toiminnan tukena vaatisi viranomaiselta erityislupia poiketa nykyisestä ilmailu-käytännöstä ja -sääöksistä
- Nykytilanne ei ole tyydyttävä verkkoyhtiöiden kannalta, mm:
 - BVLOS-lentotoiminta tulisi sallia ilman ilmatilanvarausta keveillä (MTOM < 25 kg) miehitettömillä ilma-aluksilla, kun ennalta määritetyt osaamis- ja riskien hallinnan edellytykset on täytetty (mm. koulutus hankittu ja toiminnan ohjeistus luotu)
 - Lentotyö myös huonoissa valaistusolosuhteissa ja pimeällä tulisi sallia samalla tavoin kuin viranomaisilla on oikeus lentää
- EU:n tuleva sääntelyn osalta huolehdittava, että lentotyön edellytyksiä miehitettömillä ilma-aluksilla ei heikennetä
- Luotava kansainvälinen yhteysmenettelystandardi keveiden RPAS-laitteiden telemetriayhteyksiä varten (ohjaus- ja kuvansiirtoyhteydet) ja varattava radiotaajuudet yhteyksiä varten
- Sallittava kauko-ohjauksessa korkeammat lähetintehot (esimerkiksi samat kuin USA:ssa eli 26 dBm = 400 mW)
- Sallittava julkisten matkaviestinverkkojen käyttäminen RPAS-järjestelmien ohjausyhteyksien käyttöön ilman lupamenettelyä, kun toimitaan valvomattomassa ilmatilassa (alle 150 m).

5.2.3 Miehitettömään ilmailuun osaamisen, edellytysten ja palvelutarjonnan kehittäminen

Julkinen sektori, alan järjestöt ja palvelutuottajat

- Julkisen sektorin toimijoiden on tuettava aloittavia alan yrityksiä ja kehitysohjelmaa taloudellisesti sekä järjestämällä korkeatasoista sekä laaja-alaista ammattikoulutusta (mm. järjestelmätekniikka ja lento-operointi)

- Alan järjestöjen ja palvelutuottajien on kehitettävä aktiivisesti omaa osaamistaan ja RPAS-spesifisiä koulutuspalveluja (mm. miehittämättömän ilmailun yleiskoulutus, ohjaus- ja navigointikoulutus, tekniikka/huoltokoulutus) sekä luotava asiantuntija-palveluja mm. ammattimaiseen ilmakehän toimintaan ja lentohavainnointiin ja toimintaprosessien (mm. lentokäsikirja) laadintaan/ kehittämiseen sekä tarvittaessa käynnistettävä ilma-alusten katsastuspalvelu ja turvallisuusauditoinnit, mikäli viranomaiset niitä vaativat
- Järjestöjen koottava voimavarat yhteisten kehitysohjelmien toteuttamiseksi laitevalmistajien, lento-operaattorien, palvelutuottajien sekä tutkimus- ja oppilaitosten kanssa
- Palvelutuottajien tulisi kehittää miehittämättömien ilma-alusten huoltamisessa ja ylläpitämisessä tarvittavaa osaamista ja palveluja

Lentotoiminnan harjoittajat ja urakoitsijat

- Seurattava tiiviisti alan kehitystä, investoitava kokeilujärjestelmiin ja koulutettava henkilöstöään systemaattisesti miehittämättömän ilmailun osaajiksi
- Alan yritysten keskinäistä yhteistyötä lisättävä ja luotava palvelutuotannon verkostoja
- Vaikutettava ilma-alusten valmistajiin myös siviilipuolen laitekehittämiseen ja tuotantoon panostamiseksi
- Lentotyöpalveluja miehityillä ilma-aluksilla tarjoavien yritysten tulee ottaa tuotevalikoimaan myös miehittämättömillä RPAS-järjestelmillä tuotettavat palvelut

Loppukäyttäjät (verkkoyhtiöt ja edunvalvonnan osalta Energiateollisuus ry)

- Tuettava aloittelevia RPAS-lentoliiketoiminnan harjoittajia tilaamalla heiltä lentotarkastuspalveluja, sillä sähköverkon komponenttien ja rakenteiden digitaalisissa kuvauksissa multikopterit ovat edullisin ja usein myös laadukain vaihtoehto
- Vaikutettava lainsäätäjiin asianmukaisella informaatiolla RPAS-tekniikan potentiaalista ja mahdollisuuksista yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisessa
- Johtojen, pylväiden ja muiden verkkokomponenttien koordinaattitietoja tarkennettava ja muunnettava WGS84-koordinaatistoon, mikäli epäillään tietoja epätarkoiksi tai koordinaattimuunnoksia ei ole tehty. Esim. vanhaan KKJ-järjestelmään perustuvat koordinaatit eivät kelpaa autopilotin satelliittinavigointiin ilman koordinaattimuunnoksessa tehtävää korjausta. Nämä korjaustermit ovat paikasta riippuvia
- Luotava (suur)häiriöiden selvitysprosessiin kyky johtaa ja ohjata laajamittaisesti miehittämättömien ilma-alusten käyttöä verkostovikojen paikantamisessa ja suurhäiriöiden tilannekuvan muodostamisessa. Häiriönhoito on verkkoyhtiössä keskitettyä ja sitä johdetaan valvomosta. Myös lentotoiminnan johtaminen voisi olla myös hoidettu verkon käyttökeskuksesta käsin ja yksittäisissä vikatapauksissa esim. käytöstä vastaavan henkilön toimesta. Tietojärjestelmiin tulisi saada riittävällä tarkkuudella käynnissä olevat lentotoiminnot
- Tehdä yhteistyötä lento-operaattoreiden (mm. urakoitsijat) sekä käytöntuki- ja verkkotietojärjestelmien toimittajien kanssa, jotta vikahavaintotiedot saadaan mahdollisimman automaattisesti siirrettyä verkkoyhtiön tietojärjestelmiin.

Vakuutus- ja rahoitussektori:

- Kehitettävä alalle kilpailukykyisiä vakuutus- ja rahoitustuotteita. Erityisesti kaivataan vastuuvakuutuksia BVLOS-toimintaan.

5.2.4 Jatkotyöehdotuksia

BVLOS-lentojen pilotointi verkoston vianpaikannuksessa ja suurhäiriötilanteissa

- Ilmatilanvarausten tekemistä varten tulisi kehittää hyvin määritelty toimintamalli ja ohjeistus verkko/siirtoyhtiölle, jossa huomioitaisiin alan erityispiirteet. Toimintamalli tulisi kehittää yhteistyössä ilmailuviranomaisten ja verkkoyhtiöiden kanssa
- BVLOS-vianpaikannuslentojen perusteellinen pilotointi 2019. Samassa yhteydessä voitaisiin pilotoida suurhäiriötilanteen tilannekuvalento valvotussa ilmatilassa muutamalla eri lentokorkeudella 150 – 1 000 metriä maanpinnasta
- Arvioida todennäköisesti viimeistään 2019 hyväksyttävän uuden EU-lainsäädännön vaikutuksia miehittämättömillä ilma-aluksilla tehtäviin verkoston määräaikaistarkastuksiin ja vianpaikannukseen
- Selvittää miehittämättömien ilma-alusten laajamittaisen käytön vaikutukset säävarmaan verkkoon tehtäviin investointeihin.

6 PILOTOINNIN YHTEEVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

6.1 Miehitämättömien ilma-alusten soveltuvuus verkoston häiriöselvityksiin

Pilotoinnissa saatujen kokemusten perusteella miehitämättömät ilma-alukset kuten sähkökäyttöiset multikopterit soveltuvat hyvin verkostovikojen paikantamiseen häiriöselvitystilanteissa. Pilotointilentoja lennettiin sekä suoraan näköyhteyteen (VLOS) perustuen käsinohjauksessa että näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS) autopilotin reittipisteohjauksessa. VLOS-menetelmällä lentomatka jää suhteellisen lyhyeksi, koska ilma-aluksen täytyy pysytellä koko ajan näköpiirissä.

Näköyhteyden ulkopuolelle ulottuvilla lennoilla (BVLOS) voidaan saavuttaa VLOS-lentoja tuntuvasti suurempi tehokkuus, kun voidaan kerralla lentää tyypillinen keskijänniteverkon erotinväli 2-5 km. Haasteena pitkillä lennoilla on radio-ohjausyhteyksien toimivuus ohjausetäisyyden ollessa useita kilometrejä. BVLOS-lentoja hyödyntäen voidaan hyvissä olosuhteissa tarkastaa yhden 8 tunnin työpäivän aikana noin 40 – 60 km voimajohtoa vikapartiota kohden. Lentosuoritteiden määrä riippuu käytetystä lentomenetelmästä.

Kokemukset lennoista olivat rohkaisevia ja lähes pelkästään myönteisiä. Multikoptereilla voi hyvin merkittävästi nopeuttaa verkostovikojen paikantamista perinteisiin partio-menetelmiin, jalka- ja kelkkapartiointiin verrattuna ja lyhentää sähkön käyttäjille katkoksista aiheutuvia haittoja. Erityisen hyödyllisiä multikopterit ovat vikojen sijaitessa vaikeakulkuisessa maastossa tai vesistöesteiden takana.

Markkinoilla olevien keveiden ja edullisten multikopterien sääsietokyky on tyypillisesti heikko. Laitteilla ei voida operoida pakkasessa ja ne sietävät huonosti vesi- ja räntäsadetta. Tänä vuonna on saataville tullut myös keveitä (massa noin 5 kg) ammattikäyttöön tarkoitettuja laitteita, jotka kestävät pakkasta -20 °C saakka ja ovat roiskevedeltä suojattuja. Muutoin kevyet multikopterit ovat sangen kenttäkelpoisia ja niitä on helppo kuljettaa myös henkilö- tai farmariauton tavaratilassa. Kehittämistä keveissä sarjatuotantona valmistettavissa multikoptereissa kuitenkin vielä riittää runsaasti, jotta niitä voitaisiin maksimaalisesti hyödyntää verkoston vianpaikannuksessa. Erityisesti BVLOS-toiminnassa vaadittavat ominaisuudet vaativat parantamista.

Multikopterien käytön yleistyessä verkkoyhtiöissä oman haasteensa tuo lentotoiminnan hallinta suurhäiriötilanteissa. Ilmassa voi parhaimmillaan olla useita kymmeniä ilma-aluksia samanaikaisesti yhden verkkoyhtiön alueella. Luontevinta olisi kehittää verkkoyhtiön suurhäiriöprosessia ja häiriöselvityksessä käytettäviä tietojärjestelmiä siten, että myös laajamittainen ilma-alusten käyttö kyetään johtamaan turvallisesti.

Pilotoinnilla ei kaikilta osin saavutettu sille asetettuja tavoitteita BVLOS-lentojen vähyyden takia. Syynä BVLOS-lentojen vähäiseen määrään oli vastuuvakuutusten hankkimisessa kohdatut isot haasteet. BVLOS-lentojen osalta toivotaan palvelutuottajien ja urakointiyhtiöiden järjestävän yhdessä verkkoyhtiöiden kanssa jatkopilotointeja, joissa testattaisiin ammattitason laitteita ja tehokkaita ketjutettuja lentomenetelmiä.

6.2 Viranomaisluvut ja sääntely

6.2.1 Ilmatilan varaaminen

Ilmatilan varaaminen BVLOS-lentoja varten osoittautui myös hieman haasteelliseksi. Varauksia tehtiin kahden verkkoyhtiön (Savon Voima Verkko Oy ja PKS Sähkönsiirto Oy) toimesta. Eniten pohtimista ensikertalaisille aiheuttivat saatujen ohjeiden tulkinnanvaraisuus, varattaviksi soveltuvien alueiden muoto ja koko sekä ylipäättään varausprosessin kulku ja vaatimukset.

Erityisesti askarrutti ilmatilan käyttöön liittyvän lupaprosessin toimivuus ja pitkä prosessointiaika (normaalisti 8 viikkoa), mikäli BVLOS-lentoja ruvettaisiin laajamittaisesti hyödyntämään vianselvityksessä.

6.2.2 Ilmakuvausluvut

Pääesikunnasta saadun tulkinnan mukaan ilmakuvauslupia ei tarvita, kun vianpaikannuslennot kohdistuvat ainoastaan verkkoyhtiön verkkorakenteisiin eikä Puolustusvoimien kohteita kuvata. Tästä syystä ilmakuvauslupia ei pilotoinnin yhteydessä haettu.

6.2.3 Miehitämättömien ilma-alusten käytön sääntely

Pilotointihankkeen ohjausryhmän piirissä käytiin vilkas keskustelu miehitämättömien ilma-alusten käytön sääntelystä yhteiskunnalle elintärkeiden palvelujen turvaamisessa, kuten esimerkiksi on sähköjakelun turvaaminen eriasteisissa häiriötilanteissa. Ohjausryhmä katsoi, että verkkoyhtiöille tai verkkoyhtiön nimeämille urakoitsijoille tulisi myöntää lupa poiketa voimassa olevista säädöksistä muun muassa näköyhteyden ulkopuolelle ulottuvien vianpaikannus- ja tarkastuslentojen osalta. Yleisesti nykyistä sääntelymenettelyä pidettiin jäykkänä ja toivottiin sen joustavoittamista jo nykyisen säädännön ja määräysten puitteissa. Ilmailumääräyksiä ja lupaprosessia voitaisiin kehittää yhdessä verkkoyhtiöiden ja viranomaisten kesken. Suuremmat muutokset edellyttänevät ilmailulainsäädännön tarkistamista. Ohjausryhmän edustajat olivat myös huolissaan tulevan EU-tasoisesta sääntelyn vaikutuksista miehitämättömien ilma-alusten käyttämiseen verkkoyhtiöiden tarkastus- ja vianpaikannustoiminnassa.

6.3 Ympäristökysymykset ja riskit sivullisille

Miehitämättömien ilma-alusten aiheuttamat kasvihuonepäästöt ja meluhaitat ovat huomattavasti miehitettyjä helikoptereita pienemmät ja sähkökäyttöisillä multikoptereilla lähes olemattomat. Keveiden multikopterien nousu- ja laskeutumisalueiksi sopivia paikkoja on kaikkialla. Siihen sopivat pienet aukeat kentät, pellot, metsätiet tai vaikkapa parkkipaikat, eikä niitä tarvitse lentotoimintaa varten erikseen rakentaa.

Laitteiden aiheuttama turvallisuusriski ihmisille, eläimille ja ympäristölle on pieni verrattuna täysikokoiseen miehitettyyn helikopteriin. Multikopterien käyttäminen verkoston tarkastus- ja vianpaikannustoiminnassa on selvästi ekologisesti kestävä valinta.

7 LYHENTEITÄ JA TERMEJÄ

AGL	Altitude above Ground Level - Korkeus maan pinnasta
AIP	Aeronautical Information Publication - Ilmailukäsikirja
AIS	Aeronautical Information Services - Ilmailutiedotuspalvelu
AMSL	Above Mean Sea Level, Korkeus merenpinnasta
AMC	Air Management Cell - ANS Finlandin ilmatilan hallintayksikkö
ATM	Air Traffic Management - Ilmaliikenteen hallinta
Autopilotti	On laite tai järjestelmä, joka huolehtii automaattisesti lentokoneen tai vesialuksen ohjauksesta
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight - Lennot suoran näköyhteyden ulkopuolella
DMS	Distribution Management System, Käyttöjärjestelmä (yleensä paikkatietopohjainen)
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power - Ekvivalenttinen isotrooppinen säteilyteho
EVLOS	Extended Visual Line Of Sight
GIS	Geographic Information Systems, Paikkatietojärjestelmä
GNSS	Global Navigation Satellite Systems - Yleisnimitys maailmanlaajuiselle satelliittinavigointijärjestelmälle
GPS	Global Positioning System - Yhdysvaltojen ylläpitämä maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä
IMU	Inertial Measurement Unit - Inertianmittausyksikkö, joka voi sisältää gyroskoopin ja 3D-kihtyvyysanturien lisäksi paineanturin (barometri) ja magnetometrin. IMU on elektroninen laite, joka ei nykyisin sisällä liikkuvia osia toisin kuin perinteinen "hyrräkompassi". Autopilotin välttämätön sensori
MTOM	Maximum Take Off Mass, Suurin lento-öhtömassa
NIS	Network Information System - Verkkotietojärjestelmä (yleensä paikkatietopohjainen)
RPA	Remote Piloted Aircraft, Kauko-ohjattu ilma-alus
RPAS	Remote Piloted Aircraft Systems, Kauko-ohjatut ilma-alusjärjestelmät
TRAFI	Liikenteen turvallisuusvirasto

UAS	Unmanned Aerial System - Miehitämätön ilma-alusjärjestelmä
UAV	Unmanned Aerial Vehicle – Miehitämätön ilma-alus
UHF	Ultra High Frequency – mm. radiopuhelimissa ja matkaviestinverkoissa käytetty taajuusalue
VHF	Very High Frequency – mm. radiopuhelimissa käytetty taajuusalue
VFR	Visual Flight Rules - Nimitys lentomenetelmästä, jossa ohjaaminen tapahtuu hyvissä sääolosuhteissa ja lentäjällä on riittävä näkyvyys maahan ja ympäristöön, ns. "visuaalilentäminen"

LÄHDELUETTELO

Ohje: Kopio linkki selaimen osoitekenttään, mikäli se ei avaudu suoraan klikkaamalla.

- /1/ Miehittämättömät kauko-ohjattavat ilma-alukset sähköverkoston vianpaikannuksessa, Konsulttitoimisto Reneco Oy, 2017, https://energia.fi/files/1801/Miehittamattomat_kauko-ohjatut_ilma-alukset_verkostovikojen_paikannuksessa_2017.pdf
- /2/ Lentorobotit sähköverkon tarkastuksissa, Konsulttitoimisto Reneco Oy, 2014, https://energia.fi/files/961/Lentorobotit_sahkoverkon_tarkastuksissa.pdf
- /3/ Lentorobottien pilotointi sähköverkon tarkastuksissa, Sharper Shape Oy, 2014, https://energia.fi/files/949/Lentorobottien_pilotointi_sahkoverkon_tarkastuksissa.pdf
- /4/ ASM-toimintakäsikirja, Trafi; <http://www.trafi.fi/filebank/a/1376474760/6cf2b762e5d059ffdde70cb97b891e05/13034-ASM-toimintakasikirja.pdf>
- /5/ Energiavirasto; Valvontamenetelmät neljännellä 1.1.2016 – 31.12.2019 ja viidennellä 1.1.2020 – 31.12.2023 valvontajaksolla, Sähkön jakeluverkkotoiminta, Sähkön suurjännitteinen jakeluverkkotoiminta

RPAS-pilotointiohje verkoston vianpaikannuksessa

2017

V1.0

Konsulttitoimisto Reneco Oy / Jouko Tervo

Sisällysluettelo

1	HANKI PERUSVALMIUDET RPAS-TOIMINTAAN.....	46
2	MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN KÄYTÖN SÄÄNTELY	46
2.1	Miehittämättömän ilma-aluksen määritelmä	46
2.2	Ilmailumääräys OPS M1-32 koskien miehittämättömien ilma-alusten käyttöä	47
2.3	Erilliset lentoluvat ja ilmakeuhauslupa	47
2.4	Muuta hyödyllistä taustatietoa	47
3	LENTOTYÖ MIEHITTÄMÄTTÖMILLÄ ILMA-ALUKSILLA	48
3.1	Toimintailmoitus ja vastuuvakuutus.....	48
3.2	BVLOS-toiminnan lisävaatimukset.....	48
4	SOVI PILOTOINTIMENETTELYSTÄ VERKKOYHTIÖN KANSSA	49
5	KIRJAA HAVAITOSI JA TOIMITA NE EDELLEEN RENECOLLE.....	49
6	VALMISTELUT JA TARKASTUKSET	50
6.1	Turvallisuuden ja yhteyksien varmistaminen	50
6.2	Lähtö- ja laskutarkastukset ja valmistelut	50
7	PILOTOINNISTA TIEDOTTAMINEN.....	52
8	LISÄTIETOJA	52

1. HANKI PERUSVALMIUDET RPAS¹³-TOIMINTAAN

Tarkista, että käytettävät laitteet vastaavat teknisiltä ominaisuuksiltaan ja kunnoltaan harjoitettavan lentotoiminnan vaatimuksia. BVLOS-toiminta edellyttää ilma-alukselta ja telemetriayhteyksiltä huomattavasti monipuolisempia ominaisuuksia ja tiukempia vaatimuksia kuin näköyhteydellä tapahtuva toiminta.

Ilma-aluksen ohjaajalla on oltava perustiedot ilmailusta ja riittäväosaaminen ja taito hallita RPA-ilma-alusta metsäisessä ja mäkisessä maastossa ja hankalissakin ilmasto-olosuhteissa. Hanki riittävä teoretiset tiedot ja käytännön taidot kouluttautumalla ja harjoittelemalla riskittömässä ympäristössä ennen sähköverkostoon kohdistuvia lentoja. Hyviä harjoittelupaikkoja ovat isot ja tyhjät parkkialueet, varastokentät tai peltoalueet.

BVLOS-lentoja suunnittelevien suositellaan käyttävän reittipistenavigointia, mikäli telemetriayhteyksiä ei ole toteutettu tai varmennettu kiinteiden viestiverkkojen (esim. 4G/LTE) avulla.

Reittipistenavigointiin on saatavissa ilmaisia tai edullisia suunnittelutyökaluja, esim. Ardu Mission Planner, <http://ardupilot.org/planner/index.html#>, UgCS Ground Station, <https://www.ugcs.com/>, DJI PC Ground Station, <https://www.dji.com/pc-ground-station> tai The Map Pilot app, www.dronesmadeeasy.com. Esim. UgCS:n ohjelmat tukevat useimpia DJI:n koptereita ja on laajasti myös ammattipiireissä käytetty.

Hanki kartat lentoalueelta, kartoja löytyy mm.:

- <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta>
 - <http://kansalaisen.karttapaikka.fi/>
 - <http://www.retkikartta.fi/>
 - Ohjelma halutun kokoisen kartan tekemiseksi: http://olammi.iki.fi/sw/fetch_map/
- Forumeilta ja toimittajien sivuilta löytyy ohjelmia, joilla suomalaiset (perus)kartat saadaan siirrettyä reittisuunnittelutyökaluihin.

BVLOS-lentojen osalta (ilmailu)karttaote, johon on merkitty ilmatilan varausalue.

2. MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN KÄYTÖN SÄÄNTELY

2.1 Miehittämättömän ilma-aluksen määritelmä

Miehittämätön ilma-alus on ilma-alus, joka on tarkoitettu käytettäväksi ilman mukana olevaa ohjaajaa. Miehittämättömät ilma-alukset on usein myös varustettu joltain tiettyä tehtävää, kuten esim. valokuvaamista tai mittaamista varten. Miehittämättömien ilma-alusten alakategoria kauko-ohjatut ilma-alukset ovat miehittämättömiä ilma-aluksia, joita ohjaa kauko-ohjaaja (remote pilot) tai joiden toimintaan kauko-ohjaaja pystyy tarvittaessa puuttumaan.

Lennot sen sijaan ovat harrastus- tai urheilutarkoituksessa käytettäviä, ilman ohjaajaa ilmassa liikkuvia laitteita. Lennot voivat olla joko kauko-ohjattuja tai autonomisia, ns. vapaastilentävät lennot.

¹³ RPA = Remotely Piloted Aircraft, RPAS = Remotely Piloted Aircraft System

2.2 Ilmailumääräys OPS M1-32 koskien miehittämättömien ilma-alusten käyttöä ja ilmailulaki:

Tutustu tarkasti määräykseen OPS M1-32:

https://www.trafi.fi/filebank/a/1482415412/c34a1bef37860a2559d61acf4fdebb3a/23514-OPS_M1-32_VALMIS_maarays_RPAS_fi.pdf

Lisätietoa ilmailulaki 864/2014:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140864>

2.3 Erilliset lentoluvat ja ilmakeuhauslupa

Lentoasemien läheisyydessä ei saa lentää ilman lupaa ja lentokorkeus on rajoitettu, lisätietoja Finavia Oy. Sotilaskohteiden kuvaaminen vaatii erillisen kuvausluvan, lisätietoja <http://puolustusvoimat.fi/ilmakuvauslupa> .

2.4 Muuta hyödyllistä taustatietoa

- Renecon selvitys 2014 (Sähkötutkimuspooli) - Lentorobotit sähköverkon tarkastuksissa: https://energia.fi/files/961/Lentorobotit_sahkoverkon_tarkastuksissa.pdf
- Sharper Shape Oy 2014 (Sähkötutkimuspooli) - Lentorobottien pilotointi sähköverkon tarkastuksissa: http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/lentorobottien_pilotointi_sahkoverkon_tarkastuksissa_-_sahkotutkimuspoolin_julkaisu.html#material-view
- ASM-toimintakäsikirja: https://www.trafi.fi/filebank/a/1478763420/8d90860470f2d078ffc2099c9c466bf7/23008-ASM-Toimintakasikirja_1.pdf
- Ilmailukäsikirja AIP Suomi Finland yms. <https://ais.fi/>
- Koulutuspalveluja: <http://airhow.fi/fi/etusivu/>
- EU-infoa: <http://dronerules.eu/fi/professional>
- Euroopan ilmailuvirasto EASA: <http://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas>
- Alan ammattitietäjiksi pyrkiville, JARUS: <http://jarus-rpas.org/>

Linkkejä laitetoimittajien sivuille, esim:

<https://multicoptercenter.fi/> , <http://www.futureretail.fi/> , <http://www.dji.com/> , <https://www.aibotix.com/> , <https://videodrone.fi/> .

Kansainvälisiä tietolähteitä (vaatii rekisteröinnin): <http://uvs-international.org/> , <http://rps-info.com/> .

3 LENTOTYÖ MIEHITTÄMÄTTÖMILLÄ ILMA-ALUKSILLA

3.1 Toimintailmoitus ja vastuuvakuutus

Liikenteen turvallisuusvirastolle Trafille on tehtävä toimintailmoitus ennen ensimmäistä kauko-ohjatun ilma-aluksen käyttämistä ja ilma-alus/alukset on rekisteröitävä. Trafi antaa diaarinumeron, joka on samalla myös laitteiden rekisterinumero. Toimintailmoituksen ja ilma-alusten pitämisestä Trafian rekisterissä veloitetaan jatkossa 20 €/vuosi. Lisäksi EU-säännösten mukaan on hankittava vähintään toiminnan vastuuvakuutus, joka korvaa mahdollisesti kolmansille osapuolille aiheutetut vahingot.

1. Tee toimintailmoitus:

https://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton_ilmailu/kauko-ohjatun_ilma-aluksen_kaytosta_ilmioittaminen ja rekisteröi samalla ilma-aluksesi. Yksi ilmoitus kattaen kaikki toimipaikat ja RPA-ilma-alukset.

2. Hanki ainakin vastuuvakuutus, ohjeita mm.:

<http://trafi.mailpv.net/a/s/53568020-71d1266f5299549a835f0d475509e078/1887429>

Vakuutuksia RPAS-toimintaan saa mm. seuraavista vakuutusyhtiöistä tai meklareilta: IF (vain alle 7 kg ja ainoastaan VLOS-toimintaan),

<https://www.if.fi/yritysasiakkaat/vakuutukset/vastuuvakuutukset/toiminnan-vastuu/dronevakuutus> ,

Fennia, Driessen Assuradeure, edustaa <https://multicoptercenter.fi/uav-vakuutus> , Renomia, edustaa (<http://uasfinland.eu/fi/vakuutus.html>) sekä Howden Finland, <http://www.howdengroup.fi/fi/etusivu/> .

Lisätietoa ilmailuvakuutuksista esim. EU:n asetus 785/2004:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1432649203336&uri=CELEX%3A02004R0785-20100408>

Huom! Lennokitoiminnassa käytössä oleva lennättäjän oma vakuutus ei riitä RPAS-laitteilla ammattimaisesti toimittaessa.

3.2 BVLOS-toiminnan lisävaatimukset

Mikäli aiot harjoittaa lentotoimintaa näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS, lennätysettäisyys yli 500 m) on syytä laatia toimintakäsikirja:

1. Laadi toimintakäsikirja, ohje: https://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton_ilmailu , kohta: Toimintakäsikirja tai RPAS Operations Manual.

OPS M1-32:n mukaan miehittämättömällä ilma-aluksella lentotoiminta näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS) vaatii aina ilmatilan varaamista myös valvomattoman ilmatilan osalta. Trafi suosittelee, että pysyväisluontoinen ilmatilanvaraus tehdään verkkoyhtiön toimesta. Varaus voi olla voimassa enintään kalenterivuoden kerrallaan.

Varauksessa on lueteltava mm. toiminnan luonne ja kaikki varausta hyväksi käyttäen lentävät tahot (muut eivät saa tämän hetken tiedon mukaan lentää). Lentotoiminnasta vastaavaksi henkilöksi on nimettävä yksi henkilö, jolla voi olla varamies. Tämä henkilö vastaa kaikkien varausluvalla lentävien tahojen lentotoiminnan koordinoinnista ja henkilö (tai varahenkilö) on aina oltava tavoitettavissa ilmoitetusta numerosta lentotoiminnan aikana.

2. Laadi lentosuunnitelma jokaista lentoa varten. Lentosuunnitelmaan hyvä kirjata ainakin kirjata lennon tavoite, lentoajankohta, lentoreitti kartalla, reittipiste-koordinaatit ja korkeustiedot (reittipistenavigoinnissa), suunniteltu lentokorkeus, ohjaus-menetelmä (esim. käsin tai reittipistenavigointi tai yhdistetty käsi+reittipistenavigointi jne.), ohjaajan tiedot sekä yhteystiedot ilmoituksia varten (mm. ilmatilan varauksessa olevat yhteystiedot sekä aluelennonjohdon suora puhelinnumero)

3. Varmista, että ilmatilan varaus on voimassa ja aktivoitu. Aktivointi on tehtävä normaalisti viimeistään lentotoimintaa edeltävänä arkipäivänä ennen klo 12 varausluvassa olevaan numeroon ennen lentotoiminnan aloittamista.

Joillain alueilla voidaan luvassa lisäksi edellyttää aluelennonjohdolle ilmoitusta n. 15 minuuttia ennen lentotoiminnan aloittamista sekä ilmoitusta toiminnan päättymisestä, kun luvanvarainen lentotoiminta loppuu ko. päivänä.

Trafin linkki: http://www.trafi.fi/ilmailu/lennonvarmistus_ja_ilmatila/ilmatila .

4 SOVI PILOTOINTIMENETTELYSTÄ VERKKOYHTIÖN KANSSA

Sovi myös VLOS-pilotoinnissa käytettävä alue tarkasti verkkoyhtiön kanssa ja varmista samalla ilmatilan varauksen alue ja ehdot BVLOS-lentojen osalta. Ilmoita aina verkkoyhtiön valvomoon ennen lentotoiminnan aloittamista. BVLOS-lentotoiminnan ollessa kyseessä vastuuhenkilön tulee tehdä myös varausluvassa vaadittavat ilmoitukset aluelennonjohtoon, katso edellinen kohta.

Sovi myös verkkoyhtiön kanssa mahdollisimman tarkasti pilotointilennon tavoitteet ja laadi BVLOS-lennosta yksityiskohtainen lentosuunnitelma ennen lennon suorittamista.

5 KIRJAA HAVAITOSI JA TOIMITA NE EDELLEEN RENECOLLE

Käytä Renecon laatimaa kaavaketta RPAS-Havainnointitaulukko pilotointi-järjestelyjen ja havaintojen kirjaamiseen.

Toimita havainnot sähköpostin liitetiedostona osoitteella jouko.tervo(at)reneco.fi mahdollisimman pian lennon suorittamisen jälkeen. Myös valokuvat RPA-aluksesta, miehistöstä ja erityisesti havaintokuvat ja -videot ilmasta ovat tervetulleita. Samoin BVLOS-lennon lentosuunnitelma on hyödyllistä tietoa raporttia laadittaessa. Ilmoita samalla, mikäli jokin osa aineistosta on luottamuksellista siten, että sitä ei saa julkaista.

6 LENTOVALMISTELUT JA TARKASTUKSET

6.1 Turvallisuuden ja yhteyksien varmistaminen

Tarkista, että alueella ei ole samaan aikaan muita ilma-aluksia. Mikäli on, sovi toiminnan johtamisesta osapuolten kesken. BVLOS-toimintaa johtaa lähtökohtaisesti ilmatilanvarauksessa mainittu vastuuhenkilö (yhteyshenkilö).

Ennen lentoa tarkista lähtö- ja laskupaikka ja arvio tuulen vaikutus. Tarkista, että näkeekö lähtöpaikalta kopterin koko VLOS-lennon ajan.

Merkitse ja tarvittaessa sulje nousu- ja laskualueet.

Varmista, että sinulla on kaikki tarvittavat yhteystiedot, mm. aluelennonjohto, verkkoyhtiön valvomo jne.

6.2 Lähtö- ja laskutarkastukset ja valmistelut

Tarkistuslista kannattaa tehdä, ja se on syytä käydä läpi joka lennätyskerralla. Alla tyypillisiä tarkastettavia kohteita ja toimenpiteitä.

Lähtötarkastus ja toimenpiteet:

1. Lataa kopterin, tietokoneen, radion, kameroiden yms. akut, tyhjennä muistikortit ja täytä RPAS-Havainnointitaulukkoon perustiedot, mikäli et ole esittänyt
2. Tarkista, että kopteri on koottu oikein, potkurit ovat ehjiä ja gimbal toimii sekä aseta muistikortti/kortit. Tarkista, että potkurit pyörivät vapaasti
3. Käynnistä tietokone ja halutut ohjelmat (mikäli käytössä)
4. Tarkista ja käynnistä radio-ohjain. Valitse haluttu lento-ohjelma ja keskitä ohjaimet keskiasentoon
5. Laita kopterin akku paikoilleen ja liitä johdot
6. Laita virta päälle, älä heiluta kopteria 10 sekuntiin
7. Tarvittaessa kalibroi kompassi ja navigointilaitteet
8. Tarkista lentosuunnitelma ja varmista, että reittipistelennessä oikea lentoreitti on ladattu autopilottiin. Lataa tarvittaessa reittisuunnitelma autopilottiin
9. Käynnistä kopteri uudelleen, mikäli teit muutoksia esim. latusit uuden lentoreitin
10. Tarkista, että satelliittipaikantimen kaapeli on kiinni (mikäli erillinen paikannin)
11. Odota että kone saa satelliittisignaalin (GPS tms.) ja näyttää sijaintipaikan ohjaimen kartalla sekä reitin ohjaimen/tietokoneen kartalla, mikäli kyseessä on reittipistelennto
12. Tarkista kopterin akun jännite ohjauslaitteesta tai tietokoneelta
13. Aseta kopteri lähtöpaikalle ja tarkista kopterin asento keinohorisontista (mikäli käytössä)

14. Tee radion kantavuustesti (mene 25 metrin päähän ja nosta kevyesti esim. kopterin moottorien kierrosnopeutta)
15. Laita kamerat päälle ja laita tarkennus äärettömään (mikäli mahdollista)
16. Testaa kameran ohjauksen toimivuus joko radio-ohjauslaitteelta tai tietokoneelta
17. Ilmoita BVLOS-lentojen käynnistymisestä aluelennonjohtoon aina, mikäli ilmatilanvarauksessa on siitä maininta
18. Tarkista vielä kerran, että lähtöpaikka on esteetön
19. Nosta kopteri ilmaan lähtökorkeuteen ja tee lento (joko käsinohjauksessa tai siirry reittipistelentoon)
20. Tarkkaile lennon aikana akun jännitettä, kutsu tarvittaessa kopteri takaisin

Paluutarkastus ja toimenpiteet:

1. Tarkista, että laskualue ja esteetön ja huomio tuuli. Ohjaa laite alas
 2. Kytke kopterin virta pois
 3. Irrota akku/akut
 4. Sammuta kamerat (mikäli tarvitaan)
 5. Sammuta radio-ohjain
 6. Sammuta tai aseta navigointiohjelma tietokoneesta lepotilaan (jos on käytössä)
 7. Laita akut lataukseen, myös kameran ja tietokoneen. Vaihda kopteriin uusi akku, mikäli teet heti uuden lennon tai lataat tiedostoja kopterista tietokoneelle tai tietokoneelta kopteriin
 9. Liitä kopteri tietokoneeseen, kytke virta ja tee tarvittavat tiedostojen siirrot
 10. Liitä tarvittaessa kamera tietokoneeseen ja siirrä kuva-aineisto kamerasta tietokoneelle ja edelleen taustajärjestelmiin (tietokoneessa pitää olla tiedonsiirtoa varten erillinen 2G/3G/4G-modeemi tai voit käyttää kännykkää etäyhteyksiin)
 11. Tarkista ainakin muutama kuva tai videopätkä, että kaikki on ok
 12. Ilmoita BVLOS-lennon (lentojen) päättymisestä aluelennonjohtoon aina, mikäli ilmatilanvaraus sitä edellyttää
 13. Pakkaa laitteisto kuljetusta varten ja poista kulkuesteet
 14. Täydennä RPAS-Havainnointitaulukon tiedot ja toimita se sähköpostilla allekirjoittaneelle
- HUOM! Ohjaaja on aina vastuussa ilma-aluksesta ja sen mahdollisesti aiheuttamista häiriöistä ja vahingoista.

7 PILOTOINNISTA TIEDOTTAMINEN

Pilotoinnin mediatiedottamisesta vastaa Energiateollisuus ry.

8 LISÄTIETOJA

Jouko Tervo

[jouko.tervo\(at\)reneco.fi](mailto:jouko.tervo(at)reneco.fi)

p. 050 1767.


PILOTOINTIEN HAVAINNOINTITÄULUKKO

LIITE 2.

RPAS-PILOINTI - HAVAINTORAPORTTI						V1.0 2017-06-14									
Pilotoijayhtiö						Päivämäärä									
Vastuullinen henkilö						Kellonaika									
Verkkoyhtiö						Lämpötila °C									
RPA-valmistaja						Tuuli m/s									
RPA-malli						Tuuli puuskissa m/s									
Ohjauslaite						Pouta	Sumua	Heikko sade	Sade	Räntäsade	Lumisade				
Näyttölaite															
Näyttösovellus (jos käytössä)															
Yhteystaajuus/ GHz						Näkyvyys /km									
Teholähde tyyppi ja kapasiteetti/mAh						Lisätietoja									
Lentoonlähtömassa RPA/yhteensä /g															
Reittipistesuunnittelohjelma															
Pilotointialueen yksilöinti															
Kohteen kuvaus															
Verkoston tyyppi															
Verkoston nimellisarvo															
Lisätarkenne															
Lennon syy															
Lennon tyyppi, määrä kpl	VLOS	BVLOS	EVLOS	Muu, mikä											
Reittipistenavigointi															
Lentokerrat ao. testissä kpl/keskim. min						Min	Keskim.	Max							
Lennetty matka keskimäärin /km	Lento 1	Lento 2	Lento 3	Lento 4	Lento 5										
Lentokorkeus maanpinnasta keskimäärin /m	Lento 1	Lento 2	Lento 3	Lento 4	Lento 5										
Ilmatilanvaraus, kommentit															
Havainnointitapa	Valokuvaus		Videokuvaus		Muu	Palaute lentojen sisällöstä ja onnistumisesta									
RGB-kameran valmistaja															
RGB-kameran tyyppi															
Kameran max. Resoluutio Mpix															
Kameran ja objektiivin massa g															
Objektiivi															
Kuvavakain															
Lisätietoja															
Videokameran valmistaja															
Videokameran tyyppi															
Videokameran max resoluutio															
Onko optinen kuvavakain						Kouluarvosana yhteensä		Vahingot							
Gimbalin valmistaja															
Gimbalin tyyppi															
Lisätietoja															
Arvio laitteen kenttäkelpoisuudesta ja muut huomiot															
Arvio RPAS-hyödyistä vianpaikannuksessa ja selvityksessä						Havainnot radioyhteyksien toimivuudesta kouluarvosanoin									
Vian paikantamisen nopeutuminen			Vian selvityksen nopeutuminen			Ohjausyhteys			Videokuvayhteys						
Ajassa/tuntia	Prosentteissa %	Ajassa/tuntia	Prosentteissa %	Suora	Epäsuora (jos on)	Suora	Epäsuora (jos on)								
Ilmoittaja						Copyright Konsulttitoimisto Reneco Oy									
Ilmoittajan sp-osoite															
Ilmoittajan puhelinnumero															

ILMATILAN VARAUSHAKEMUSLOMAKE

LIITE 3.

<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Täyttöohje (sivu 3) Pdf-ohje Tyhjennä lomake </div>		
 Trafi Liikenteen turvallisuusvirasto Ilmatilan varaushakemus		
1. Varauksen perustiedot <small>Pääsääntö: - julkaistut alueiden nimet - maantieteellinen sijainti - harjoituksen nimi</small>	1.1 Nimi	
	1.2 Tyyppi	
	1.2 Toiminta (Toiminnan laatu)	
2. Toiminta-ajat	2.1. Alkamisaika LMT / UTC	
	2.2. Päätymisaika LMT / UTC	
	2.3. Yksilöidyt toiminta-ajat (ks. ohje)	
3. Alueen / osa-alueiden sivurajat. Alueiden ulkoraja määriteltävä aina koordinaatteina tai AIP:ssa julkaistuin alueina.		
ALUE / OSA-ALUE 1	Nimi	
	Sivurajat	
ALUE / OSA-ALUE 2	Nimi	
	Sivurajat	
ALUE / OSA-ALUE 3	Nimi	
	Sivurajat	
ALUE / OSA-ALUE 4	Nimi	
	Sivurajat	
ALUE / OSA-ALUE 5	Nimi	
	Sivurajat	
ALUE / OSA-ALUE 6	Nimi	
	Sivurajat	
ALUE / OSA-ALUE 7	Nimi	
	Sivurajat	
ALUE / OSA-ALUE 8	Nimi	
	Sivurajat	
ALUE / OSA-ALUE 9	Nimi	
	Sivurajat	
ALUE / OSA-ALUE 10	Nimi	
	Sivurajat	
LUB632 - 9/2014	Liikenteen turvallisuusvirasto, PL 320, 00101 Helsinki • www.trafi.fi • Y-tunnus 1031715-9 <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Seuraava sivu</div>	

4. Korkeusrajat	Yksiköt ja vertailutaso GND / AMSI / FL / FT / M
	4.1 Yläraja
	4.2 Alaraja
5. Muuta huomioitavaa	
	5.1 Muut hakemukseen liittyvät varaushakemukset
6. Liitteet	
7. Laatija ja yhteyshenkilö	7.1 Laatijan yhteystiedot
	Nimi
	Puhelin
	Sähköpostiosoite
	7.2 Yhteys henkilön tiedot
	Nimi
	Puhelin
	Sähköpostiosoite
7.3 Laskutusosoite ja postiosoite	

Tulosta

Lomakkeen alkuun

Ilmatilan varaushakemuksen täyttöohje

1. Varauksen perustiedot

1.1 Varauksen nimi

- Nimellä tarkoitetaan minkä tahansa tilapäisen ilmatilan nimeä, jolla toiminta yksilöidään muusta normaalitoiminnasta.
- Nimeäminen on tärkeää yksilöintiä myös karttateknisesti laitejärjestelmissä.
- Esimerkkejä: Ilmavoimien harjoitus RUSKA 2008, Tilapäinen vaara-alue EF DXXX - Lusi, Kuusamon lentotiedotusvyöhyke (EFKS FIZ), tilapäisiä muutoksia

1.2 Varauksen tyyppi

- Varauksen tyyppi voi olla tilapäinen harjoitusalue, tilapäinen vaara-alue, ym. tilapäinen ilmatilanos.

1.3 Toiminta

- Toiminnan laatu esim: Ammuntoja, räjäytyksiä, vilkasta sotilalentotoimintaa, ilmasta ilmaan ammuntoja, vilkasta purjelentotoimintaa ja UAV toimintaa

2. Toiminta-ajat

2.1 Alkamisaika

- Päivämäärä (p.k.vvv) ja kellonaika Suomen / UTC aikaa (esim. 2.9.2007, 0900)

2.2 Päätymisaika

- Päivämäärä (p.k.vvv) ja kellonaika Suomen / UTC aikaa (esim. 5.9.2007, 1600)

2.2 Yksilöidyt toiminta-ajat

- Kohtaa ei tarvitse täyttää, jos toiminta on jatkuvaa kohtien 2.1 – 2.2 välisenä aikana
- Mikäli kellonaika on päivittäin sama, voidaan käyttää termiä "päivittäin" alkamisaika-päätymisaika.
 - esim. 2.9.2007 – 5.9.2007 päivittäin 0900–1600
- Mikäli kellonajat vaihtelevat päivittäin, ilmoitetaan ne päiväkohtaisesti
 - esim. 2.9.2007 0900–1600, 3. – 4.9.2007 päivittäin 0800–1400 ja 5.9.2007 0600–1200.

3. Alueen / osa-alueiden sivurajat

Alueen sivurajat määritellään joko koordinaatteina tai AIP:ssä julkaistuihin alueisiin perustuen.

Jos alue muodostuu useasta osa-alueesta, nimetään jokainen osa-alue harjoituksen nimellä sekä yksilöivällä kirjaimella esim. RUSKA A, RUSKA B ja RUSKA C. Jokaisen osa-alueen sivurajat esitetään hakemuksessa omassa kentässään.

Jos alue ei muodostu osa-alueista, kerrotaan sen sivurajat ensimmäisessä kentässä (ALUE / OSA_ALUE 1)

3.1 Koordinaatit

- alueen sivurajat ilmoitetaan WGS84 maantieteellisinä koordinaattilistauksena (**asteet, minuutit, sekunnit**), alkaen pohjoisimmasta, myötäpäivään päättyen samaan pisteeseen.
 - esim. 652654N 0240813E
- Ympyränmuotoinen alue ilmoitetaan keskipisteenä ja säteenä (metriä/kilometriä). Ympyränmuotoista aluetta pyritään karttateknisistä syistä välttämään.
 - Ympyrän kehä, säde 1500 m, keskipiste 663439N 0254816E
- Jos alue muodostuu AIP:ssä julkaistusta alueesta (esim. TSA-alue), johon tehdään muutoksia, ilmoitetaan alue kokonaisuudessaan koordinaatteina. Tällöin tulee huomioida kaikki kulmakoordinaatit, jotka kuuluvat alueeseen vaikkakin ne olisivat samalla viivalla.
 - AIP:ssä julkaistu alue
- AIP:ssä julkaistuja alueista koostuvan ilmatilavarauksen osalta koordinaattilistausta ei tarvita. Tällöin alueet listataan
 - esim. TSA 601, TSA 602

4. Korkeusraajat

4.1 Yläraja

- Yläraja ilmoitetaan vertailutasona keskimääräinen merenpinta (AMSL), joka on korkeus maan pinnasta lisättyinä paikan korkeutena merenpinnasta. Korkeus ilmoitetaan metreinä, jalkoina (FT) tai lentopintoina (FL). Yläraja voi olla myös UNL.
 - esim. 3500 ft AMSL tai 3000 m AMSL tai FL 105 tai UNL

4.2 Alaraja

- Alaraja ilmoitetaan samassa muodossa kuin yläraja. Mikäli alaraja on maan tai veden pinta, se ilmoitetaan SFC.
 - esim. SFC tai 3500 ft AMSL tai 3000 m AMSL tai FL 105

Jos alueen osa-alueilla on keskenään eri korkeusraajat, ilmoitetaan ne yksilöidysti esim. yläraja

- RUSKA A: UNL
- RUSKA B: FL 95
- RUSKA C: UNL

5. Muuta huomioitavaa

- Tähän kenttään selvitetään, mitä toiminnasta on mahdollisesti sovittu jonkin toisen tahon kanssa, mitä muuta toimintaan liittyy, tai mitä esim. erityistoimenpiteitä ilmatilankäyttö mahdollisesti aiheuttaa.

5.1 Muut hakemukseen liittyvät varaushakemukset

- Mikäli ilmatilavarauksia koostuu useasta erillisestä varaushakemuksesta, luetellaan mainitut varaushakemukset tässä.

6. Liitteet

- tässä kentässä mainitaan kaikki hakemuksen mukana toimitettavat liitteet, kartat, sopimukset, lisäselvitykset, ym. Hakemuksessa tulisi olla aina selväkartta karttakuvana liitteenä. Kartan voi luoda mm. kansalaisen.karttapaikka.fi palvelussa.

7. Laatija ja yhteyshenkilö

7.1 Laatija

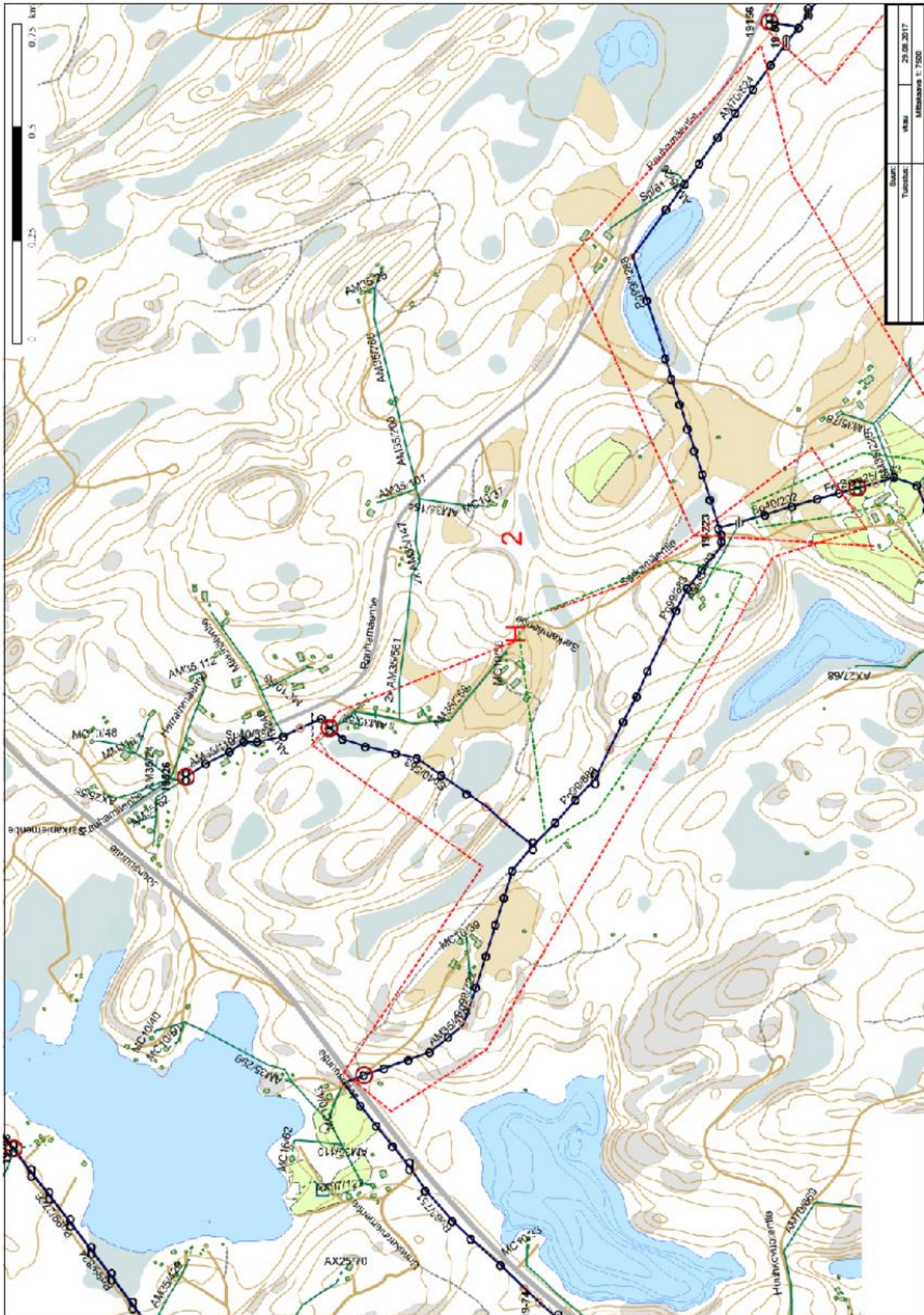
- Tässä ilmoitetaan esityksen laatijan tiedot, nimi, yhteystiedot, e-mail, varahenkilö.
- Tilapäisiä vaara-alueita esittäessä tulee tähän liittää myös toiminnan aikaisen varoukseerin nimi, yhteystiedot, sekä varahenkilön nimi ja yhteystiedot.
- Puolustusvoimien harjoituksissa tässä tulee mainita harjoituksen lennonvarmistusupseerin nimi ja yhteystiedot
- harrasteilmailutapahtumissa, mikäli tapahtuman vastuuhenkilö on eri kuin ilmoittaja, tulee tähän liittää vastuuhenkilön nimi ja yhteystiedot

7.2 Lisätietoja antaa

8. Laskutusosoite

- Hakemus on maksullinen. Maksu perustuu Liikenne- ja viestintäministeriön asetukseen Liikenteen turvallisuusviraston maksullisista suoritteista.

ESIMERKKI LENNOSSUNNITELUSSA KÄYTETYSTÄ KARTASTA LIITE 4.



PILOTOINTILENTOJEN 29.8 YHTEENVETO/VESAN ILMAKUVAUS LIITE 5.

Yhteenveto 29.8.2017 RPAS pilotti lennoista Varkauden / Kangaslammin alueelta										
Kohde	Linjan pääliä lennetyt / km	kokoalais lentomatka km	Puut havaittisiin matkalta km	lento aika / min	Arvio BVLOS tarkastus matkasta			Arvio BLOS toiminnasta		
					Arvio BVLOS tarkastus matkasta	Valmistautuminen	Lento	Lopetus/kuvien katsominen	Yht. min	
1 L290817-1	0,7	1,6	1,6	8	4,4	8	8	14,08	6	28,08
2 SMT290817-2	0,7	2,5	1,5	9	2	8	8	6,4	6	20,4
3 RMT290817-3	1	2	1,6	6	2,5	6	8	8	6	22
4 LMT290817-4	1,3	3	3	14	4,5	8	8	14,4	6	28,4
5 LMT290817-5	1	2,5	2	10	5,8	8	8	18,56	6	32,56
6 KT-290817-6	0,5	1	1,2	4	2,6	8	8	8,32	6	22,32
Yhteensä	5,2	12,6	10,9	51	21,8	48	69,76	36	153,76	Tuntia 2,562667
<p>Päivän tarkoituksena oli kerätä kokemuksia kevyen dronen käyttämisestä viian etsintään 20 kv ilma johto verkosta VLOS rajoitteella ja arvioida sitä miten valitut lennoton lähtöpaikat soveltuisivat BVLOS ohjaukseen. Valitsin paikat käyttämällä avukseni paikallistuntemusta ja PGField karttaohjelmistoa. Kriteereitit paikalle olivat 1. johto-osuus hankala tarkastaa jalkaisin/ei sijaitse tien varressa 2. yhdestä paikasta pystytisiin tarkastamaan mahdollisimman paljon verkkoa. 3. lennätys paikan piti olla avoin kohde linjan suuntaan. Ensimmäisenä päivänä käytiin aikaa pilotin lentotoimintaan noin 6h klo 8:30-14:30 kaikkine oheistoimintoinen. Lennot eivät olleet viimeistä lentoa lukuun ottamatta, niin tehokkaita ja nopeita kuin "oikeassa" tilanteessa olisivat. Kuvasin muunmuassa saman linjan useampaan kertaan saman lennon aikana. Tein samalla lentopaikkojen arviointia BVLOS toimintaa ajatellen, joka sekin kulutti aikaa. Alkuun yritin myös täyttää pilotin havainnointi lomakkeita samalla, mutta ajan säästämiseksi päätin käyttää ne lentotoiminnan jälkeen. Oma yhteenveto asiasta. Normaali 20 kv ilmajohdoverkon viat pystyy havaitsemaan hyvin jopa video striimistä ja kuvistaakin puut erottuu hyvin vaikka lento korkeuden pitää korkeana noin 100m linjan yläpuolella. Suuri lentokorkeus on joissakin kohteissa välttämätön, että näkö yhteys ilma-alueeseen saadaan säilymään puustosta huolimatta. Ja tulin siihen tulokseen että reittiä ei kannata ennakko-ohjelmoida VLOS toiminnassa, koska samassa ajassa kerkeät lentää ja kuvata linjan käsi ajolla vaikka on hiukan haasteellista lentää tarkasti linjan suuntaisesti. Pidemmässä lennoissa joita on mahdollista toteuttaa vain BVLOS menetelmällä reitin ennalta ohjelmointi varmasti kannattaa.</p>										
<p>Aika arvio siirtymisiä autolla 1 h</p>										
<p>Yhteensä 3,5 h</p>										
<p>Eli 8h työpäivässä voisi päästä >40km tarkastus suoritukseen, jos lennettäisiin BVLOS lentoa.</p>										

DJI PHANTOM 4 PRO TEKNISET TIEDOT

AIRCRAFT

Weight (Battery & Propellers Included)	1388 g
Diagonal Size (Propellers Excluded)	350 mm
Max Ascent Speed	S-mode: 6 m/s P-mode: 5 m/s
Max Descent Speed	S-mode: 4 m/s P-mode: 3 m/s
Max Speed	S-mode: 45 mph (72 kph) A-mode: 36 mph (58 kph) P-mode: 31 mph (50 kph)
Max Tilt Angle	S-mode: 42° A-mode: 35° P-mode: 25°
Max Angular Speed	S-mode: 250°/s A-mode: 150°/s
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 feet (6000 m)
Max Wind Speed Resistance	10 m/s
Max Flight Time	Approx. 30 minutes
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)
Satellite Positioning Systems	GPS/GLONASS
Hover Accuracy Range	Vertical: ±0.1 m (with Vision Positioning) ±0.5 m (with GPS Positioning) Horizontal: ±0.3 m (with Vision Positioning) ±1.5 m (with GPS Positioning)

VISION SYSTEM

Vision System	Forward Vision System Backward Vision System Downward Vision System
Velocity Range	≤31 mph (50 kph) at 6.6 ft (2 m) above ground
Altitude Range	0 - 33 feet (0 - 10 m)
Operating Range	0 - 33 feet (0 - 10 m)
Obstacle Sensory Range	2 - 98 feet (0.7 - 30 m)
FOV	Forward: 60°(Horizontal), ±27°(Vertical) Backward: 60°(Horizontal), ±27°(Vertical) Downward: 70°(Front and Rear), 50°(Left and Right)
Measuring Frequency	Forward: 10 Hz Backward: 10 Hz Downward: 20 Hz
Operating Environment	Surface with clear pattern and adequate lighting (lux>15)

LIITE 6.

GIMBAL

Stabilization	3-axis (pitch, roll, yaw)
Controllable Range	Pitch: -90° to +30°
Max Controllable Angular Speed	Pitch: 90°/s
Angular Control Accuracy	±0.02°

INFRARED SENSING SYSTEM

Obstacle Sensory Range	0.6 - 23 feet (0.2 - 7 m)
FOV	70° (Horizontal), ±10° (Vertical)
Measuring Frequency	10 Hz
Operating Environment	Surface with diffuse reflection material, and reflectivity > 8% (such as wall, trees, humans, etc.)

REMOTE CONTROLLER

Operating Frequency	2.400 - 2.483 GHz and 5.725 - 5.825 GHz
Max Transmission Distance	2.400 - 2.483 GHz (Unobstructed, free of interference) FCC: 4.3 mi (7 km) CE: 2.2 mi (3.5 km) SRR: 2.5 mi (4 km) 5.725 - 5.825 GHz (Unobstructed, free of interference) FCC: 4.3 mi (7 km) CE: 1.2 mi (2 km) SRR: 3.1 mi (5 km)
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)
Battery	6000 mAh LiPo 2S
Transmitter Power (EIRP)	2.400 - 2.483 GHz FCC: 26 dBm CE: 17 dBm SRR: 20 dBm MIC: 17 dBm 5.725 - 5.825 GHz FCC: 28 dBm CE: 14 dBm SRR: 20 dBm MIC: -
Operating Current/Voltage	1.2A@7.4 V
Video Output Port	GL300E: HDMI GL300F: USB
Mobile Device Holder	GL300E: Built-in display device (5.5 inch screen, 1920×1080, 1000 cd/m², Android system, 4 GB RAM + 16 GB ROM) GL300F: Tablets and smart phones

CAMERA

Sensor	1" CMOS Effective pixels: 20M
Lens	FOV 84° 8.8 mm/24 mm (35 mm format equivalent) f/2.8 f/11 auto focus at 1 m - ∞
ISO Range	Video: 100 - 3200 (Auto) 100 - 6400 (Manual) Photo: 100 - 3200 (Auto) 100 - 12800 (Manual)
Mechanical Shutter Speed	8 - 1/2000 s
Electronic Shutter Speed	8 - 1/8000 s
Image Size	3:2 Aspect Ratio: 5472 × 3648 4:3 Aspect Ratio: 4864 × 3648 16:9 Aspect Ratio: 5472 × 3078
PIV Image Size	4096×2160(4096×2160 24/25/30/48/50p) 3840×2160(3840×2160 24/25/30/48/50/60p) 2720×1530(2720×1530 24/25/30/48/50/60p) 1920×1080(1920×1080 24/25/30/48/50/60/120p) 1280×720(1280×720 24/25/30/48/50/60/120p)
Still Photography Modes	Single Shot Burst Shooting: 3/5/7/10/14 frames Auto Exposure Bracketting (AEB): 3/5 bracketed frames ± EV Bias Interval: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
Video Recording Modes	H.265 C4K:4096×2160 24/25/30p @100Mbps 4K:3840×2160 24/25/30p @100Mbps 2.7K:2720×1530 24/25/30p @65Mbps 2.7K:2720×1530 48/50/60p @80Mbps FHD:1920×1080 24/25/30p @50Mbps FHD:1920×1080 48/50/60p @65Mbps FHD:1920×1080 120p @100Mbps HD:1280×720 24/25/30p @25Mbps HD:1280×720 48/50/60p @35Mbps HD:1280×720 120p @60Mbps H.264 C4K:4096×2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps 4K:3840×2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps 2.7K:2720×1530 24/25/30p @80Mbps 2.7K:2720×1530 48/50/60p @100Mbps FHD:1920×1080 24/25/30p @60Mbps FHD:1920×1080 48/50/60 @80Mbps FHD:1920×1080 120p @100Mbps HD:1280×720 24/25/30p @30Mbps HD:1280×720 48/50/60p @45Mbps HD:1280×720 120p @80Mbps
Max Video Bitrate	100 Mbps
Supported File Systems	FAT32 (≤32 GB); exFAT (>32 GB)
Photo	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Video	MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)
Supported SD Cards	Micro SD Max Capacity: 128GB Write speed ≥15MB/s, Class 10 or UHS-1 rating required
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)

INTELLIGENT FLIGHT BATTERY

Capacity	5870 mAh
Voltage	15.2V
Battery Type	LiPo 4S
Energy	89.2 Wh
Net Weight	468 g
Charging Temperature Range	41° to 104°F (5° to 40°C)
Max Charging Power	100 W

CHARGER

Voltage	17.4V
Rated Power	100 W

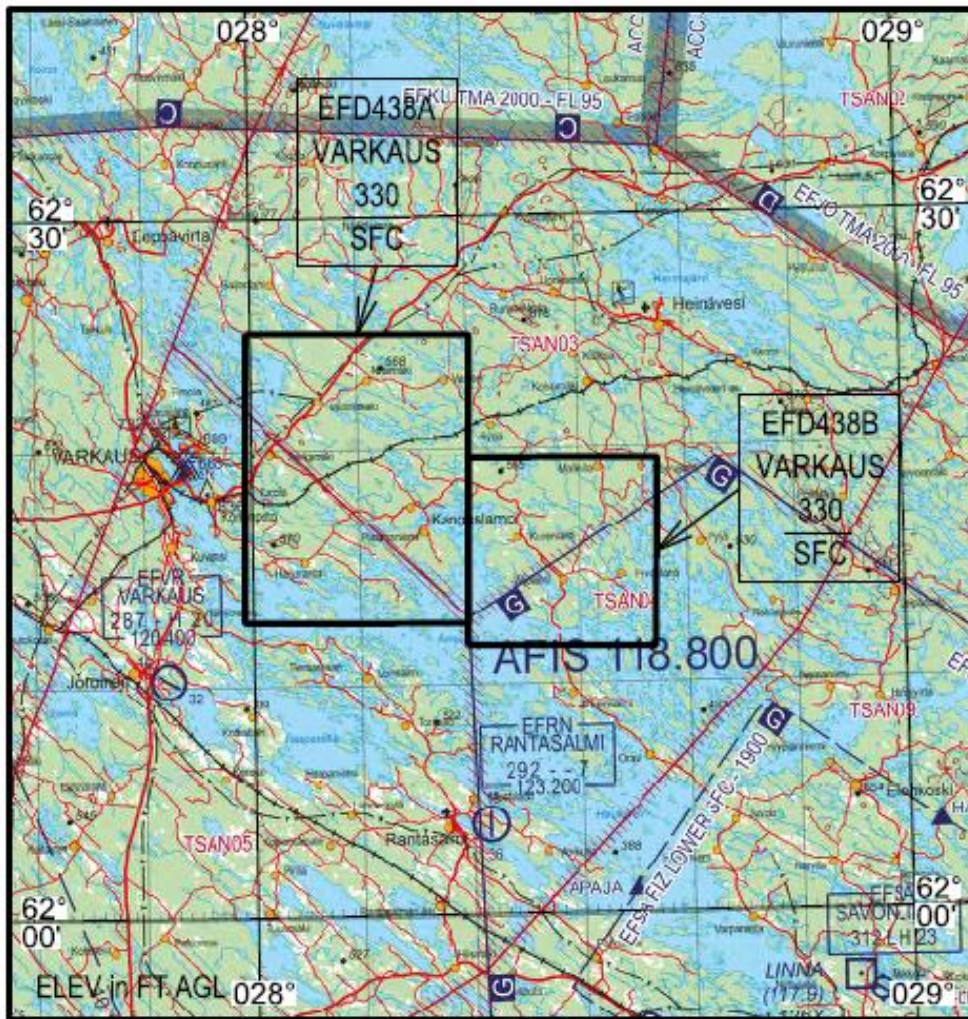
APP / LIVE VIEW

Mobile App	DJI GO 4
Live View Working Frequency	2.4 GHz ISM, 5.8 GHz ISM
Live View Quality	720P @ 30fps
Latency	Phantom 4 Pro: 220 ms (depending on conditions and mobile device) Phantom 4 Pro+: 160 - 180 ms
Required Operating Systems	iOS 9.0 or later Android 4.4.0 or later

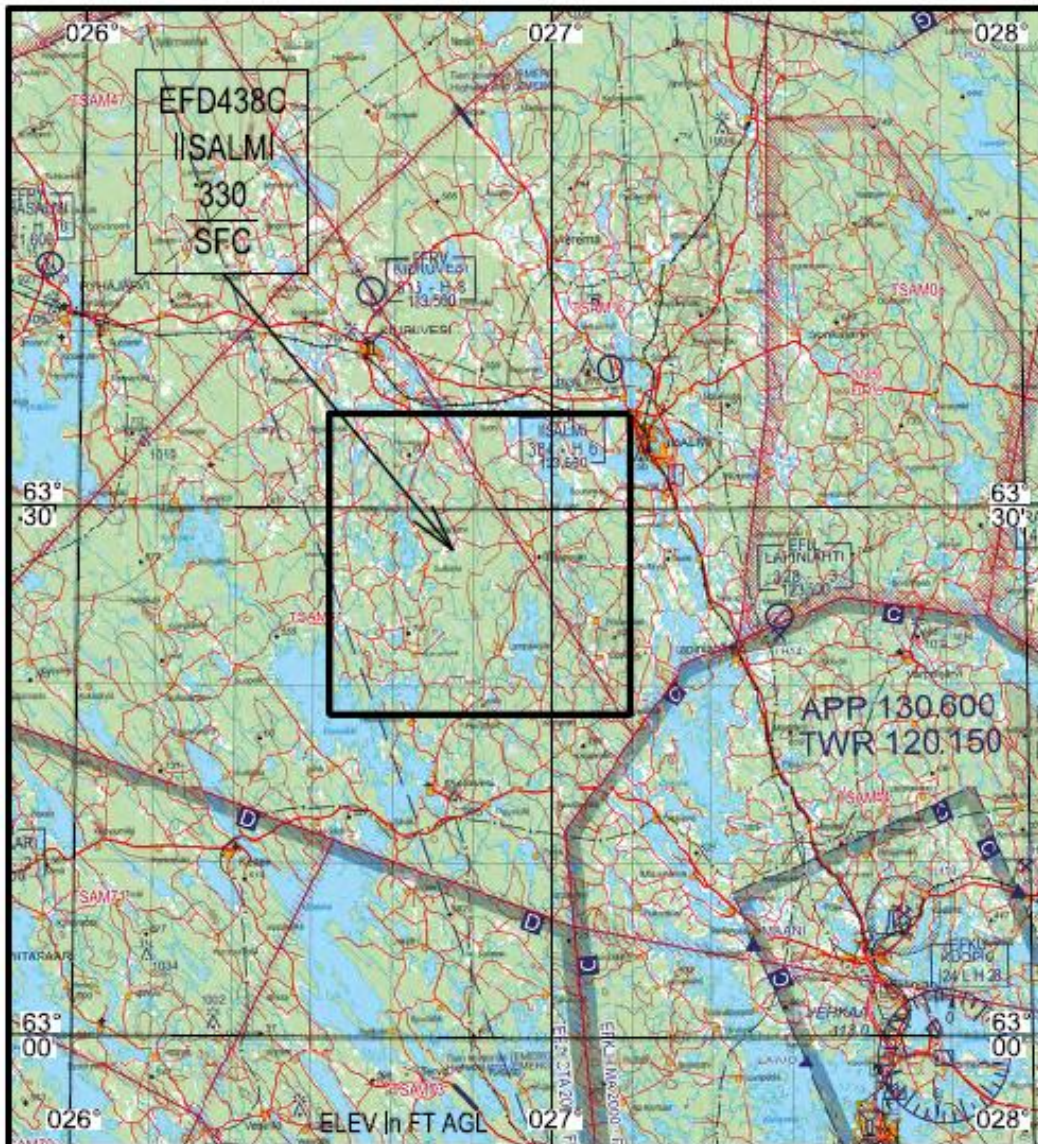
AIP SUPPLEMENT - SUOMI / FINLAND Aeronautical Information Service www.ais.fi ANS Finland, PL 157, FI-01531 VANTAA, ais@ansfinland.fi	AIP SUP NR 126 / 2017 WEF 04 SEP 2017
--	--

Alue	FINLAND FIR, TILAPÄINEN VAARA-ALUE EFD488 3VV SÄHKÖNSIIRTO		
Subject	FINLAND FIR, TEMPORARY DANGER AREA EFD488 3VV SÄHKÖNSIIRTO		
Voimassaolo Validity	04 SEP 2017 0000 UTC - 31 DEC 2017 2359 UTC		
Aktivointi Activation	WILL BE ACTIVATED BY NOTAM		
Liikenteen turvallisuusviraston päätös Decision of the Finnish Transport Safety Agency	TRAFI/243913/05.00.12.00/2017, 7.8.2017		
AIP REF	ENR 5.1	Julkaisupäivä Publication date	17 AUG 2017
Alueet / Areas	Designation Lateral limits	Vertical limits	Activity type
	Remarks		
EFD488A VARKAUS 622506N 0275936E - 622455N 0282016E - 621232N 0281943E - 621242N 0275912E - 622506N 0275936E	330 FT QFC SFC	UAV	AMC Manageable Area
EFD488B VARKAUS 621940N 0282002E - 621930N 0283724E - 621125N 0283657E - 621136N 0281941E - 621940N 0282002E	330 FT QFC SFC	UAV	AMC Manageable Area
EFD488C IISALMI 633525N 0270957E - 631822N 0270951E - 631819N 0263155E - 633523N 0263138E - 633525N 0270957E	330 FT QFC SFC	UAV	AMC Manageable Area
ATS-palvelua antavat yksiköt / Units providing ATS service			
Unit	FREQ MHZ	OPR HR	Remarks
ACC EFIN	132.325	H24	
ACC EFIN	135.525	H24	
APP EFKU	130.500	H0	MON-FRI 0615-1400
AFIS EFSB	118.800	NOTAM	
Huomioitavaa	NOTAM aktivointia 7 vrk ennen toiminnan aloittamista (ICAO vaatimus) ei voida taata. Tämä AIP SUP julkaisu sisältää xmi-siirtotiedoston AIXM 5.1 muodossa julkaisujen alueiden sivu- ja korkeusrajoista.		
Remarks	ICAO 7-days advance notice (NOTAM) cannot be guaranteed. This electronic AIP SUP publication contains xmi-file attachment in AIXM 5.1 format.		

TEMPO EFD438 SVV SÄHKÖNSIIRTO
04 SEP - 31 DEC 2017



TEMPO EFD438 SVV SÄHKÖNSIIRTO
04 SEP - 31 DEC 2017



EF_SUP_2017_126_en

VERKKOYHTIÖIDEN VIKATILASTOJA 2014-2016

LIITE 8.

Kuvaus	Määrä kpl/km/h/€, Yhteensä (keskim.)	Määrä kpl/h/€ 2014	Määrä kpl/h/€ 2015	Määrä kpl/h/€ 2016
Yhtiö:				
Käyttöpaikkojen määrä (kpl)		1 345 873	1 357 527	
Verkoston tietoja:				
Jakeluverkoston pituus yhteensä (kj+pj, km)		191 431	194 955	
Kj-ilmajohtoa (km)		60 920	59 316	
Pj-ilmajohtoa (km)		76 588	75 923	
Alueverkon (110 kV tai suurempi) pituus (km)		3 807	3 850	
Arvio jakeluverkoston pituudesta 2030 (kj+pj, km)				
Arvio kj-ilmajohtoa 2030 (km), arvio yhdeltä yhtiöltä	0,5*2016			
Arvio pj-ilmajohtoa 2030 (km), arvio yhdeltä yhtiöltä	0,6*2016			
Vikatietoja:				
Jakeluverkon viat ¹ 2014-2016 määrä/kesto (kpl/h)				
Kj-ilmajohdoverkon viat ² 2014-2016 määrä (kpl)		7 670	11 095	4 838
Pj-ilmajohdoverkon viat ² 2014-2016 määrä (kpl)		9 281	9 116	5 175
Kj-ilmajohdoverkon viat ² 2014-2016 kesto (h)		3,12	3,40	2,67
Pj-ilmajohdoverkon viat ² 2014-2016 kesto (h)		3,03	4,46	3,16
Vikakorjaustietoja:				
Jakeluverkon vikojen korjausaika ⁴ keskimäärin (h)		1,46	1,71	1,11
Kj-ilmajohdoverkon vikojen korjausaika ⁴ keskim. (h)		1,15	1,15	1,15
Pj-ilmajohdoverkon vikojen korjausaika ⁴ keskim. (h)		1,13	1,13	1,13
Keskim. keskeytysajan keskiarvo (h), viiden yhtiön tiedot		4,9	14,3	
Keskim. keskeytysajan vaihteluväli (h), viiden yhtiön tiedot		0,2 - 12,7	0,2 - 28,0	
Vikojen aiheuttamat kustannukset (ilman ALV):				
Koko jakeluverkon vikojen korjauskustannukset ⁵ (€)		12 845 299	9 191 574	
Kj-ilmajohdoverkon vikojen korjauskustannukset ⁵ (€)		7 577 241	7 478 691	
Pj-ilmajohdoverkon vikojen korjauskustannukset ⁵ (€)		2 617 600	1 684 666	
Alueverkon vikojen korjauskustannukset ⁵ keskim. (€)				
KAH-kustannus ⁶ (M€)		38,3	53,8	21,6
Maksetut vakiokorvaukset - haarukka (k€) ⁷		0,65 - 850	0,6 - 9 513	0,7 - 629
Tunnuslukuja				
KAH-kustannus/Kj-vika (€)		38 253	53 779	
Koko jakeluverkon korjauskustannushaarukka/vika (€)	627 - 1 129			
Koko jakeluverkon korjauskustannushaarukka/johtokilometri (€)/vuosi	96 - 127			
Kj-ilmajohdoverkon korjauskustannushaarukka/vika (€)	771 - 2 085			
Kj-ilmajohdoverkon korjauskustannushaarukka/johtokilometri (€)/vuosi	112 - 554			
Pj-ilmajohdoverkon korjauskustannushaarukka/vika (€)	321 - 1 256			
Pj-ilmajohdoverkon korjauskustannushaarukka/johtokilometri (€)/vuosi	38 - 99			
Kj-vikojen/ilmajohtokilometri/vuosi (kpl), ka. 2014-2015		0,13	0,19	
Pj-vikojen/ilmajohtokilometri/vuosi (kpl), ka. 2014-2015		0,12	0,12	
Sisällä merkityt tiedot saatu kahdelta yhtiöltä, muut 3-5 yhtiöltä				

1 Kaikki pysyvät, korjaustoimenpiteitä vaatineet jakeluverkostoviat ml. Ilmajohdot, maakaapelit, jakelumuuntamot yms. Suunniteltuja keskeytyksiä ja AJK/PJK:n toimintaa, jossa sähkö palautuu automaattikytkennän jälkeen ei lasketa pysyviksi vioiksi. Keskimääräinen kesto vika. Samalla johto-osuudella olevia useita, samaan keskeytykseen vaikuttavia vikoja voidaan tarvittaessa käsitellä yhtenä vikana.

2 Ilmajohdoverkon viat ml. jakelumuuntajat, johtokatkaisijat, erottimet yms. Keskimääräinen kesto/vika. Ks. Kohda 1 loppuhuomaus. Tiedot osin puutteelliset (ei esim. sisällä kaikilta osin suurhäiriöiden tietoja)

4 Arvio korjaukseen käytetystä todellisesta työajasta (ei koko keskeytyksen aika). Mikäli samaan keskeytykseen liittyy useita vikoja, keskimääräinen korjausaika/yksittäinen vika (jos mahdollista)

5 Arvio vikojen korjaamisen työkustannuksista; 2014 kolmen yhtiön tiedot, 2015-2016 kahden yhtiön tiedot

6 Vikojen aiheuttama laskennallinen Kj-vikojen KAH-kustannus ilman lyhyitä AJK/PJK-keskeytyksiä (mikäli mahdollista) ja ilman suunniteltuja keskeytyksiä, kolmen yhtiön tiedot

7 Tiedot EV:n tilastoista

VIANPAIKANNUKSEN TYÖKUSTANNUSARVIOSSA KÄYTETTYJÄ OLETUSARVOJA

Lähde: PKS Sähkösiirto Oy/Matti Pesosen luovuttamat tiedot vikapartioinnista

Vian etsintä jalkaisin:

- Metsäolosuhteissa kulkevan linjan partiointinopeus kävellen on n. 2 km /h. Paikannuksessa mukana tyypillisesti vain saha
- Yöllä partiointinopeus hidastuu n. 1 km/h vauhtiin pimeyden estäessä näkyvyyttä ja kulkeminen maastossa hankaloituu. Myös vikapaikan havaitseminen vaikeampaa pimeässä
- Keskimäärin partiointinopeus on 1,5 km/h
- Jalkaisin kulkemista hidastaa maastossa erityisesti lumi, joet, purot, ojat ja suot

Vian etsintä moottorikelkalla:

- Vaatii riittävät lumiolosuhteet, joten käyttöaikaoletus 4 kk/vuosi
- Lumitilanteen ollessa hyvä, voidaan kelkkaa käyttää n. 80 % vikojen etsinnässä
- Tyypillisesti kelkka mukana ja jätetään esim. levikkeelle. Käydään hakemassa, kun vika on saatu rajattua erotinohjauksin riittävän suppealle alueelle.
- Partiointinopeus 15 km/h
- Kelkan siirtämissiin, purkamiseen yms. menee aikaa ½ h/vika.

Keskijännitevikojen vuotuinen vianpaikannusaika jalkaisin ja moottorikelkalla

- Keskijänniteviat saadaan tyypillisesti rajattua n. 2 km johto-osuudelle. Keskijännitevikoja, joissa vikapaikkaa ei tunneta tai vian paikannukseen liittyy vianetsintää maastossa, oletetaan olevan 65% kaikista keskijännitteisen ilmajohtoverkon vioista (mm. 10% vikapaikoista näkyvä ilman partiointia maastossa)
- Tällöin saadaan partiointia vaativaksi vikataajuudeksi 0,10 kpl/ilmajohtokilometri/vuosi (käyttäen taulukon 1 vikataajuuden keskiarvoa 0,16 kpl/ilmajohtokilometri/vuosi)
- Oletetaan, että 70 % vioista etsitään jalkaisin partioimalla ja loput 30 % tarkistetaan kelkalla. Partiointinopeus jalkaisin 1,5 km/h ja moottorikelkalla 15 km/h. Partiointimatka/vika keskimäärin 1,8 km
- Kävelypartiointiin käytetty työaika: $0,7 * \text{vikamäärä} * 1,8 \text{ km} / 1,5 \text{ km/h}$
- Kelkkapartiointiin käytetty työaika: $0,3 * \text{vikamäärä} * 1,8 \text{ km} / 15 \text{ km/h}$
- Kelkan siirtämissiin, lastaamisiin yms. kuluva työaika: vikamäärä * 0,5 h

Multikopterien käytöllä saatava työaikasäästö

- Lennokin partiointinopeus on 10 m/s eli 36 km/h
- Oletetaan että lennokilla korvataan kaikki jalkaisin ja kelkalla suoritettavat partioinnit
- Partiointiaika lennokkia käyttäen on: partioitava johtopituus/36 km/h
- Oletetaan, että multikopterin toimintakuntoon saattaminen vaatii valmistelutyötä 0,2h/ vika
- Tällöin lennokkia käyttäen vianpaikannuksessa säästyy työaika: Kävelypartiointiin käytetty aika + Kelkkapartiointiin käytetty aika – Lentopartiointiin käytetty aika
- Käytetty keskimääräinen työn tuntihinta sisältäen lisät 80 €/h (ALV 0%)

KAH-VAIKUTUSTEN LASKENTA

LIITE 10.

Keskijännitejaketuverkon keskeytyskustannusten (KAH) laskentakaava neljännellä valvontajaksolla (2016 -2019). Odottamattomien katkosten osalta kaavan 1. osasta huomioidaan vain ylin rivi (merkitty indeksillä odott.):

$$KAH_{t,k}^{KJ} = \left(\begin{array}{l} KA_{odott,t}^{KJ} \times h_{E,odott} + KM_{odott,t}^{KJ} \times h_{W,odott} + \\ KA_{suum,t}^{KJ} \times h_{E,suum} + KM_{suum,t}^{KJ} \times h_{W,suum} + \\ AJK_t^{KJ} \times h_{AJK} + PJK_t^{KJ} \times h_{PJK} \end{array} \right) \times \left(\frac{W_t}{T_t} \right) \times \left(\frac{KHI_k}{KHI_{2005}} \right)$$

Missä,

$KAH_{t,k}^{KJ}$ = keskijännitejaketuverkon toteutuneet keskeytyskustannukset vuonna t vuoden k rahanarvossa, euroa

W_k = siirretyn energian määrä vuonna k , kilowattituntia

W_t = siirretyn energian määrä vuonna t , kilowattituntia

k = vuosi 2016, 2017, 2018 tai 2019

$KM_{odott,t}^{KJ}$ = keskijännitejaketuverkon odottamattomista keskeytyksistä aiheutunut vuosienergioilla painotettu keskeytysmäärä, kappaletta

$h_{W,odott}$ = odottamattomista keskeytyksistä aiheutuneen haitan yksikköhinta keskeytysmäärälle, euroa/kilowatti

$KA_{odott,t}^{KJ}$ = keskijännitejaketuverkon odottamattomista keskeytyksistä aiheutunut vuosienergioilla painotettu keskeytysaika, tuntia

$h_{E,odott}$ = odottamattomista keskeytyksistä aiheutuneen haitan yksikköhinta keskeytysajalle, euroa/kilowattitunti

T_t = tuntien lukumäärä vuonna t

KHI_k = kuluttajahintaindeksi vuonna k

KHI_{2005} = kuluttajahintaindeksi vuonna 2005

LIITE 11.

RPAS-talusanalyysi: Vaikutus kassavirtaan, kassavirran nykyarvo ja tulosvaikutus												Päiväys:	13.12.2017	
		Laskentakorko		3 %					Tekijä	JTe				
Investointilaskelma (VLOS-laite 150 kpl a 2 000 €/kpl)		Rahoituskorko		2 %					Hyväksyjä					
Normaali 10 vuotta, summat k€		Kohteen pitoaika		10										
VLOS paluulentoa käyttäen, 1 pilotti/partio		Aika t=0 (vv-kk):												
		Aikajakso												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	
Kassavirta	-	RPAS-investointi	-605,0					-300,0					-905	
	+	KAH-säästö (KAH-kustannusten alentuminen)		40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	41,0	41,0	41,0	41,0	405	
	+	Vakiokorvaussäästöt (Vakiokorv. alentuminen)		170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	10 935	
	+	Korjauskustannusten säästöt (Vianpaikannus)		65,0	66,6	68,3	70,0	71,7	73,5	75,4	77,3	79,2	728	
	-	Ylläpitokulut, lupamaksut, tukipalvelut		-30,0	-30,8	-31,5	-32,3	-33,1	-33,9	-34,8	-35,7	-36,6	-336	
	+	Laitteiden jäännösarvo (romuarvo)											0	
	-/+	Käyttöpääomanmuutos		-2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0	
	=	Kassavirta	-605,0	242,1	245,9	246,8	247,7	-51,4	250,6	251,6	252,6	253,6	10 827	
	å	Kumulatiivinen kassavirta	-605,0	-362,9	-117,0	129,7	377,4	326,1	576,7	828,2	1 080,8	1 334,5	1 592,1	1 592
Nykyarvo	*	Diskonttotekijä	1,00	0,97	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84	0,81	0,79	0,77	0,74	
	=	Nykyarvo	-605,0	235,0	231,8	225,8	220,1	-44,3	209,9	204,6	199,4	194,4	192	
	å	Kumulatiivinen nykyarvo	-605,0	-370,0	-138,2	87,6	307,7	263,4	473,3	677,8	877,2	1 071,6	1 263	
Talousvai-	+	Tulot	0,0	275,0	276,6	278,3	280,0	281,7	284,5	286,4	288,3	290,2	2 833	
kutus	-	Kustannukset (Ylläpito, luvat, tukip.)	0	-30,0	-30,8	-31,5	-32,3	-33,1	-33,9	-34,8	-35,7	-36,6	-336	
	+	Jäännösarvo (romuarvo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	-	Poistot	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-1 210	
	-	Rahoituserät	-6,1	-9,7	-4,8	0,1	5,1	7,0	9,0	14,0	19,1	24,2	87	
	=	Tulosvaikutus	-127,1	114,3	120,1	125,9	131,8	134,7	138,6	144,6	150,7	156,8	284,0	1 374

Oletukset: 150 mid end-luokan multikopteria ja 150 koulutettua pilottia (a 2 000€/henkilö), ei lentojen ketjutusta, jolloin päiväsuorite 25 km/päivä

Taulukko 5. VLOS-multikopterien käyttö vianpaikannuksessa, ei lentojen ketjutusta, Investointilaskelma 10 v, KAH-hyöty huomioitu

LIITE 12.

RPAS-talusanalyysi: Vaikutus kassavirtaan, kassavirran nykyarvo ja tulosvaikutus												Päiväys:	13.12.2017	
		Laskentakorko		3 %					Tekijä	JTe				
Investointilaskelma (VLOS-laite 150 kpl a 2 000 €/kpl)		Rahoituskorko		2 %					Hyväksyjä					
Normaali 10 vuotta, summat k€		Kohteen pitoaika		10										
VLOS paluulentoa käyttäen, 1 pilotti/partio		Aika t=0 (vv-kk):												
		Aikajakso												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	
Kassavirta	-	RPAS-investointi	-605,0					-300,0					-905	
	+	KAH-säästö (KAH-kustannusten alentuminen)												
	+	Vakiokorvaussäästöt (Vakiokorv. alentuminen)		170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	10 935	
	+	Korjauskustannusten säästöt (Vianpaikannus)		65,0	66,6	68,3	70,0	71,7	73,5	75,4	77,3	79,2	728	
	-	Ylläpitokulut, lupamaksut, tukipalvelut		-30,0	-30,8	-31,5	-32,3	-33,1	-33,9	-34,8	-35,7	-36,6	-336	
	+	Laitteiden jäännösarvo (romuarvo)											0	
	-/+	Käyttöpääomanmuutos		-1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0	
	=	Kassavirta	-605,0	203,6	205,9	206,8	207,7	-91,4	209,6	210,6	211,6	212,6	10 422	
	å	Kumulatiivinen kassavirta	-605,0	-401,4	-195,5	11,3	219,0	127,6	337,2	547,8	759,4	972,0	1 187,1	1 187
Nykyarvo	*	Diskonttotekijä	1,00	0,97	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84	0,81	0,79	0,77	0,74	
	=	Nykyarvo	-605,0	197,7	194,1	189,2	184,5	-78,8	175,5	171,2	167,0	163,0	160	
	å	Kumulatiivinen nykyarvo	-605,0	-407,3	-213,2	-24,0	160,5	81,7	257,2	428,5	595,5	758,5	919	
Talousvai-	+	Tulot	0,0	235,0	236,6	238,3	240,0	241,7	243,5	245,4	247,3	249,2	2 428	
kutus	-	Kustannukset (Ylläpito, luvat, tukip.)	0	-30,0	-30,8	-31,5	-32,3	-33,1	-33,9	-34,8	-35,7	-36,6	-336	
	+	Jäännösarvo (romuarvo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	-	Poistot	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-1 210	
	-	Rahoituserät	-6,1	-10,1	-6,0	-1,8	2,3	3,5	4,6	8,9	13,1	17,3	47	
	=	Tulosvaikutus	-127,1	73,9	78,9	83,9	89,0	91,1	93,2	98,4	103,7	109,0	235,3	929

Oletukset: 150 mid end-luokan multikopteria ja 150 koulutettua pilottia (a 2 000€/henkilö), ei lentojen ketjutusta, jolloin päiväsuorite 25 km/päivä, KAH-hyötyä ei huomioitu

Taulukko 6. VLOS-lennot vianpaikannuksessa, Investointilaskelma 10 v, KAH-hyötyä ei ole huomioitu

LIITE 13.

RPAS-talusanalyysi: Vaikutus kassavirtaan, kassavirran nykyarvo ja tulosvaikutus												Päiväys:	13.12.2017	
		Laskentakorko			3 %			Tekijä	JTe					
Investointilaskelma (VLOS-laite 100 kpl a 2 000 €/kpl)		Rahoituskorko			2 %			Hyväksyjä						
Normaali 10 vuotta, summat k€		Kohteen pitoaika			10									
VLOS ketjutetut lennot, 2 pilottia/partio		Aika t=0 (vv-kk):												
		Aikajakso												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	
Kassavirta	-	RPAS-investointi	-605,0				-200,0						-805	
	+	KAH-säästö (KAH-kustannusten alentuminen)											0	
	+	Vakiokorvaussäästöt (Vakiokorv. alentuminen)		170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	10 935	
	+	Korjauskustannusten säästöt (Vianpaikannus)		65,0	66,6	68,3	70,0	71,7	73,5	75,4	77,3	79,2	81,2	728
	-	Ylläpitokulut, lupamaksut, tukipalvelut		-30,0	-30,8	-31,5	-32,3	-33,1	-33,9	-34,8	-35,7	-36,6	-37,5	-336
	+	Laitteiden jäännösarvo (romuarvo)											0	
	-/+	Käyttöpääomanmuutos		-1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0
	=	Kassavirta	-605,0	203,6	205,9	206,8	207,7	8,6	209,6	210,6	211,6	212,6	215,1	10 522
	∑	Kumulatiivinen kassavirta	-605,0	-401,4	-195,5	11,3	219,0	227,6	437,2	647,8	859,4	1 072,0	1 287,1	1 287
Nykyarvo	*	Diskonttitekijä	1,00	0,97	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84	0,81	0,79	0,77	0,74	
	=	Nykyarvo	-605,0	197,7	194,1	189,2	184,5	7,4	175,5	171,2	167,0	163,0	160	
	∑	Kumulatiivinen nykyarvo	-605,0	-407,3	-213,2	-24,0	160,5	168,0	343,5	514,7	681,8	844,7	1 005	
Talousvai-	+	Tulot	0,0	235,0	236,6	238,3	240,0	241,7	243,5	245,4	247,3	249,2	251,2	2 428
kutus	-	Kustannukset (Ylläpito, luvat, tukip.)	0	-30,0	-30,8	-31,5	-32,3	-33,1	-33,9	-34,8	-35,7	-36,6	-37,5	-336
	+	Jäännösarvo (romuarvo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	-	Poistot	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-121,0	-1 210	
	-	Rahoituserät	-6,1	-10,1	-6,0	-1,8	2,3	4,5	6,6	10,9	15,1	19,3	23,6	58
	=	Tulosvaikutus	-127,1	73,9	78,9	83,9	89,0	92,1	95,2	100,4	105,7	111,0	237,3	940

Oletukset: 100 mid end-luokan multikopteria ja 200 koulutettua pilottia (a 2 000€/henkilö), ketjutet lennot, jolloin päiväsuorite 40 km/päivä, KAH-hyötyä ei huomioitu

Taulukko 7. VLOS-lennot vianpaikannuksessa, Investointilaskelma 10 v, ketjutetut lennot (2 pilottia), KAH-hyötyä ei ole huomioitu

LIITE 14.

RPAS-talusanalyysi: Vaikutus kassavirtaan, kassavirran nykyarvo ja tulosvaikutus												Päiväys:	14.12.2017	
		Laskentakorko			3 %			Tekijä	JTe					
Investointilaskelma (BVLOS-laite 60 kpl a 7 500 €/kpl)		Rahoituskorko			2 %			Hyväksyjä						
Normaali 10 vuotta, summat k€		Kohteen pitoaika			10									
BVLOS ketjutetut lennot, 2 pilottia/partio		Aika t=0 (vv-kk):												
		Aikajakso												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	
Kassavirta	-	RPAS-investointi	-695,0				-450,0						-1 145	
	+	KAH-säästö (KAH-kustannusten alentuminen)		40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	405
	+	Vakiokorvaussäästöt (Vakiokorv. alentuminen)		170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	10 935	
	+	Korjauskustannusten säästöt (Vianpaikannus)		65,0	66,6	68,3	70,0	71,7	73,5	75,4	77,3	79,2	81,2	728
	-	Ylläpitokulut, lupamaksut, tukipalvelut		-45,0	-46,1	-47,3	-48,5	-49,7	-50,9	-52,2	-53,5	-54,8	-56,2	-504
	+	Laitteiden jäännösarvo (romuarvo)											0	
	-/+	Käyttöpääomanmuutos		-2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0
	=	Kassavirta	-695,0	227,7	230,5	231,0	231,5	-217,9	233,6	234,2	234,8	235,4	238,3	10 419
	∑	Kumulatiivinen kassavirta	-695,0	-467,3	-236,8	-5,8	225,7	7,8	241,4	475,6	710,4	945,8	1 184,1	1 184
Nykyarvo	*	Diskonttitekijä	1,00	0,97	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84	0,81	0,79	0,77	0,74	
	=	Nykyarvo	-695,0	221,0	217,3	211,4	205,7	-188,0	195,7	190,4	185,3	180,4	177	
	∑	Kumulatiivinen nykyarvo	-695,0	-474,0	-256,7	-45,3	160,4	-27,6	168,1	358,5	543,9	724,3	902	
Talousvai-	+	Tulot	0,0	275,0	276,6	278,3	280,0	281,7	284,5	286,4	288,3	290,2	292,2	2 833
kutus	-	Kustannukset (Ylläpito, luvat, tukip.)	0	-45,0	-46,1	-47,3	-48,5	-49,7	-50,9	-52,2	-53,5	-54,8	-56,2	-504
	+	Jäännösarvo (romuarvo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	-	Poistot	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-1 390	
	-	Rahoituserät	-7,0	-11,6	-7,0	-2,4	2,2	2,3	2,5	7,2	11,9	16,6	21,3	36
	=	Tulosvaikutus	-146,0	79,4	84,5	89,6	94,7	95,4	97,1	102,4	107,6	112,9	257,3	975

Oletukset: 60 high end-luokan multikopteria ja 120 koulutettua pilottia (a 2 000€/henkilö), ketjutet lennot, jolloin päiväsuorite 60 km/päivä

Taulukko 8. BVLOS-lennot vianpaikannuksessa, Investointilaskelma 10 v, ketjutetut lennot (2 pilottia)

LIITE 15.

RPAS-talusanalyysi: Vaikutus kassavirtaan, kassavirran nykyarvo ja tulosvaikutus												Päiväys:	14.12.2017	
		Laskentakorko		3 %				Tekijä	JTe					
Investointilaskelma (BVLOS-lite 60 kpl a 7 500 €/kpl)		Rahoituskorko		2 %				Hyväksyjä						
Normaali 10 vuotta, summat k€		Kohteen pitoaika		10										
BVLOS ketjutetut lennot, 2 pilottia/partio		Aika t=0 (vv-kk):												
		Aika ja kso												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	
Kassavirta	-	RPAS-investointi	-695,0					-450,0					-1 145	
	+	KAH-säästö (KAH-kustannusten aleneminen)												
	+	Vakiokorvaussäästöt (Vakiokorv. aleneminen)		170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	170,0	10 935	
	+	Korjauskustannusten säästöt (Vianpaikannus)	65,0	66,6	68,3	70,0	71,7	73,5	75,4	77,3	79,2	81,2	728	
	-	Ylläpitökulut, lupamaksut, tukipalvelut	-45,0	-46,1	-47,3	-48,5	-49,7	-50,9	-52,2	-53,5	-54,8	-56,2	-504	
	+	Laitteiden jäännösarvo (romuarvo)											0	
	-/+	Käyttöpääomamuutos		-0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0	
	=	Kassavirta	-695,0	189,2	190,5	191,0	191,5	-257,9	192,6	193,2	193,8	194,4	195,8	10 014
	ä	Kumulatiivinen kassavirta	-695,0	-505,8	-315,3	-124,3	67,3	-190,7	2,0	195,2	388,9	583,3	779,1	779
Nykyarvo	*	Diskontto tekijä	1,00	0,97	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84	0,81	0,79	0,77	0,74	
	=	Nykyarvo	-695,0	183,7	179,6	174,8	170,2	-222,5	161,3	157,1	153,0	149,0	146	
	ä	Kumulatiivinen nykyarvo	-695,0	-511,3	-331,7	-156,9	13,3	-209,2	-47,9	109,2	262,1	411,1	557	
Talousvaikutus	+	Tulot	0,0	235,0	236,6	238,3	240,0	241,7	243,5	245,4	247,3	249,2	2 428	
	-	Kustannukset (Ylläpito, lupat, tukip.)	0	-45,0	-46,1	-47,3	-48,5	-49,7	-50,9	-52,2	-53,5	-54,8	-504	
	+	Jäännösarvo (romuarvo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	-	Poistot	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-139,0	-1 390	
	-	Rahoituserät	-7,0	-12,0	-8,2	-4,4	-0,6	-1,2	-1,9	2,0	5,8	9,7	-4	
	=	Tulosvaikutus	-146,0	39,0	43,3	47,6	52,0	51,8	51,7	56,2	60,6	65,1	208,6	530

Oletukset: 60 high end-luokan multikopterä ja 120 koulutettua pilottia (a 2 000€/henkilö), ketjutetut lennot, jolloin päiväsuorite 60 km/päivä, KAH-hvötyä ei huomioitu

Taulukko 9. BVLOS-lennot vianpaikannuksessa, Investointilaskelma 10 v, ketjutetut lennot (2 pilottia), KAH-hyötyä ei ole huomioitu