



BVLOS-DRONEOPERAATIOT METSÄNKUVAUKSESSA

Toimintalupaprosessin selkeyttäminen

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Metsätalousinsinööri (AMK)

Kevät 2024

Lauri Mynttinen

Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijä Lauri Mynttinen

Työn nimi BVLOS-droneoperaatiot metsänkuvauksessa: Toimintalupaprosessin selkeyttäminen

Ohjaaja Esa Lientola

Tiivistelmä

Vuosi 2024

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa luentomateriaali, joka selkeyttää metsänkuvauksen BVLOS-droneoperaatioiden toimintalupaprosessia. Työssä tulkittiin EU:n ilmailuturvallisuusviranomaisen eli EASA:n säännöstöä, joka määrittelee dronejen lennätystä Euroopan unionin alueella. Suomessa toimintaluvan myöntää toimivaltainen viranomainen Traficom, jonka edustajaa haastateltiin säännösten tulkintaan liittyen.

Opinnäytetyön tutkimusongelma perustui tarpeeseen: Dronea on tarpeen lennättää näköyhteyden ulkopuolella metsänkuvaustehtävissä, mutta lainsäädäntö rajoittaa toimintaa ja on tulkinnanvaraista. Täten työssä pyrittiin löytämään vastaukset seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Miten säädäntöä ja asetuksia tulkitaan PDRA-G01:n pohjautuvaan toimintalupaprosessiin liittyen, kun tarkoituksena on tehdä metsänkuvausta dronella? Ovatko BVLOS-droneoperaatiot mahdollisia metsänkuvaustehtävissä PDRA-G01 pohjalta ilman, että lupaprosessi aiheuttaa suhteettoman paljon työtä, vaatimuksia, rajoitteita ja kustannuksia?

Tietoperustaan koottiin asioita, jotka ovat jokaisen saatavilla, mutta useissa eri vaikeasti tulkittavissa lähteissä. Tarkoituksena oli koota työhön perusasiat, jotta säännösten tulkinnan ja soveltamisen ymmärtäminen olisi lukijalle mahdollista. Lopulta asioista koottiin luentomateriaali.

BVLOS-droneoperaatiot metsänkuvauksessa tähtäävät toiminnan tehostamiseen. Metsäsuunnitelmia voitaisi tuottaa tehokkaammin, kun toiminnan ei tarvitsisi perustua näköyhteyteen. Erityinen-kategoria mahdollistaa tämän ja toimintalupa on toimijalle erittäin hyödyllinen myös siinä mielessä, että käytettävän kaluston voi valita vapaammin.

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että erityinen-kategorian toimintalupaprosessi on kohtalaisen työläs. Jos hakijalla ei ole aiempaa ilmailullista kokemuspohjaa, niin on syytä varautua siihen, että ulkopuolista apua saatetaan joutua käyttämään. Opinnäytetyö antaa kuitenkin vastauksia moniin peruskysymyksiin, joka edesauttaa metsäalan dronetoimijan mahdollisuutta toteuttaa toimintalupaprosessi itse.

Avainsanat BVLOS, drone, metsänkuvaus, toimintalupa, sääntely

Sivut 34 sivua ja liitteitä 58 sivua

Degree Programme in Forestry

Author Lauri Mynttinen

Subject BVLOS Drone Operations in Forest Imaging: Clarifying the Operational
Authorisation Process

Supervisor Esa Lientola

Abstract

Year 2024

The purpose of this thesis was to produce a presentation that clarifies the operational authorisation process for BVLOS drone operations in forest imaging. The thesis includes interpretation of EASA (European Union Aviation Safety Agency) regulations, which define the operating of drones in the European Union. In Finland, the operational authorisation is granted by the competent authority Traficom, whose representative was interviewed regarding the interpretation of the regulations.

The thesis was initiated by a need: it is necessary to fly a drone beyond visual line of sight in forest imaging tasks, but the legislation is subject to interpretation and limits the operation. Thus, the thesis sought to find answers to the following research questions: How are legislation and regulations interpreted in the operational authorisation process based on PDRA-G01, when the purpose is to do forest imaging by drone? Are PDRA-G01-based BVLOS drone operations possible in forest imaging without the authorisation process causing a disproportionate amount of work, requirements, constraints, and costs?

Information that is available to everyone, but in several diverse sources that are difficult to interpret, were gathered in the knowledge base. The purpose was to compile information about the basic issues regarding the subject, so that the reader could understand the interpretation and application of the regulations. Finally, the presentation was put together.

BVLOS drone operations in forest imaging aim to make the operations more efficient. Forest plans could be produced more efficiently when the operations do not have to be based on visual line of sight. The Specific category enables this, and the operational authorisation is also extremely useful for the operator in the sense that the equipment to be used can be chosen more freely.

It can be said in conclusion that the operational authorisation process for the Specific category is quite laborious. If the applicant has no previous experience in aviation, it is necessary to be prepared for the fact that external help may have to be used. However, the thesis provides answers to many basic questions, which improves an operator's chances of completing the operational authorisation process by themselves.

Keywords BVLOS, drone, forest imaging, operational authorisation, regulation

Pages 34 pages and appendices 58 pages

Sisällys

Miehittämättömän ilmailun käsitteitä	
1 Johdanto	1
2 BVLOS-operaatioita määrittelevä säännöstö.....	2
2.1 Erityinen-kategoria	3
2.2 Riskiarviot: PDRA, STS, SORA.....	4
2.2.1 Ennakkoriskiarvio PDRA-G01.....	6
2.2.2 Muut ennakkoriskiarviot.....	6
2.3 Riskien arviointi: GRC, ARC, SAIL	7
2.4 Erityinen-kategorian toimintalupa	10
3 Tarkoitus ja tavoite	11
4 Säännösten tulkinta ja soveltaminen metsänkuvaustehtäviin	12
4.1 Toimintakäsikirja	13
4.1.1 Käsikirjan yleinen osa (A)	13
4.1.2 Toimintamallit (B).....	14
4.1.3 Lennätysalueet (C)	18
4.1.4 Koulutus (D)	20
4.1.5 Häätätilannesuunnitelma (E)	21
4.1.6 UAS:n tekniset tiedot (T).....	22
4.1.7 Huolto (M).....	22
4.1.8 Toimintakäsikirjan liitteet.....	23
4.1.9 Muut toimintakäsikirjaan liittyvät asiat	23
4.2 PDRA-G01	24
4.2.1 PDRA-G01 Droneinfossa.....	24
4.2.2 PDRA-taulukon lisähuomiot.....	25
4.3 Lisähuomiot BVLOS-operaatioihin liittyen	28
5 Johtopäätökset ja pohdinta	29
Lähteet	32

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. SORA-riskiarvion vaiheet.....	5
Kuva 2. Ennakkoriskiarvio PDRA-G01:n ominaisuuksia.....	6
Kuva 3. SAIL määrittäminen	7
Kuva 4. Alustava maariski.....	8
Kuva 5. Maariskin lieventäminen	9
Kuva 6. ARC-kaavio.....	10
Kuva 7. TMPR-vaatimus jäännös-ARC:n pohjalta.....	15
Kuva 8. Detect, Decide, Command, Execute ja Feedback Loop	16

Liitteet

Liite 1.	Luentomateriaali
----------	------------------

Miehittämättömän ilmailun käsitteitä

ARC	Air Risk Class	Ilmariskiluokka
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight	Suoran näköyhteyden ulkopuolella
DAA	Detect And Avoid	Havaitse ja väistä
EASA	European Union Aviation Safety Agency	EU:n ilmailuturvallisuusviranomainen
EAR for UAS	Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems	Helppokäyttöiset säännöt miehittämättömille ilma-alusjärjestelmille
ERP	Emergency Response Plan	Hätätilannesuunnitelma
GRC	Ground Risk Class	Maariskiluokka
OSO	Operational Safety Objective	Toiminnan turvallisuustavoitteet
PDRA	Predefined Risk Assessment	Ennakkoriskiarvio
SAIL	Specific Assurance and Integrity Level	Toimintavarmuuden ja luotettavuuden määrittely
SORA	Specific Operations Risk Assessment	SORA-riskiarviointi
STS	Standard Scenario	Vakioskenaario
TMPR	Tactical Mitigation Performance Requirement	Taktisen lieventämisen suorituskykyvaatimus
UAS	Unmanned Aircraft System	Miehittämätön ilma-alusjärjestelmä
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	Miehittämätön ilma-alus
VLOS	Visual Line Of Sight	Suora näköyhteys

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee BVLOS-droneoperaatioita metsänkuvauksessa. Työssä pyritään selkeyttämään droneoperaatioiden erityinen-kategorian toimintalupaprosessia ennakkoriskiarvio PDRA-G01:n pohjalta, jonka käyttö perustellaan tietopohjassa.

Opinnäytetyössä pyritään keskittymään etenkin toimintalupaprosessin niihin osiin, jotka ovat metsänkuvauksen kannalta huomionarvoisia. Tietoperustassa esitellään lyhyesti myös muut vaihtoehdot, joiden pohjalta toimintalupaa voidaan hakea. Johdantoa edeltävällä sivulla on esitelty luettelo miehittämättömään ilmailuun liittyvistä, työn kannalta oleellisista käsitteistä.

Työn tavoitteena on tuottaa luentomateriaali, joka selkeyttää toimintalupaprosessia (liite 1). Rajat toiminnalle asettaa European Union Aviation Safety Agency:n eli EASA:n säännöstö, joka määrittelee dronejen lennätystä Euroopan unionin alueella. Vaikka säännöstö voi vaikuttaa ensisilmäyksellä monimutkaiselta, se mahdollistaa toimijalle esimerkiksi matalan riskin droneoperaatiot näköyhteyden ulkopuolella ennakkoriskiarvion pohjalta ilman erillistä ilmatilavarausta. Aiheen muodostuttua työn perusajatus esiteltiin Stora Ensolle, joka ryhtyi työn tilaajaksi.

Dronejen käyttöä metsänkuvauksessa markkinoitiin näkyvästi jo vuonna 2018, kun Metsä Group teki pilottiyritysten kanssa metsäsuunnitelmia dronella (Lähtenmäki, 2018). Aiheeseen liittyvä uutisointi kuitenkin hiipui, joten voidaan olettaa Metsä Groupin törmäyksen projektissaan jonkinlaisiin ongelmiin. Droneja hyödynnetään nykyisin useissa metsäalan työtehtävissä, mutta dronejen käyttömahdollisuuksien selvitystyö jatkuu edelleen (Lientola & Nisula, 2023). Ainakin yksi este dronetoiminnan räjähdysmäiselle kasvulle lienee ollut se, ettei metsänkuvausta ole pystytty toteuttamaan riittävän tehokkaasti. Dronekuvauksella luotu aineisto ei oletettavasti ole tuottanut riittävästi lisäarvoa perinteisiin metsänmittausmenetelmiin ja kaukokartoitusaineistoihin verrattuna. Dronet ja niiden käyttömahdollisuudet kuitenkin kehittyvät jatkuvasti ja etenkin suuria pinta-aloja tarkasteltaessa dronejen tuomaa lisäarvoa tulisi pystyä hyödyntämään. Dronekuvauksen tuottavuutta voidaan pyrkiä parantamaan sillä, että toimintaa ei ole sidottu ohjaajan ja dronen väliseen suoraan näköyhteyteen.

Droneoperaatioita voidaan toteuttaa kolmessa eri kategoriassa, jotka ovat avoin, erityinen ja sertifioitu. Avoimessa kategoriassa operaatioiden riskitaso on matala, erityinen-kategoriassa kohonnut ja sertifioitu-kategoriassa korkea. (EASA, n.d.-g) Yksinkertainen toiminta toteutetaan tyypillisesti avoimessa kategoriassa, jolloin toiminta ei vaadi operaattorilta erillistä

toimintalupaprosessia eikä toimintakäsikirjaa (Traficom, 2024a). Avoimen kategorian droneoperaattorin tulee rekisteröityä Traficomien rekisteriin ja pääsääntöisesti myös suorittaa verkkoteoriakoe (Traficom, 2024b). Avoimen kategorian vaatimukset ovat erittäin helppo täyttää, mutta toiminta on hyvin rajoitettua. Suurin puute tehokkaan metsänkuvauksen kannalta on nimenomaan vaatimus, jonka mukaan toiminnan tulee perustua suoraan näköyhteyteen. (Traficom, 2024a)

Näköyhteyden ulkopuolella lennättäminen vaatii toimintaluvan droneoperaatioiden erityinen-kategoriassa. Toimintalupahakemukseen liittyy avoimia kysymyksiä, joihin ei löydy suoraa vastausta EASA:n eikä kansallisen viranomaisen Traficomien julkisesti saatavilla olevista materiaaleista. Yksinkertaisiinkin asioihin joudutaan kysymään vastausta Traficomilta, joka aiheuttaa lisätyötä sekä droneoperaatioita suunnittelevalle taholle, että Traficomille. Jokaisen droneoperaattorin tarpeet ovat yksilölliset, mutta tämä opinnäytetyö pyrkii tarjoamaan vastauksia peruskysymyksiin.

Opinnäytetyön tutkimusongelma perustuu tarpeeseen. Dronea on tarpeen lennättää näköyhteyden ulkopuolella metsänkuvaustehtävissä, mutta lainsäädäntö rajoittaa toimintaa ja on tulkinnanvaraista. Ennakkoon ei ollut lainkaan varmaa, tuleeko tuotetusta luentomateriaalista riittävän selkeä, jotta metsäalan toimija pystyisi sen tukemana hakemaan itselleen erityinen-kategorian toimintaluvan ilman kallista ulkopuolista asiantuntija-apua. Täten työ pyrkii vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten säädäntöä ja asetuksia tulkitaan PDRA-G01:n pohjautuvassa toimintalupaprosessissa, kun tarkoituksena on tehdä metsänkuvausta dronella?
- Ovatko metsänkuvauksen BVLOS-droneoperaatiot mahdollisia PDRA-G01 pohjalta ilman, että lupaprosessi aiheuttaa suhteettoman paljon työtä, vaatimuksia, rajoitteita ja kustannuksia?

2 BVLOS-operaatioita määrittelevä säännöstö

Tässä luvussa esitellään tietoperustaa, eli EASA:n BVLOS-toimintaa määrittelevää säännöstöä. Suomessa säännöstöä tulkitsee, toimeenpääsee ja valvoo toimivaltainen viranomainen Traficom. Säännöstö perustuu EU:n dronetoimintaa määrittäviin asetuksiin (EASA, 2022, s. 5). EASA on julkaissut säännöstön tulkintaa helpottavan dokumentin, joka on nimeltään Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (EAR for UAS). Tässä työssä viitataan useasti edellä mainittuun julkaisuun. EAR for UAS on englanninkielinen ja

sisältää kohtuullisen paljon ilmailuterminologiaa, joten Traficomin suomenkieliseen ja helppolukuisempaan materiaaliin pyritään viittaamaan silloin, kun se on tarkoituksenmukaista. On kuitenkin huomattava, että säännöstöön liittyy englanninkielisiä termejä, jotka tarkoittavat jotakin nimenomaista asiaa. Tällaisen termistön suomentaminen ei ole välttämättä järkevää siksi, että alkuperäisen englanninkielisen termin spesifi merkitys saattaa muuttua suomennoksen yhteydessä. Tämän vuoksi opinnäytetyössä käytetään monissa paikoin alkuperäistä englanninkielistä termiä.

BVLOS-operaatioiden toteuttaminen vaatii operaattorilta tietyn määrän ymmärrystä aihepiiriin liittyen. Operaattorin tulee pystyä tuottamaan toimintakäsikirja tai vaihtoehtoisesti käyttää ulkopuolisen tahon tuottamaa käsikirjaa, jonka sisältö operaattorin on kyettävä ymmärtämään. Erityinen-kategoriaan liittyviä asioita voi itseopiskella Traficomin tuottamassa Droneinfossa, jossa on myös hyperlinkki EASA-asetukseen ja sen ohjemateriaaliin (Traficom, 2023a).

Tietoperustaan on pyritty poimimaan juuri metsänkuvauksen kannalta oleellisia asioita. Kustakin aihepiiristä pyritään tuomaan esille myös riittävä määrä taustatietoa, jotta säännöstön tulkinnan ja soveltamisen ymmärtäminen olisi lukijalle mahdollista. Tietoperustasta käyvät ilmi ne seikat, jotka ohjaavat ennakkoriskiarvio PDRA-G01:n käyttöön yksinkertaisissa BVLOS-operaatioissa metsänkuvauksessa.

2.1 Erityinen-kategoria

Operaattorikohtainen toimintalupa dronetoiminnan erityinen-kategoriassa on ehdoton edellytys BVLOS-operaatioiden toteuttamiselle. Lupaa voidaan hakea joko EASA:n julkaiseman STS:n, PDRA:n, tai oman SORA-riskiarvion pohjalta, joista kerrotaan lisää luvussa 2.2. (Traficom, 2023a) Kun operaattori toimii Erityinen-kategoriassa, edellytyksenä on tuottaa operaattorikohtainen toimintakäsikirja (EASA, n.d.-a).

Erityinen-kategorian operaattorin on myös mahdollista hakea itselleen LUC-hyväksyntätodistus (Light UAS Operator Certificate), joka kuitenkin edellyttää kokemusta toiminnasta ko. kategoriassa (Traficom, 2023a). LUC on todistus, joka antaa operaattorille tiettyjä oikeuksia, kuten oikeuden valtuuttaa omat PDRA:n pohjautuvat droneoperaationsa ilman erillistä hakemusta (EASA, n.d.-b). Tätä aihetta ei käsitellä opinnäytetyössä tarkemmin, koska se ei ole oleellinen toimintaa aloittavan operaattorin kannalta.

Vaikka toimintakäsikirja on mahdollista toteuttaa mallikäsikirjaa apuna käyttäen, on operaattorin opiskeltava erinäisiä miehittämättömään ilmailuun liittyviä asioita. Erityinen-kategorian toiminta edellyttää ohjaajalta karkeasti STS-kokeen sisältöä vastaavan koulutuksen suorittamista (EASA, 2022, s. 314). STS-koe on teoriakoe, jolla varmistetaan, että ohjaajalla on riittävä koulutus standardiskenaarioiden mukaisen toiminnan toteuttamiseen. Paneutuminen STS-kokeen itseopiskelumateriaaleihin ja kokeen suorittaminen perehdyttää yleisesti erityinen-kategorian toimintaan jo kohtuullisella tasolla. Itseopiskelumateriaalit ja aihepiirit löytyvät Droneinfosta (Traficom, 2023b). Joissakin tapauksissa myös avoimen kategorian A2-lisäteoriakoe on riittävä, mutta asiaan paneudutaan tarkemmin luvussa 4.1.4. A2-lisäteoriakoe vaaditaan tietyissä avoimen kategorian operaatioissa ja myös sen sisältöön voi tutustua Droneinfossa (Traficom, 2024a).

2.2 Riskiarviot: PDRA, STS, SORA

PDRA, STS ja SORA ovat riskiarvioita, joiden pohjalta voidaan toimia erityinen-kategoriassa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään enimmäkseen PDRA:n ominaisuuksiin, mutta esitellään lyhyesti myös STS:n ja SORA:n sisältöjä. SORA on merkityksellinen operaattorin kokemuksen karttuessa ja mahdollisten vaativampien operaatioiden suunnittelussa.

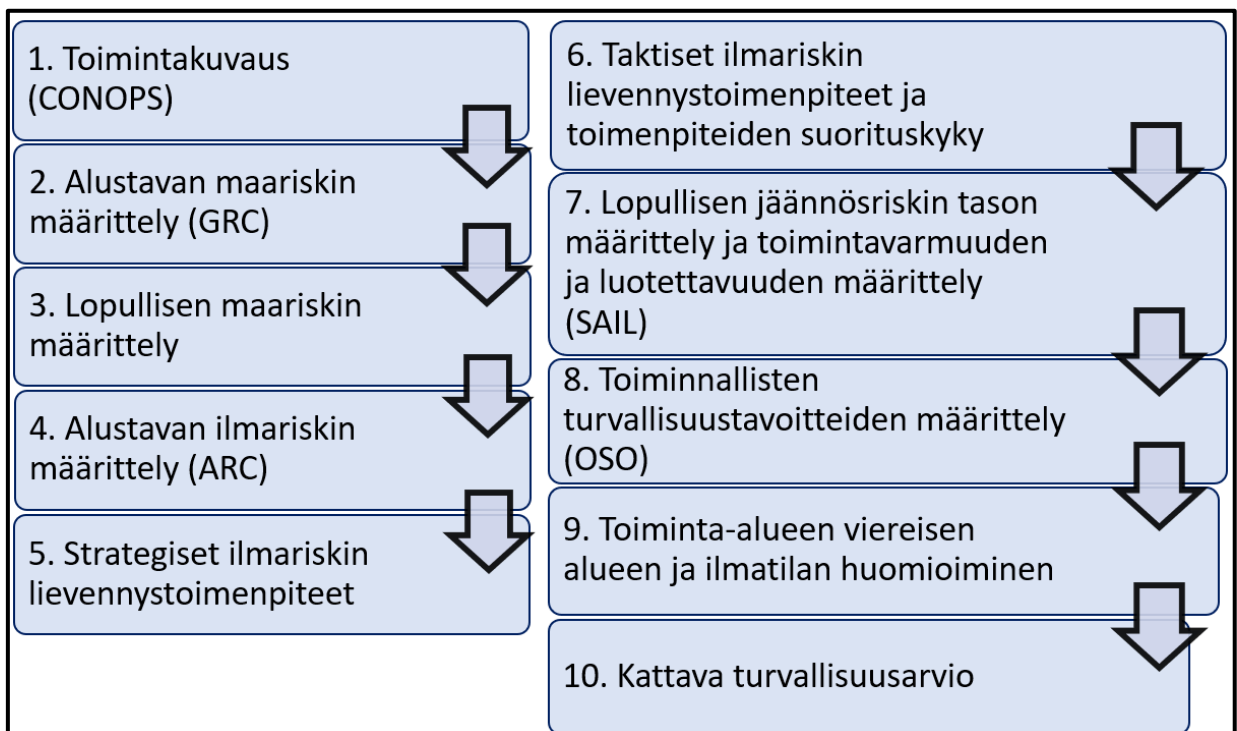
PDRA eli Predefined Risk Assessment on ennakkoriskiarvio, jonka tarkoituksena on helpottaa toimintaluvan hakua. PDRA:t, joita on tällä hetkellä julkaistu viisi, kattavat yleisimmät luvanvaraiset operaatiotyypit. Riskiarvio on PDRA:ssa muodostettu valmiiksi, joten operaattorin vastuulle jää osoittaa, että toiminta täyttää PDRA:n reunaehdot. Jokaisesta PDRA:sta on julkaistu toiminnan kuvaus ja ehdot -taulukko, jonka täyttäessään operaattori osoittaa ehtojen toteutumisen. (Traficom, 2023c) Jokaisen tällä hetkellä julkaistun PDRA:n nimi sisältää kirjaimen G tai S (esim. PDRA-G01 tai PDRA-S01). Kirjainta G käytetään SORA-riskiarvion pohjalta johdetulle PDRA:lle. Kirjainta S käytetään PDRA:lle, joka on johdettu STS:stä, ja jonka ominaisuudet ovat samankaltaiset kuin vastaavan STS:n. S-kirjainta kantavat PDRA:t pyrkivät tarjoamaan yksinkertaistetun toimintalupaprosessin verrattuna G:hen ja eroavat STS:stä siten, ettei dronekalustolta vaadita virallista C-luokan merkintää. (EASA, 2022, ss. 37-38) Opinnäytetyön kannalta merkityksellistä PDRA-G01:tä käsitellään alaluvussa 2.2.1.

STS eli Standard Scenario on EASA:n julkaisema vakioskenaario, jolla on karkeasti sama tavoite, kuin PDRA:lla. STS:n pohjalta toteutetut operaatiot eivät kuitenkaan vaadi varsinaista toimintalupaa, vaan operaattori ilmoittaa aloittavansa STS:n mukaiset operaatiot. Kun kansallinen ilmailuviranomainen toimittaa vahvistuksen ilmoituksen vastaanottamisesta ja

hyväksynnästä, operaattori voi aloittaa vakioskenaarion mukaisen toiminnan. STS:n heikkous on tällä hetkellä se, että se rajoittaa operaatiot hyvin suppeaan valikoimaan. Skenaarioita on julkaistu vasta kaksi ja ne vaativat C-luokan omaavan dronen käyttöä. (EASA, n.d.-c) STS:n käyttö mahdollistui 1.1.2024, joten Traficom sivustoilla asiaa käsitellään toistaiseksi vain hyvin lyhyesti (Traficom, 2023a).

SORA eli Specific Operations Risk Assessment on operaattorin luoma oma riskiarvio. SORA:ssa operaattori määrittelee riskit ja niitä koskevat riskienvähennyskeinot, joiden pohjalta saadaan SAIL, jonka määrittäminen esitellään luvussa 2.3. SORA:n laatiminen vaatii ilmailullista osaamista ja ymmärrystä, joten se soveltuu käytettäväksi lähinnä operaattorin harjaantuessa ja operaatioiden vaatimustason noustessa. Operaattorin tulee ymmärtää, mitä tarkoittavat termit CONOPS, ERP, TMPR ja OSO sekä mitkä ovat niiden vaatimukset oman riskiarvionsa pohjalta. Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä toimintalaprosessista selkeämpää eikä monimutkaisempaa, joten asiaa ei käsitellä tässä työssä tämän enempää. Riskiarvion laatimiseen löytyy hyvä ohjeistus, johon voi tutustua Droneinfossa. PDRA-G01 on tehty SORA-riskiarvion pohjalta, joten operaattorin kannattaa tutustua SORA:n vaiheisiin PDRA:ta käytettäessä. (Traficom, 2023d) SORA:n 10 vaihetta on esitelty kuvassa 1.

Kuva 1. SORA-riskiarvion vaiheet (EASA, n.d.-d; Traficom, 2023d).



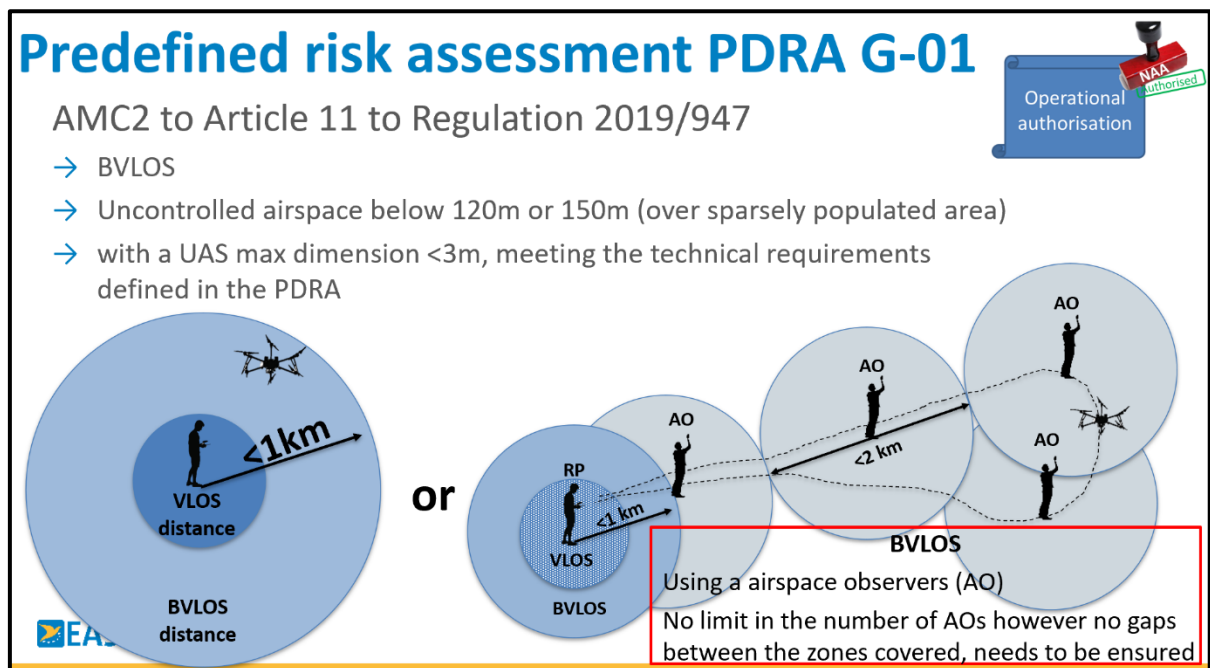
2.2.1 Ennakkoriskiarvio PDRA-G01

PDRA-G01 on ennakkoriskiarvio, joka soveltuu metsänkuvausta toteuttavan droneoperaattorin tarpeisiin. Riskiarvio asettaa toiminnalle rajoitteita, mutta se mahdollistaa yksinkertaisen toiminnan aloittamisen. PDRA-G01:n oleellisin asia on BVLOS-operaatioiden luvallinen toteuttaminen.

PDRA-G01:n asettamat rajoitteet tiivistelmänä:

- BVLOS valvomattomassa ilmatilassa maksimikorkeudella 120 tai 150 m (kuva 2).
- Lennätys tapahtuu harvaan asutun alueen yllä (kuva 2).
- Dronea voidaan lennättää maksimissaan 1 km etäisyydellä ohjaajasta, jonka lisäksi tähytäjää käyttämällä voidaan lisätä etäisyyttä (kuva 2).
- Dronen suurin mahdollinen ristimita on 3 metriä ja törmäysenergia saa olla maksimissaan 34 kJ (Traficom, 2023c).

Kuva 2. Ennakkoriskiarvio PDRA-G01:n ominaisuuksia (EASA, n.d.-e).



2.2.2 Muut ennakkoriskiarviot

Vertailun vuoksi todettakoon, että myös PDRA-G02 mahdollistaa BVLOS-operaatiot. Siinä dronen ja ohjaajan välistä etäisyyttä ei ole rajoitettu, mutta toiminnan on tapahduttava

rajoitetussa ilmatilassa (Traficom, 2023c). Ilmatilavarauksen teko ja hinta rajoittavat toimintaa, joten tässä opinnäytetyössä käsitellään soveltuvimpana vaihtoehtona PDRA-G01:tä.

Ennakkoriskiarviot PDRA-S01, -S02 ja -G03 ovat suunniteltu muunlaista toimintaa varten. Rajoitteina ovat esimerkiksi kontrolloitu maa-alue, dronen itsenäinen laskuvarjojärjestelmä tai erittäin matala lentokorkeus. (Traficom, 2023c) Rajoitteidensa vuoksi nämä ennakkoriskiarviot soveltuvat metsänkuvaustehtäviin huonommin kuin PDRA-G01.

2.3 Riskien arviointi: GRC, ARC, SAIL

Tämän luvun käsitteet liittyvät droneoperaatioiden riskien arviointiin. Riskiarvioon kuuluvat alustavan maariskin määrittely (GRC), lopullisen maariskin määrittely, alustavan ilmariskin määrittely (ARC), ilmariskin lievennystoimenpiteet ja kyseisten toimenpiteiden suorituskyky. Yhdistämällä lopullinen GRC ja jäännös-ARC saadaan lopullisen jäännösriskin taso, johon perustuu toimintavarmuuden ja luotettavuuden määrittely (SAIL). SAIL ei ole määrällinen arvo, vaan se velvoittaa operaattoria noudattamaan toiminnan turvallisuustavoitteita (OSO, Operational Safety Objective). (Traficom, 2023d)

Toimintakäsikirjan perustuessa ennakkoriskiarvioon operaatiokohtaiset GRC, ARC ja SAIL ovat määritetty valmiiksi (EASA, 2022, s. 133). PDRA-taulukon kohdat ottavat kantaa OSO:n toteutumiseen, joten operaattori saa valmiit vaatimukset, joita sen tulee noudattaa.

Toiminnan perustuessa PDRA-G01:n operaation riskitasot ovat GRC 3 ja ARC-b, joista johtamalla saadaan kuvan 3 mukaisesti SAIL II. Vaikkei operaattorin tarvitse PDRA:ta käyttäessä itse määrittää riskitasoa, sen on tärkeää ymmärtää, mitä luvut tarkoittavat.

Kuva 3. SAIL määrittäminen (EASA, 2022, s. 59).

SAIL determination				
Final GRC	Residual ARC			
	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
>7	Category C operation			

Table 5 – SAIL determination

PDRA-G01:n liittyen on oleellista ymmärtää myös riskiarvion lähtökohdat. Äärimitoiltaan maksimissaan 1 metrin kokoisen UAV:n lennättäminen harvaan asutulla alueella määrittäisi maariskin suoraan tasolle 3, jolloin maariskin lieventämis-toimia ei edes tarvittaisi. PDRA-G01 mahdollistaa kuitenkin toiminnan äärimitoiltaan maksimissaan 3 metrin kokoisella dronella. Äärimittojen ollessa 1-3 metriä GRC:n lähtökohta on 4, jolloin tarvitaan maariskin lievennystoimia tasolle 3. (Kuva 4)

Kuva 4. Alustava maariski (EASA, 2022, s. 51).

Intrinsic UAS ground risk class				
Max UAS characteristics dimension	1 m / approx. 3 ft	3 m / approx. 10 ft	8 m / approx. 25 ft	>8 m / approx. 25 ft
Typical kinetic energy expected	< 700 J (approx. 529 ft lb)	< 34 kJ (approx. 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (approx. 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (approx. 800 000 ft lb)
Operational scenarios				
VLOS/BVLOS over a controlled ground area ³	1	2	3	4
VLOS over a sparsely populated area	2	3	4	5
BVLOS over a sparsely populated area	3	4	5	6
VLOS over a populated area	4	5	6	8
BVLOS over a populated area	5	6	8	10
VLOS over an assembly of people	7			
BVLOS over an assembly of people	8			

Table 2 — Determination of the intrinsic GRC

Maariskiä voidaan lieventää eri keinoilla. Riskinlievennykseen on määritelty kolme eri lievennystoimenpiteiden kategorioita: M1, M2 ja M3. PDRA-G01:n tapauksessa maariskin lievennyskeinoina käytetään kategorioita M1 ja M3. M1-kategorian riskinlievennyksillä alustava maariskiluokka 4 lievennetään luokkaan 3. M3-kategorian riskinlievennyksillä maariskin luokka pysyy PDRA-G01:n tapauksessa muuttumattomana. (Kuva 5) PDRA-G01-taulukon vaatimukset sisältävät nämä lievennystoimet (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024). Lievennystoimien vaatimuksia käsitellään tarkemmin säännösten tulkinnassa, jossa M1-kategorian lievennyksiin otetaan kantaa luvussa 4.1.3 ja M3-kategorian luvussa 4.1.5.

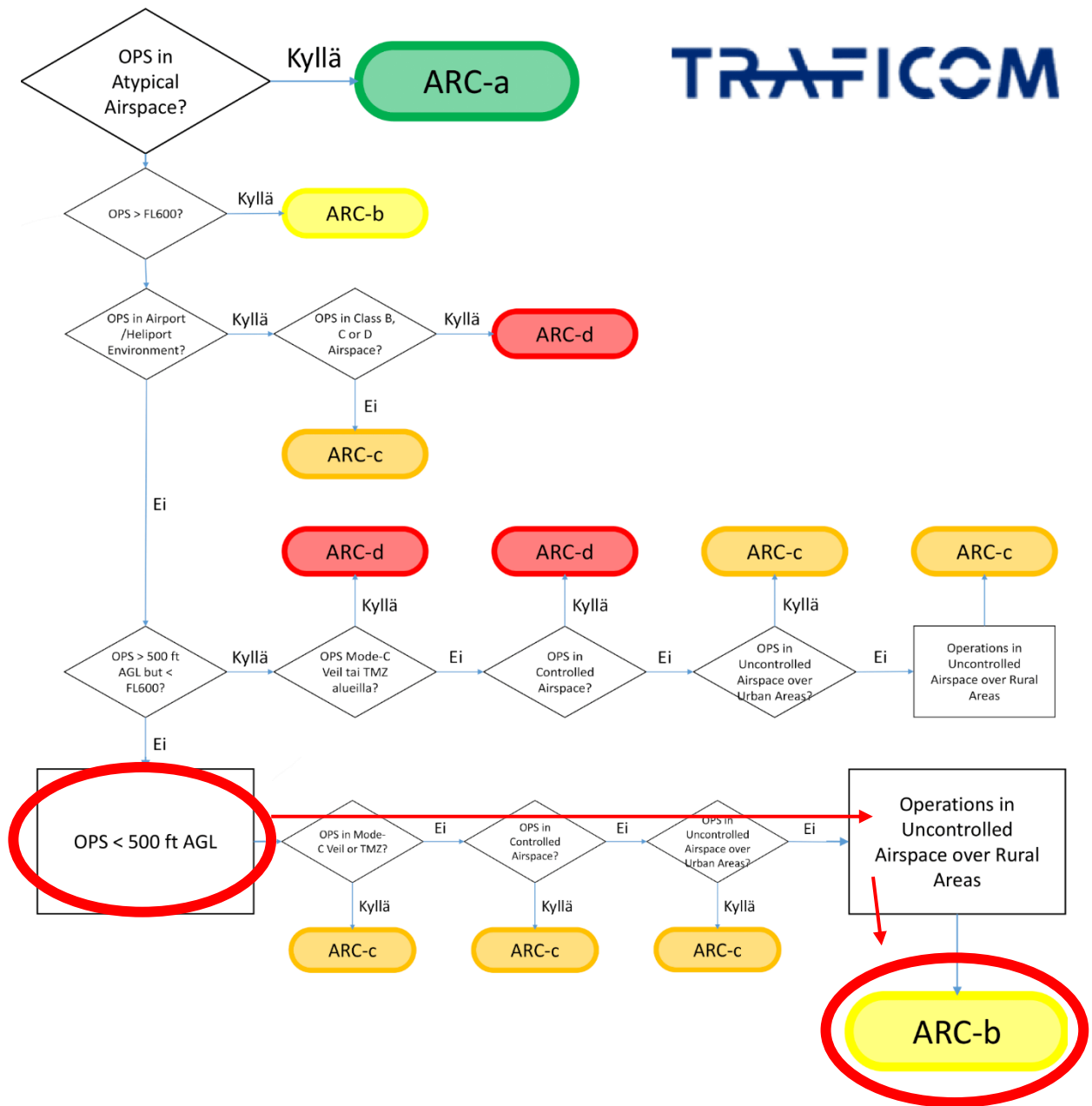
Kuva 5. Maariskin lieventäminen (EASA, 2022, s. 53).

Mitigation Sequence	Mitigations for ground risk	Robustness		
		Low/None	Medium	High
1	M1 — Strategic mitigations for ground risk ¹	0: None -1: Low	-2	-4
2	M2 — Effects of ground impact are reduced ²	0	-1	-2
3	M3 — An emergency response plan (ERP) is in place, the UAS operator is validated and effective	1	0	-1

Table 3 — Mitigations for final GRC determination

PRDA-G01:ssä ilmariski määräytyy suoraan tasolle ARC-b. Operaatiot toteutetaan maksimissaan 150 metrin korkeudella maanpinnasta, jonka lisäksi operaatiot sijoittuvat harvaan asutuille alueille valvomattomaan ilmatilaan. (Kuva 6) ARC-b-tasoista ilmariskiä ei ole SORA-prosessissa mahdollista lieventää tasolle ARC-a (EASA, 2022, s. 95). PRDA-G01 kylläkin mahdollistaa toiminnan myös ARC-a mukaisessa rajoitetussa ilmatilassa (EASA, 2022, s. 132). ARC-b:n mukaisia taktisen lieventämisen suorituskykyvaatimuksia (TMPR) sovelletaan luvussa 4.1.2.

Kuva 6. ARC-kaavio (Traficom, n.d.-a).



2.4 Erityinen-kategorian toimintalupa

Droneinfo listaa asioita liittyen toimintaluvan hakemiseen PDRA:n perusteella (Traficom, 2023c). Toimintalupahakemukseen operaattorin tulee liittää toimintäkäsikirja ja täytetty PDRA-taulukko. Lisäksi mahdolliset toimintäkäsikirjaa tukevat dokumentit, kuten koulutusdokumentaatio ja huolto-ohjelma, tarvitaan hakemukseen. Toimintalupahakemuksen vaiheet, hakemukseen tarvittavat liitteet ja ohjeet erityinen-kategorian toimintaluvan hakemiseen löytyvät Droneinfosta. (Traficom, n.d.-b)

Toimintakäsikirjan vaadittu sisältö ja laajuus riippuu operaatioiden kokonaisriskitasosta. Ennakkoriskiarviota PRDA-G01 noudatteleva toimintakäsikirja voidaan toteuttaa EASA:n julkaiseman SAIL II -mallikäsikirjan pohjalta. Traficom suosittelee vahvasti käyttämään mallikäsikirjaa, joka helpottaa jäljitettävyyttä ja tarkistettavuutta. (Traficom, 2023e)

Erityinen-kategorian toimintaluovasta Traficom perii vuosimaksun, jonka ensimmäinen maksu peritään hyväksyntää myönnettäessä ja se kattaa ensimmäisen vuoden. Toimintaluovan vuosimaksun hinta nousee, kun toimintavarmuuden riskinvähennysten taso kasvaa. Hinta PDRA G01:n pohjalta toimittaessa on asetuksen liitteen mukaan 400 €. (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus Liikenne- ja viestintäviraston liikennettä koskevista maksullisista suoritteista 1168/2023)

3 Tarkoitus ja tavoite

Työn tarkoituksena on lisätä tietoutta yksinkertaisten BVLOS-droneoperaatioiden vaatimuksista metsäalan toimijoiden keskuudessa. Tietoperustassa esitellyt asiat ovat jokaisen saatavilla, mutta useissa eri lähteissä, joiden pohjalta jää avoimia kysymyksiä useaan aiheeseen liittyen. Työn pohjalta tuotettuun luentomateriaaliin kootaan perusasiat selkeäksi kokonaisuudeksi ja mahdollistetaan aihetta käsittelevien luentojen pitäminen tulevaisuudessa.

Metsänkuvaustehtäviä on mahdollista suorittaa näköyhteyden ulkopuolella kohtuullisen matalalla riskitasolla ennakkoriskiarvion pohjalta haetulla toimintaluovalla. Metsätilat voidaan pääosin lukea harvaan asutuiksi alueiksi, jolloin maariski on vähäinen. Ennakkoriskiarviot mahdollistavat BVLOS-droneoperaatiot myös sellaisille toimijoille, joilla ei ole syvempää ilmailuun liittyvää tietämystä. Toimijan tulee tuki opiskella ja perehtyä aiheeseen, mutta ennakkoriskiarvion pohjalta toiminnan tulisi kuitenkin olla mahdollista ilman aiempaa kokemusta.

EASA:n ajatus toiminnan aloittamista helpottavista ennakkoriskiarvioista on hyvä, mutta riittävän selkeää ohjeistusta ei ole ja aihepiiriin liittyvät koulutukset ovat valtaosin maksullisia. Tämän työn luentomateriaalin on tarkoitus vastata toimintalupaprosessin peruskysymyksiin sellaisella tasolla, että uuden toimijan olisi ainakin helpompi arvioida omien kykyjensä riittävyys toiminnan aloittamiseen. Tavoitteena on selkeyttää toimintalupaprosessia siinä määrin, ettei mahdollisen uuden toimijan mielenkiinto lopataisi alkutekijöihinsä. Tämä on valitettavan yleinen tilanne, kun aiheeseen tutustuessa toimija törmää heti useisiin

kysymyksiä herättäviin asioihin. Työ on myös siinä mielessä yleishyödyllinen, että Traficom ei välttämättä tulevaisuudessa joudu vastaamaan samoihin peruskysymyksiin kerta toisensa jälkeen.

BVLOS-droneoperaatiot metsänkuvauksessa mahdollistavat ennen kaikkea toiminnan tehostamisen. Esimerkiksi tilakohtaisia metsäsuunnitelmia suurilla tiloilla voidaan tuottaa huomattavasti tehokkaammin, kun toiminnan ei tarvitse perustua näköyhteyteen. BVLOS mahdollistaa myös entistä laajemman metsätuhoalueiden, kuten kirjanpainaja-, myrsky- tai lumituhoalueiden kartoittamisen. Tunnettujen tuhoalueiden ympäristöstä voidaan valita mahdollisia kiinnostuksen kohteena olevia alueita ja toteuttaa laajemman alueen kartoitus yhdellä kertaa. Tässä opinnäytetyössä käsitelty ennakkoriskiarvio mahdollistaa teoriassa n. 300 ha kokoisen ympyrän muotoisen alueen kartoittamisen ilman lennätyspaikan vaihtamista, kun dronen maksimietäisyys ohjaajasta on 1 km ilman ulkopuolista tähystäjä. Tämä on jo erinomainen pohja aloittaa tuottavuutta parantavat droneoperaatiot, ja operaattorin harjaantuessa tehtävissään se voi tarvittaessa hakea myös joustavampaa toimintalupaa.

Erityinen-kategorian toimintalupa on toimijalle erittäin hyödyllinen myös siinä mielessä, että käytettävän kaluston voi valita vapaammin. Työssä käsitelty ennakkoriskiarvio mahdollistaa kohtuullisen suurten ja painavien, sekä kiinteäsiipisten että multiroottoristen, dronejen käytön. Suurempi kalusto mahdollistaa tyypillisesti tehokkaamman akuston ja pidemmän lentoajan. Suurempi drone voi kantaa tavallisen RGB-kameran lisäksi muutakin hyötykuormaa, kuten multispektrikameran tai laserkeilaimen. Tässä työssä ei oteta kantaa erilaisten kartoituslaitteiden käyttöön, mutta tekniikan kehittyessä tämäkin on huomionarvoinen asia.

4 Säännösten tulkinta ja soveltaminen metsänkuvaustehtäviin

Tässä luvussa esitellään EASA:n säännösten tulkinta ja soveltaminen PDRA-G01 pohjautuviin BVLOS-operaatioihin metsänkuvauksessa sekä Traficomien kommentit operaatioihin liittyen. Traficomien tuki säännösten tulkinnassa oli ensiarvoisen tärkeää. Tulkinnanvaraisiin asioihin liittyen haastateltiin Traficomien miehittämättömän ilmailun tarkastaja Kimmo Huovialaa sähköpostitse ja Microsoft Teamsin välityksellä.

Työn taustaksi tuotettiin toimintakäsikirjaluonnosta, jossa toimijan on tarkoitus suorittaa ennakkoriskiarvio PDRA-G01:n mukaista BVLOS-metsänkuvausta. Pohjana käytettiin

EASA:n julkaisemaa SAIL II -operaatioiden mallikäsi kirjaa (EASA, n.d.-f). Tämän myötä saatiin tuotua ilmi metsänkuvaukseen liittyvän toimintakäsikirjan kipukohdat ja avoimet kysymykset.

4.1 Toimintakäsikirja

Luvuissa 4.1.1-4.1.9 käsitellään toimintakäsikirjan vaatimuksia BVLOS-metsänkuvaukseen liittyen. Lukujen nimen perässä oleva kirjaintunniste viittaa EASA:n SAIL II -operaatioiden mallikäsi kirjaa vastaaviin lukuihin (EASA, n.d.-f, ss. 7-9).

EASA:n SAIL II -operaatioiden mallikäsi kirjassa on käytetty esimerkkinä VLOS-operaatiota. Jokaisen droneoperaattorin täytyy tehdä mallikäsi kirjaan täydennyksiä ja muutoksia, mutta seuraavissa alaluvuissa käsitellään etenkin niitä asioita, joihin operaattorin tulee kiinnittää huomiota BVLOS-operaatioita silmällä pitäen. PDRA-G01 asettaa vaatimuksia, joista voi suoraan päätellä valtaosan vaadittavista täydennyksistä.

Edellä mainittu mallikäsi kirja on dokumentti, jonka pohjalta droneoperaattori voi suunnitella oman toimintansa. Sisällysluettelo on kattava ja siinä on lueteltuna myös ne luvut, jotka operaattorin tulee täydentää suunnitellessaan BVLOS-operaatioita. Mallikäsi kirjassa jotkin näistä luvuista ovat tyhjiä, joten operaattorin vastuulle jää tuottaa sisältö. Tyhjien lukujen lisäksi voidaan karkeasti sanoa, että jokaisessa luvussa tulee olla annetun mallin lisäksi myös jotain operaattorin tuottamaa tekstiä. Myös n/a (not applicable, ei sovelleta) on hyväksyttävä luvun sisältö, jos operaattorin arvion mukaan kyseiseen aiheeseen ei tarvitse ottaa kantaa. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

4.1.1 Käsi kirjaa yleinen osa (A)

Mallitoimintakäsikirjaa yleinen osa (A) ei ole kovinkaan monimutkainen. Operaattorilla on oikeus muuttaa tai lisätä sisältöä yleisen osan lausuntoihin. Tähän osaan liittyen on kuitenkin hyvä selventää joitakin perusasioita.

Operaattori määrittää organisaationsa vastuuhenkilöt ja päättää, kuka allekirjoittaa dokumentit. Yleistäen voidaan sanoa, että vastuulliseksi johtajaksi ilmoitetun henkilön tulisi olla allekirjoittaja. Allekirjoittaminen ei vaadi nimenkirjoitusoikeutta, mutta henkilöllä tulee olla valtuutus allekirjoittaa kyseiseen toimintaan liittyvät viranomaisille toimitetut dokumentit. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

Mallitoimintakäsikirjan luku 1.8.1 sisältää lausekkeen, jonka mukaan kauko-ohjaajan on suoritettava joko A2- tai STS-koe (EASA, n.d.-f, s. 17). STS-kokeen suorittaminen on erittäin suositeltavaa opinnäytetyön luvussa 4.1.4 mainittujen asioiden vuoksi. Kokeiden järjestäjät ja sisällöt voi tarkistaa Droneinfosta (Traficom, 2023f). Samassa luvussa määritetään myös, että kauko-ohjaajan tulee käydä toimintakäsikirjansa osan D mukainen koulutus, kauko-ohjaajan tulee olla käynyt ERP-koulutus 12 kuukauden sisällä ja kauko-ohjaajan tulee olla suorittanut lento vastaavan kokoonpanon UAS:llä viimeisen 90 päivän aikana (EASA, n.d.-f, s. 17).

Yleisesti ottaen operaattori vastaa siitä, että hakemuksessa ilmoitetut vaatimukset täyttyvät. Kauko-ohjaajalle määritetyt päivämääräiset raja-arvot ovat esimerkinäkemyksiä. Operaattori voi esittää oman näkemyksensä esimerkiksi vaaditusta lentosuoritteesta 90 päivän sisällä, mutta esitysten tulee olla linjassa suunniteltujen operaatioiden riskiarvioiden kanssa. Määräpäivän umpeutuessa voi tulla kyseeseen kertauskoulutus, jonka sisällön määrittää tällä hetkellä operaattori itse. SAIL II -operaatioita koskevaa virallista koulutusohjelmaa ei ole vielä olemassa. On hyvä huomioida, että viranomainen toteuttaa tarvittaessa myös riskiperusteisia tarkastuksia droneoperaattoreille. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

4.1.2 Toimintamallit (B)

Toimintakäsikirjan osio B käsittelee lennätysoperaatioihin liittyviä toimintamalleja. Mallikäsikirjan sisältö on tässä osiossa melko kattava, mutta VLOS-toimintaan liittyvät asiat täytyy muuttaa vastaamaan BVLOS-toimintaa. Eniten selventämistä vaatii kohta 2.6 ”Procedures for TMPR” (Tactical Mitigation Performance Requirement, taktisen lieventämisen suorituskykyvaatimus), johon liittyen operaattorin täytyy lisätä oma toimintamallinsa. Tässä käsikirjan kohdassa operaattori kuvailee ilmariskin lieventämisen vaatimusten toteutumista, jotka määräytyvät PDRA-G01:n jäännösilmariskin ARC-b pohjalta tasolle matala (kuva 7). TMPR:n keinoja käytetään lieventämään edelleen riskejä, jotka vaativat huomiointia jäännösilmariskin määrityksen jälkeen. Tässä tapauksessa riskillä tarkoitetaan BVLOS-operaatioiden sisältämää riskiä törmätä muuhun ilma-alukseen. Operaattorin määrittämät keinot auttavat ohjaajaa havaitsemaan ja välttämään muuta ilmaliikennettä BVLOS-olosuhteissa.

Kuva 7. TMPR-vaatimus jäännös-ARC:n pohjalta (EASA, 2022, s. 57).

Residual ARC	TMPRs	TMPR level of robustness
ARC-d	High	High
ARC-c	Medium	Medium
ARC-b	Low	Low
ARC-a	No requirement	No requirement

Table 4 – TMPRs and TMPR level of robustness assignment

Matalan tason TMPR tarkoittaa sitä, että operaatiossa tulee kyetä havaitsemaan n. 50 % havaintoalueen miehitetystä ilmailusta. Dronen suorituskyvyn tulee olla sellainen, että se kykenee vähentämään lentokorkeuden 20 metriin alle 60 sekunnin kuluessa ohjauksikäskyn antamisesta. Vaihtoehtoisesti dronen tulee kyetä muulla tavoin väistämään lähestyvää ilma-alusta selvästi erossa pysyen. (Traficom, 2023g; EASA, 2022, s. 100)

EAR for UAS listaa keinoja, joilla matalan tason TMPR voidaan toteuttaa (EASA, 2022, ss. 58, 98-101). Operaattorin tulisi mielellään käyttää vähintään kahta eri keinoa. Esimerkkinä todettakoon, että pelkkä ilmailuradion kuunteleminen ei riitä (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024). Aiheeseen liittyen droneoperaattorin oma ilmoitus lennätystoiminnasta Flyk dronekarttaan ei ole virallinen keino, mutta se on kuitenkin erittäin suositeltavaa tehdä (Flyk, n.d.).

Edellä mainittujen TMPR:n toteutuskeinojen selventämiseksi on hyvä ymmärtää, että aihepiiriin liittyy käsite DAA (Detect And Avoid, havaitse ja väistä). TMPR:n laadulliset kriteerit ovat jaettu viiteen DAA:n alatoimintoon, jotka ovat: Detect, Decide, Command, Execute ja Feedback Loop (kuva 8). Detect-osan toteutuksen suunnittelu jää käytännössä täysin operaattorin vastuulle, eikä mallikäsikirja anna siihen esimerkkiä. Tämän vuoksi työssä käsitellään tarkemmin Detect-osan mahdollista toteutusta ja muiden osien sisältö avataan lyhyesti.

Kuva 8. Detect, Decide, Command, Execute ja Feedback Loop (EASA, 2023, s. 55).

Tactical

Step #6
(Annex D)

Once the residual ARC is defined, make sure that, in case of encounter another aircraft:

- You are able to **detect** the presence of other aircraft
- Your procedures and training are good enough to enable the remote pilot to **decide** how to separate from the other aircraft
- Latency of the command and control link are sufficient to proper **command** the UA
- The drone's performance are good enough to **execute** the separation procedure
- You are able to understand the effectiveness of the action taken through a **feedback loop**

Decide-osaan on annettu esimerkki mallikäsi kirjassa ja sillä tarkoitetaan päätöstä vähentää korkeutta, jos havaitaan toiminnan vaarantava muu ilma-alus (EASA, n.d.-f, s. 30).

Command ja Execute ovat otettu huomioon laitteen teknisten ominaisuuksien vaatimuksissa PDRA-G01-taulukossa. Feedback Loop tarkoittaa karkeasti sitä, että ohjaaja pystyy tulkitsemaan suoritettujen toimenpiteiden vaikutukset. Kun käytetään elektronisia apuvälineitä ilmaliikenteen havainnointiin, niin tietojen tulee olla ohjaajan saatavilla riittävällä päivitystaajuudella ja viiveellä. (EASA, 2022, ss. 99-101)

Detect-osan vaatimukset voidaan toteuttaa karkeasti seuraavilla toimintamalleilla: Seurataan liikennettä verkkopohjaisten reaaliaikaisten ilmaliikenteen seurantapalveluiden kautta niiltä osin, kuin se on mahdollista. Tähän tarkoitukseen soveltuvat esimerkiksi Flightradar24, ADSBExchange, Radarbox ja Open Glider Network. Operaattorin tulee perehtyä siihen, miten seurantapalveluiden tarjoamat tiedot eroavat toisistaan. Verkkopohjaisten ilmaliikenteen seurantapalveluiden hyödyntäminen on käytännössä välttämätön vaatimus liikenteen seurantaan ja vahva viranomaisen tulkinta minimitasosta (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 19.2.2024). Operaattori tuo toimintakäsikirjassaan ilmi, että metsänkuvausta toteutetaan alueilla, joilla todennäköisyys kohdata muuta ilmaliikennettä on

vähäinen. Operaattori tekee asianmukaisen taustakartoituksen lennätysalueista. Jos alueella on kohonnut todennäköisyys kohdata esimerkiksi Puolustusvoimien matalalla tapahtuvaa lentoharjoitustoimintaa, niin operaattori koordinoi toiminnan Puolustusvoimien kanssa. Jos saadaan näkö-, kuulo-, tai muu havainto mahdollisen vaaratilanteen aiheuttavasta ilmaliikenteestä, alennetaan lentokorkeus välittömästi turvalliselle tasolle.

PDRA-G01 määrittää BVLOS maksimietäisyyden 1 kilometriin ohjaajasta, jos lennätys toteutetaan yksin. Etäisyysrajoitetta käytettäessä voidaan olettaa, että ohjaajalla on mahdollisuus tarkkailla pääosaa ilmatilasta, jossa lennätys tapahtuu. Näin ollen voidaan myös olettaa, että ohjaaja kykenee visuaaliseen havainnointiin ja verkkopohjaisiin seurantapalveluihin tukeutuen havaitsemaan vähintään 50 % lähestyvistä ilma-aluksista. TMPR edellyttää, että liikenne havaitaan ja ehditään suorittaa tarvittavat väistöliikkeet ennen, kuin lähestyvä miehitetty ilma-alus edes havaitsee dronea. Voidaan ajatella, että 1 kilometrin maksimietäisyys liittyy siihen, että muu liikenne havaitaan riittävän kaukaa (yli 1 km). Tällöin ohjaajalle jää aikaa suorittaa väistö, jonka suorituskykyvaatimukseksi PDRA-G01 määrittää lentokorkeuden laskemisen nopeudella 2,5 m/s. Vaatimuksena on käytännössä siis se, että muu liikenne tulisi havaita väistösuorituskyvyn mukaisen ajan määrittämällä etäisyydellä. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 19.2.2024) PDRA-G01 voidaan mieltää operaatioksi, jossa käytetään avustettua näköyhteyttä (EVLOS, Extended Visual Line Of Sight), koska etäisyyden kasvattaminen edellyttää avustavan ilmatilatarkkailijan käyttöä. Näin ollen ohjaajan sekä ilmatilatarkkailijan toteuttama tähyttäminen on tärkeä, ellei tärkein osa TMPR:n toteutusta PDRA-G01:ssä. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 25.3.2024)

Joissakin tapauksissa lisäksi radioliikenteen seuranta skannerilla on vartenotettava TMPR:n toteutusvaihtoehto. On huomattava, ettei ilmailuradion kuuntelu ole järkevä keino, jos toiminta-alue on kaukana lentopaikoista. Tällöin ei ole selkeää jaksoa, jota kuunnella. Lisäksi ilma-alukset saattavat ilmoittaa sijaintinsa melko harvoin. Radioliikenteen seuranta ei ole ensisijainen käytäntö edellä mainittujen ongelmien takia. Paikassa, jossa voi odottaa olevan radioliikennettä, se voi toimia. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 19.2.2024)

Paras tapa Detect-osan toteutukselle on ADS-B in -järjestelmä, joka on sisäänrakennettu joihinkin droneihin (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 19.2.2024). Muita vaihtoehtoja haluttiin kuitenkin selvittää sen vuoksi, että ko. tekniikkaa ei vielä hyödynnetä läheskään kaikissa markkinoilla olevissa droneissa. Saatavilla olevat Detect-osan kattavat järjestelmät voidaan asettaa seuraavaan paremmuusjärjestykseen (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 19.2.2024):

1. ADS-B in
2. Verkkopohjaiset reaaliaikaiset ilmaliikenteen seurantapalvelut
3. FLARM
4. Ilmailuradio

4.1.3 Lennätysalueet (C)

Lennätysalueen ei ole pakko olla kiinteä, ennalta määritetty alue (EASA, 2022, ss. 284-286). Metsänkuvauksessa kohde voi vaihtua esimerkiksi siirryttäessä metsätilalta toiselle, jolloin on tarpeen määrittää lennätysalueen kiinteät ominaisuudet. Ominaisuuksien täytyy olla sellaiset, että lopullinen riskitaso on SAIL II, eli PDRA-G01:n pohjautuvassa BVLOS-toiminnassa ilmariski ARC-b ja GRC 3. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lennätysalueen on aina oltava valvomatonta ilmatilaa, joka on alle 150 m korkeudella maanpinnasta harvaan asutulla alueella (Traficom, 2023d). Harvaan asutulle alueelle ei ole virallista määritelmää, mutta voidaan olettaa, että EASA:n workshop-materiaalissa mainittu 250 ihmistä/km² on suuntaa antava määritelmä (EASA, 2023, s. 31). Toiminnalle määritetään viereinen alue (adjacent area), jolla pyritään varmistamaan, ettei drone päädy häiriötilanteessakaan väkijoukon päälle tai valvottuun ilmatilaan. Viereisen alueen vähimmäisvaatimukset avataan luvussa 4.2.1.

Kun operaattori hakee koko Suomen kattavaa toimintalupaa, sen tulee ottaa toimintakäsikirjassaan huomioon joustavan toimintaluvan tuoma vastuu. Joillakin toiminta-alueilla saattaa olla kohonnut todennäköisyys kohdata ilmaliikennettä, jota ohjaaja ei kykene itse riittävän nopeasti havaitsemaan. Käytännössä tämä tarkoittaa Puolustusvoimien harjoittamaa nopeaa, matalalla tapahtuvaa lentotoimintaa. Operaattorin tulee itse tuoda ilmi keinot, joilla arvioidaan, onko edellä mainittu lentotoiminta todennäköistä. Keinoja toteutukseen ovat esimerkiksi AIP Supplementtien eli ilmailutiedotusten tarkastaminen mahdollisten Puolustusvoimien harjoitusalueiden varalta ja Ilmavoimien aktiivisimpien harjoitusalueiden selvittäminen. Aktiivisimmilla alueilla toimintaa tulee koordinoita Ilmavoimien kanssa. Kun operaattori esittää nämä asiat itse toimintakäsikirjassaan, on myös viranomaisen helppo havaita, että asiat on otettu huomioon. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024) Ilmavoimat tiedottaa harjoitustoiminnastaan verkkosivustollaan. Tiedotteissa julkaistaan pääsääntöisesti harjoitusalue, toiminnan luonne ja lisätietoja antava henkilö eli useimmiten harjoituksen johtaja. (Ilmavoimat, n.d.) Kyseiseen asiaan ei voida tässä työssä antaa yleispätevää ohjeistusta, sillä Ilmavoimien harjoitustoiminnan aktiivisuus vaihtelee alueellisesti paljon.

PDRA-G01:n pohjalta toimiessaan operaattorin tulee käyttää toiminnassaan M1-kategorian maariskin lievennystoimia. Maariskin lieventämiseksi PDRA-G01:n kohta 3.6 edellyttää, että hakija arvioi toiminta-alueen paikan päällä tehtävällä tarkastuksella (EASA, 2022, s. 134). Toimijan tulee myös pystyä perustelemaan maassa riskille alttiina olevien ihmisten alhainen määrä toiminta-alueen ja maariskipuskurin sisällä. Käytännön toteutus voi olla esimerkiksi seuraavanlainen: Operaattori toteaa kartalta ennakkoon, että kyseessä on harvaan asuttu alue, kuten metsätilat usein ovat. Ennen lennätystä tehdään varmistukseksi visuaalinen tarkastelu lennätyspaikalta. Jos lennätyksen aikana huomataan dronen kameran kautta jotakin poikkeavaa, kuten väkijoukko, toiminta keskeytetään. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

PDRA-G01 mahdollistaa operaatiot yli 120 metrin korkeudella, jolloin ylärajaksi voidaan määrittää 150 metriä (EASA, 2022, s. 135). PDRA-G01-taulukon aihetta käsittelevät kohdat ovat hyvin tulkinnanvaraisia. Termistön käyttö on taulukossa ristiriitaista, joten asiaan pyydettiin selvennystä viranomaiselta.

Operaatiot välillä 120-150 m edellyttävät erityisiä, tarkemmin kuvattuja menettelyjä siitä, ettei lentokorkeus missään vaiheessa ylitä 150 m (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 20.2.2024). Operaattorin tulee kehittää asianmukaiset toimintamallit, jottei toiminnasta aiheutuisi vaaraa muille ilmatilankäyttäjille. Jos tarvetta 150 m lentokorkeudelle ei ole, niin operaatiot kannattaa suunnitella toteutettavaksi alle 120 m tästä koituvan lisätyön vuoksi.

Operaattorilla voi kuitenkin olla tarve nostaa maksimilentokorkeus 150 metriin.

Lentokorkeuden nostamisesta aiheutuvia vaatimuksia kuvataan kohtuullisen yksiselitteisesti PDRA-S02-taulukossa (EASA, 2022, s. 191). PDRA-S02-taulukon kohta 5.3.6 edellyttää, että jos operaatioita suoritetaan 120-150 metrin korkeudessa, ohjaajan tulee saada lisäteoriakoulutusta seuraavista aiheista (EASA, 2022, s. 191):

- Ilmariskin tiedostaminen ja muut ilmatilankäyttäjät.
- Korkeuden määritys- ja rajoituslaitteiden tarkkailu.
- Toimintamallit ohjaajan ja avustavien ilmatilantarkkailijoiden väliseen koordinointiin.
- Soveltuvien toimintamallien käyttäminen, jos miehitetty ilma-alus havaitaan.

Edellä mainitut menettelyt ovat sinällään riittävät ja niiden tulee olla kuvattuna toimintakäsikirjassa. Kun menettelyt ovat sisällytetty toimintakäsikirjaan ja drone kykenee suorittamaan väistön matalan tason TMPR-vaatimusten mukaisessa ajassa, niin suunniteltu lentokorkeus voidaan nostaa 150 m korkeudelle asti. Lisäksi edellytetään, että dronen

paikannus ja ohjaus ovat riittävän suorituskykyiset säilyttämään tämän korkeuden. Tiivistelmänä voidaan sanoa, että operaatioiden tapahtuessa välillä 120-150 m, tulee ohjaajan olla tavallista valppaampi suorittamaan väistö ja seuraamaan toiminta-alueella pysymistä. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 20.2.2024) Esimerkkitapauksia ei toistaiseksi ole. Operaattori voi esittää näkemyksensä viranomaiselle, joka arvioi, saavutetaanko toimilla riittävä turvallisuustaso. Viranomainen voi joko hylätä operaattorin ehdotuksen tai pyytää lisäselvitystä. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024)

4.1.4 Koulutus (D)

Mallikäsikirjan osassa D, koulutus, operaattorin tulee esitellä koulutusohjelmansa. Koulutusohjelman sisällön tulee olla vaatimusten mukainen. Ulkopuolisen toimijan tarjoamaa koulutusohjelmaa on mahdollista käyttää, mutta se ei ole pakollista.

Operaattori voi suunnitella ja toteuttaa koulutusohjelmansa itse sillä edellytyksellä, että se kykenee osoittamaan koulutusohjelman olevan tehokas (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024). Droneinfossa asia on ilmaistu siten, että operaattorilla on oltava koulutusohjelma, jolla varmennetaan kauko-ohjaajan koulutus listattujen vaatimusten mukaisesti. Asioiden tulee olla kuvattuna toimintakäsikirjassa otsikkotasolla, mutta yksityiskohtainen kuvailu ei ole välttämätöntä. Toimintakäsikirjassa tulee kuitenkin avata sisältöä hieman omaan toimintaan soveltaen. Listatut vaatimukset voi tarkastaa Droneinfosta PDRA-G01-alaotsikon alta. (Traficom, 2023c)

Mallikäsikirjassa esitetään, että ohjaajan tulee suorittaa A2- tai STS-koe (EASA, n.d.-f, s. 17). Teoriassa A2-kokeen suorittaminen voi riittää joidenkin operaattorien toiminnassa, mutta STS-kokeen suorittaminen on erittäin suositeltavaa. EAR for UAS listaa ohjaajan teoriakoulutuksen yksityiskohtaiset vaatimukset (EASA, 2022, ss. 314-317). Karkeasti voidaan todeta, että STS-kokeen sisältö kattaa lähes kaiken teoriakoulutusvaatimuksista joitakin BVLOS-toimintaan liittyviä poikkeuksia lukuun ottamatta. Droneinfosta löytyvä itseopiskelumateriaali on erinomainen pohja teoriakoulutukselle (Traficom, 2023b). Teoriakoulutuksen lisäksi vaatimuksena on dronen lennätyksen käytännön koulutus (EASA, 2022, ss. 317-319).

Lennätysoperaatioihin liittyvän avustajan tulee omata tehtävänsä edellyttämä riittäväksi katsottava koulutus. Joissakin tapauksissa voi olla tarpeen käyttää avustajaa operaation toteuttamiseksi, mutta kuten PDRA-G01 vaatimuksissa todetaan, myös yksin operointi on

täysin mahdollista. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024) Avustajan koulustarve riippuu siis täysin siitä, millaisia avustavat tehtävät ovat luonteeltaan.

Tulevaisuutta ajatellen on hyvä tietää, että EASA on suunnittelemassa erityinen-kategorian kauko-ohjaajille suunnattua koulutusohjelmaa (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024). Koulutusohjelma voi toteutuessaan selkeyttää toimintalupaprosessia, mutta on huomioitava, että se saattaa asettaa myös lisävaatimuksia. Ei ole kuitenkaan täysin varmaa, vaikuttaako koulutusohjelman julkaisu operaattorin oman koulutusohjelman vaatimuksiin.

4.1.5 Häätätilannesuunnitelma (E)

PDRA-G01:n kohta 4.1.6 edellyttää Medium-tason häätätilannesuunnitelman eli ERP:n käyttöä (EASA, 2022, s. 137). Tällä saavutetaan tietoperustan luvussa 2.3 esitelty M3-kategorian mukainen maariskin lievennys. Droneinfossa on hyvä tiivistelmä Medium-tason ERP:n minimisisällöstä (Traficom, 2023c):

- Suunnitelma toimenpiteistä häätätilanteessa.
- Vastuut ja tehtävät häätätilanteessa.
- Toiminnan koordinointi häätätilanteessa muiden tahojen kanssa (esim. poliisi, pelastuspalvelu).
- Ohjeistus normaalitoimintaan palaamisesta, kun se on jälleen mahdollista.

Pelkistettynä voidaan todeta, että Medium-tason ERP:n tulee olla riittävän tehokas suojaamaan tai pelastamaan mahdollisen onnettomuuden uhreja. ERP:n tulee pyrkiä mahdollisimman hyvin ehkäisemään vahingoittuneen ihmisen kuolema. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024) EAR for UAS listaa tarkemmat tiedot Medium- ja High-tason ERP:n vaatimuksista (EASA, 2022, ss. 293-299).

EASA:n mallikäsikirjan käsitellessä VLOS-operaatioita operaattorin tulee ottaa huomioon mahdolliset BVLOS-operaatioiden tuomat muutokset myös ERP:n liittyen. Mallikäsikirjassa on kuitenkin hyvä esimerkki ERP:stä. Medium-tason ERP:n tehokkuuden arvioi viranomainen, kun taas High-tason ERP täytyy arvioida ulkopuolisen tahon toimesta. Myös ulkopuoliset lisäkoulutukset ovat aiheellisia silloin, jos ERP:n taso on High. Maariskin noustessa korkeaksi ulkopuoliset lisäkoulutukset voivat olla tarpeellisia myös SAIL II -operaatioissa. Ulkopuolisia koulutuksia voivat olla esimerkiksi ensiapukurssit. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

4.1.6 UAS:n tekniset tiedot (T)

Mallikäsi kirjan osassa T operaattori tulee kuvata käyttämänsä UAS:n kaikki tarvittavat tekniset tiedot yksityiskohtaisesti. Mallissa on kuitenkin seuraava huomautus: ”Jos tiedot sisältyvät UAS:n valmistajan ohjeisiin, niin tämä luku voidaan korvata viittauksella ohjeisiin tai luku voi sisältää vain puuttuvat tiedot.” (EASA, n.d.-f, s. 43) Toimintakäsikirjan UAS:n teknisiä tietoja käsittelevä osa on siis kohtuullisen helppo luoda, kun kyseessä ovat sarjatuotetut, tunnetun valmistajan laitteet.

Dronen C-luokan merkintä ei ole pakollinen, mutta helpottaa siinä mielessä, että operaattori voi olla varma dronen käyttökelpoisuudesta. C-luokan omaavan dronen tekniset ominaisuudet tunnetaan varmasti ja näin ollen tiedetään, mitkä vaatimukset se täyttää. Kattavan erittelyn järjestelmän teknisistä tiedoista vaativat esimerkiksi asiakkaalle räätälöidyt laitteet, joiden teknisiä tietoja ei tunneta. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

4.1.7 Huolto (M)

Laitteiston huoltoon ja huoltojen seurantaan liittyvät vaatimukset kuvataan osassa M. Mallikäsi kirja sisältää huoltoon liittyviä lausekkeita, jotka operaattori tulee sisällyttää toimintakäsikirjaansa. Lisäksi osan tulee sisältää omat alalukunsa käytössä olevien UAS:n huoltoon liittyen.

Sarjatuotetuilla laitteilla huolto-osassa kuvataan valmistajan ilmoittamat tavat, joilla laitteita tulee huoltaa. Kuvauksen tulee sisältää huoltotoimenpiteet ja valmistajan vaatimukset eri toimenpiteissä. Myös UAS:n kuluvien osien, kuten akkujen ja moottoreiden käyttöikä tuodaan ilmi. Asiat voidaan kirjata toimintakäsikirjaan, mutta myös viittaukset aihetta käsitteleviin valmistajan dokumentteihin hyväksytään. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

Yleisesti laitteiden käyttöohjeissa on tuotu ilmi, mitä huoltoja käyttäjä voi tehdä itse. Nämä ovat esimerkiksi pienehköjä huoltoja ja ohjelmistopäivityksiä. Kattavammat huollot ja mahdolliset vuosihuollot tekee useimmiten vain valmistajan hyväksymä taho. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

4.1.8 Toimintakäsikirjan liitteet

Mallikäsikirjan luku 8 sisältää liitteet, joihin aiemmissa osissa on viitattu. Malli sisältää kattavasti tarpeelliset liitteet, kuten lupien seurannan, lokikirjat ja tarkastuslistat. Operaattori voi käyttää mallin tulostettavia liitteitä, mutta monet kohdista on järkevämpi toteuttaa sähköisellä seurannalla.

Lupien seurantaan ja lokikirjoiksi käyvät viranomaiselle esimerkiksi Excel-taulukot. Lentojen taltiointi voidaan toteuttaa myös esimerkiksi Microsoft Teamsin lomakkeiden avulla. Viranomainen ei aseta seurannan toteutukselle varsinaisia rajoitteita, kunhan otsikkojen mukaiset tiedot tallennetaan hyväksi osoitetulla tavalla. Kaikki relevantit tiedot voidaan tallentaa esimerkiksi matkapuhelimella, jonka kautta ne siirretään pilvipalveluun. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024) Pilvipalveluun tallentaminen mahdollistaa helpomman lentojen seurannan, jonka lisäksi operaattorin on mahdollista hakea eriteltyä tietoa lennoista siihen soveltuvilla ohjelmistoilla.

4.1.9 Muut toimintakäsikirjaan liittyvät asiat

Yleisesti ottaen toimintakäsikirja ja muut dokumentit voidaan tuottaa sähköisessä muodossa, mutta toimintalupahakemuksessa dokumentit tulee toimittaa viranomaiselle PDF-tiedostoina. Jos toimintakäsikirjaan tulee vähäistä suurempi muutos, se tulee toimittaa uudelleen viranomaiselle. Jos esimerkiksi henkilö, jolla ei ole suurta merkitystä vaihtuu organisaatiossa, on kyseessä vähäinen muutos. Tällöin uutta versiota ei tarvitse lähettää. Jos taas esimerkiksi käytettävä kalusto muuttuu, tehdään toimintakäsikirjasta uusi versio, joka tulee toimittaa viranomaiselle (toimintaluvan muutoshakemus). (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

Kun yrityksessä tapahtuu sellaisia järjestelyjä, joiden myötä dronea operoiva yrityksen yksikkö päätyykin uuden Y-tunnuksen alle, niin toimintalupa ei ole enää voimassa. Operaatioita toteuttavaan alihankkijaan edellä mainittu ei päde, eli operaattorin alihankkijan vaihtumisella ei ole vaikutusta toimintalupaan. Luvanhaltija ja operaattori on toimintaluvan hakenut organisaatio ja toimintaa tehdään luvanhaltijan operaattoritunnuksella. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024) Toimintalupaa ei voida siirtää operaattorilta toiselle (EASA, 2022, s. 335).

4.2 PDRA-G01

Tässä luvussa tulkitaan tarkemmin vaatimuksia, joita PDRA-G01 asettaa operaatioille. Vaatimuksia on kuvattu suomeksi Droneinfossa ja sivusto on erittäin oleellinen lähde Suomessa tapahtuvien PDRA-G01-operaatioiden kannalta (Traficom, 2023c). Sivustolla ei ole avattu kaikkia vaatimuksia yksiselitteisesti, joten ko. sivuston sisältö pyritään avaamaan mahdollisimman selvästi alaluvussa 4.2.1.

PDRA-G01:n pohjautuvan toimintaluvan ja toimintakäsikirjan yksityiskohtaisia vaatimuksia esitetään PDRA-toiminnan kuvaus ja ehdot -taulukossa (EASA, 2022, ss. 131-148). Myös taulukko sisältää tiettyjä kohtia, joiden sisältöä tai toteutusta on hyvä selventää, jotta ne aiheuttaisivat vähemmän kysymyksiä tulevaisuudessa. Huomiota vaativat kohdat ja lyhyet vastaukset esitellään alaluvussa 4.2.2.

4.2.1 PDRA-G01 Droneinfossa

PDRA G01:ssä dronen suurin mahdollinen ristimita on 3 metriä ja törmäysenergia saa olla maksimissaan 34 kJ (Traficom, 2023c). Multikoptereilla laskukaavana voidaan käyttää $E = (m^2hg) / 2$, jossa E = energia (Joule), m = massa (kg), h = korkeus (metriä), g = maan vetovoima (m/s). Esimerkkinä 40 kg painoinen multikopteri, joka putoaa 30 m korkeudelta: $E = (40^2 * 30 * 9,81) / 2 = 11772 \text{ J} \approx 12 \text{ kJ}$. Samalla laskukaavalla 1 kg painoisen dronen pudotessa 120 m korkeudelta törmäysenergia on n. 1,2 kJ.

Toiminnan viereisen alueen (adjacent area) tulee kooltaan vastata dronen 3 minuutissa kulkemaa matkaa suurimmalla vaakalentonopeudella, mutta sen on oltava kuitenkin vähintään 5 km. Jos tällä viereisellä alueella on esimerkiksi lentokenttä tai väkijoukko, niin laitteelle asetetaan tiukempia järjestelmävaatimuksia (Traficom, 2023d). Tällaisissa tilanteissa operaattorin kannattaa harkita toimintaa avoimen kategorian sääntöjen puitteissa, eli käytännössä suorassa näköyhteydessä. Metsänkuvaustehtävissä tällaisia alueita voisivat olla esimerkiksi metsätilojen reunakaistat, jotka ovat liian lähellä tiheää asutusta, mutta jotka ovat kuitenkin tarkoitus kuvata saman operaation yhteydessä. Lentokenttien lähellä toimittaessa tulee ottaa huomioon etäisyys valvottuun ilmatilaan tai rajoittaviin UAS-ilmatilavyöhykkeisiin, jotka ovat esitetty visuaalisesti Flyk dronekartalla (Flyk, n.d.).

BVLOS-operoinnin laitevaatimuksena on FTS-järjestelmä (Flight Termination System, lennon keskeytysjärjestelmä). Kun kyseessä on metsänkuvaustehtävä harvaan asutulla alueella, jonka viereisellä alueella ei ole väkijoukkoa tai valvottua lähi-ilmatilaa (CTR), niin

käytännössä vaatimusta tehokkaalle FTS-järjestelmälle ei ole. Tehdastekoisten dronejen oma FTS-järjestelmä on riittävä, eli ns. Basic containment -kykyinen. FTS-järjestelmäksi voidaan käsittää roottoreiden pakkopysäytys, kun taas Return-to-Home-toiminto on enemmänkin normaalitoimintaa. Erillinen FTS ja laskuvarjo tulee kyseeseen sitten, kun toimitaan tiheästi asutuilla alueilla. Tällöin puhutaan Enhanced containment -vaatimuksista. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 13.12.2023)

Kauko-ohjaajalta vaadittava koulutus käsitellään opinnäytetyön luvussa 4.1.4 ja Medium-tason ERP luvussa 4.1.5. Turvavaatimukseen liittyviä asioita käsitellään luvussa 4.2.2. Laitteen suunnitteluvaatimukset eivät aseta rajoitteita niin kauan, kun käytössä ovat teollisesti sarjatuotetut laitteet. Muiden laitteiden osalta aihetta sivutaan luvussa 4.1.6. Lennätys välillä 120-150 m valvomattomassa ilmatilassa käsitellään luvussa 4.1.3.

Droneinfo esittää PDRA-G01:n varailmatilaan (contingency volume) liittyen seuraavaan lauseen (Traficom, 2023c): "Operaattori voi vapaasti määrittää varailmatilan koon, mutta contingency-toimenpiteet tulee olla." Tämä ei varsinaisesti pidä paikkaansa, koska varailmatilan koolle on asetettu minimivaatimus. Varailmatilan minimikoko on kymmenen metriä, tai jos dronen nopeus on yli 5 m/s, varailmatilan tulee olla vähintään dronen 2 sekunnin aikana kulkema matka (Traficom, 2023g). Varailmatilan laskemista varten on myös annettu kaava mallikäsikirjassa, jonka käyttö tulee kyseeseen etenkin silloin, jos kalustona on kiinteäsiipinen drone (EASA, n.d.-f, ss. 35-36). Laskukaava perustuu Saksan ilmailuviranomaisen (LBA) ohjeistukseen ja sen käyttöä on selvennetty saman organisaation tuottamassa materiaalissa, josta löytyvät esimerkkilaskelmat sekä multikopterille että kiinteäsiipiselle dronelle (LBA, 2023, ss. 12-15).

4.2.2 PDRA-taulukon lisähuomiot

Tämä luku sisältää tarkennukset niihin tulkinnanvaraisiin PDRA-G01-taulukon kohtiin, joita ei käsitelty aiemmissa luvuissa (EASA, 2022, ss. 131-148). Tarkoituksena on tuoda vielä ilmi ne kohdat, joiden tulkintaan tarvittiin viranomaisen tukea opinnäytetyötä tehdessä, jottei samoja asioita tarvitsisi kysyä viranomaiselta enää tulevaisuudessa.

PDRA-G01 kohta 1.11.2: "In a segregated area (corresponding to an air risk that can be classified as ARC a)". (EASA, 2022, s. 132) Alueella tarkoitetaan joko itse haettua tai olemassa olevaa rajoitettua ilmatilaa. Toiminta edellyttää alueen hakeneen tahon hyväksynnän. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 24.1.2024)

PDRA-G01 kohta 1.11.3: "As otherwise established by the Member States in accordance with Article 15 (with an associated air risk that can be classified as not higher than ARC-b)". (EASA, 2022, s. 133) Tämä tarkoittaa sitä, että alueella on Artikla 15:n mukainen ilmatila ja sitä on oikeus käyttää. Artikla 15:n mukainen ilmatila voi tarkoittaa esimerkiksi sallivaa UAS-ilmatilavyöhykettä. Ilmariskiluokan tulee kuitenkin olla korkeintaan ARC-b. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024)

PDRA-G01 kohta 1.12: "The UA should be operated in an area where flight visibility is greater than 5 km". (EASA, 2022, s. 133) Sääarvion tekee ilma-aluksen päällikkö, oli sitten kyseessä näkyvyys tai muut sääolosuhteet. Toiminta-alueen saatavilla olevia säätietoja voidaan käyttää ennakoarviointiin. Ilmailun sää tiedotteet, kuten Ilmailusää tai Drone Forecast, eivät kata kaikkia syrjäisiä alueita, joten kaikkia saatavilla olevia säätietoja kannattaa käyttää. Lopullinen sääarvio on kuitenkin tehtävä lennätyspaikalla. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024)

PDRA-G01 kohta 3.13.4: "Communication with each AO is established and effective". (EASA, 2022, s. 136) Kommunikaatioon ohjaajan ja avustavan ilmatilatarkkailijan (AO, Airspace Observer) välillä ei ole teknisiä vaatimuksia, kunhan yhteydenpitomenettely on luotettava. Myös jatkuvasti auki oleva matkapuhelinyhteys on soveltuva keino, jos sen voi todeta luotettavaksi. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024)

PDRA-G01 kohta 3.13.5: "If means are used by the AOs to determine the position of the UA, those means are functioning and effective". (EASA, 2022, s. 136) Dronen sijainnin määrittämiseen voidaan käyttää esimerkiksi erillistä lisänäyttöä. Avustavan ilmatilatarkkailijan lisänäyttö ei ole pakollinen, mutta tuo lisäarvoa. Jos lisänäyttöä käytetään, sen tulee olla selkeästi luettava eikä se saa häiritä avustavan tarkkailijan toimintaa. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024) Esimerkkinä lisäarvoa tuovasta laitteesta voidaan mainita suomalaisen Anarky Labsin kehittämä AirHUD, jolla sekä ohjaaja että avustava tarkkailija voivat havainnoida ympäröivää ilmatilaa ja mahdollisesti myös lennokin sijaintia (Anarky Labs, n.d.).

PDRA-G01 kohta 4.1.3: "Develop measures to protect the UAS against unlawful interference and unauthorised access". (EASA, 2022, s. 136) Kun käytetään tehdasvalmisteisia droneja, niin ilma-aluksen ja ohjaajan välisen yhteyden voidaan olettaa olevan suojattu riittävän hyvin. Operaattorin vastuulle jää ilma-aluksen turvallinen säilyttäminen silloin, kun drone ei ole käytössä. Mallikäsikirjan kohta 1.2 (EASA, n.d.-f, s. 12) sisältää tähän liittyvän lausekkeen, joka ei kuitenkaan ole sellaisenaan riittävä. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto,

31.1.2024) Operaattorin tulee siis ilmaista toimintakäsikirjassaan tavat, joilla dronea säilytetään turvallisesti ja siten, ettei se ole alttiina ilkivallalle tai varkaudelle. Myös dronella kerättyjen tietojen säilytykseen tulee ottaa kantaa.

PDRA-G01 kohta 4.1.4: "Develop procedures to ensure that all operations comply with Regulation (EU) 2016/679 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data –". (EASA, 2022, ss. 136-137) Mallikäsikirjan kohta 1.2 (EASA, n.d.-f, s. 12) kattaa tämän vain osittain, joten operaattorikohtaisia lisäyksiä tarvitaan. Operaattori voi esimerkiksi ilmaista, että tarkemmat turvallisuutta käsittelevät asiat kuvataan toimintamallit-osiossa. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024)

PDRA-G01 kohta 4.1.7: "Validate the operational procedures in accordance with the conditions for a 'medium' level of robustness, which are included in AMC2 UAS.SPEC.030(3)(e)". (EASA, 2022, s. 137) Vaatimuksen taustana on OSO #8 (EASA, 2022, s. 60). Käytännössä tämä tarkoittaa, että toimintamallit ja tarkastuslistat tulee kuvata toimintakäsikirjassa. Mallikäsikirja sisältää toimintamallit kattavasti, mutta operaattorin tulee muokata ne omaan toimintaansa sopiviksi. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024)

PDRA-G01 kohta 4.1.8: "Ensure the adequacy of the contingency and emergency procedures, and prove it through any of the following: –". (EASA, 2022, s. 137) Kohta ei välttämättä edellytä aitoa poikkeustilanneharjoittelua. Dronen hallinnan palauttamista on kuitenkin harjoiteltava normaaliolosuhteissa. Toimittaessa alakohdan C mukaisesti asia voidaan toteuttaa ilmaisemalla toimintakäsikirjassa, että poikkeustilanteiden harjoittelu kuuluu ohjaajan koulutusohjelmaan ja toimintaa poikkeustilanteissa on koulutettu ja harjoiteltu. Harjoitteluun on hyvä sisällyttää esimerkiksi toimenpiteet sellaisessa tilanteessa, jossa drone on karkaamassa lennätysalueen ulkopuolelle. GPS-yhteyden katkeaminen voisi aiheuttaa tällaisen poikkeustilanteen, jolloin laite pyrittäisi ohjaamaan kameran avulla takaisin. Tällaisia tilanteita voidaan harjoitella ilman, että GPS-yhteyttä todellisuudessa katkaistaan. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024)

PDRA-G01 kohta 4.1.11: "Ensure that the UAS operation effectively uses and supports the efficient use of the radio spectrum in order to avoid harmful interference". (EASA, 2022, s. 138) Tämän kohdan vaatimukset voidaan täyttää käyttämällä hyväksytyjä, luvallisia radiolaitteita. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laitteiden tulee toimia Suomessa hyväksytyllä laillisella taajuusalueella. Joidenkin laitteiden lähetysteho voi myös olla niin

suuri, että se ylittää lupavapauden rajan. Tällaisten laitteiden käyttöön operaattorin tulee hakea viranomaiselta käyttöluva. Tehdastekoiset laitteet täyttävät nämä vaatimukset sellaisenaan ja lisävarusteina saatavia suunta-antenneja saa käyttää lupavapaasti, kunhan lähetystehoa ei kasvateta. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024)

PDRA-G01 kohta 4.2.5: "Comply with point UAS.SPEC.100, if the UAS uses certified equipment". (EASA, 2022, s. 139) Tämä kohta ei todellisuudessa kosketa erityisen-kategorian toimintaa. Kaluston sertifiointivaatimus tulee käytännössä kyseeseen silloin, kun toimitaan Sertifioitu-kategoriassa. N/A (ei sovelleta) on tässä kohdassa riittävä sisältö. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024)

4.3 Lisähuomiot BVLOS-operaatioihin liittyen

BVLOS-operaatioita voidaan toteuttaa myös korkeammalla lentokorkeudella kuin 150 m, mutta tällöin ilmatilavarausten tekeminen tuottaa haasteita. Enintään kaksi viikkoa kestävä tilapäisen vaara-alueen, eli TEMPO-D:n, voi varata Ilmatilan hallintayksikkö AMC:ltä toimittamalla perustamishakemuksen viimeistään toimintaa edeltävänä arkipäivänä klo 12:00 ja sen hinta on 240 € (Fintraffic, n.d.). Nopeasti perustettavan tilapäisen vaara-alueen yläraja on kuitenkin maksimissaan 150 m maan tai veden pinnasta (Traficom, 2023h, s. 18). Jos yläraja halutaan nostaa yli 150 metrin, niin hakemuksen käsittelee Traficom, jolloin hakemuksen hinta on 320 € ja hakemus tulee toimittaa viimeistään 8 viikkoa ennen toiminnan suunniteltua aloittamista (Traficom, n.d.-c).

Standardiskenaarioiden käyttö on periaatteessa erittäin helppoa, mutta Traficomille ei ole vielä saapunut ensimmäistäkään toimintailmoitusta. Ilmoituksen tekeminen on kuitenkin ollut mahdollista 1.1.2024 alkaen. (Kimmo Huoviala, henkilökohtainen tiedonanto, 31.1.2024) EASA:lle on mahdollista ehdottaa uutta metsänkuvaukseen soveltuvaa standardiskenaariota, mutta uusien skenaarioiden luominen on aikaa vievä prosessi (EASA, n.d.-c).

SORA-riskiarvioinnin prosessi uudistuu tulevaisuudessa versiosta 2 versioon 2.5, jossa maariskin määrittämiseen tulee muutoksia. Metsänkuvauksen kannalta oleellinen muutos on tiheästi- ja harvaan asuttujen alueiden käsitteiden poistuminen. Uudessa prosessissa määräävä tekijä on suoraan ihmismäärän tiheys, joka määritetään kartta-aineistosta. Viereisellä alueella arvioidaan keskimääräistä tiheyttä, josta johdatellaan maariskiluokka. (EASA, 2023, ss. 31-33, 75) On toistaiseksi epävarmaa, tuleeko tämä vaikuttamaan toimintaan PDRA:n pohjalta.

5 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön voidaan sanoa olleen onnistunut, koska sillä pystyttiin vastaamaan erinomaisesti alkuperäiseen tarpeeseen. Työ käsittelee kysymyksiä herättävät EASA:n SAIL II -operaatioiden mallikäsikirjaan tehtävät muutokset, jotta se soveltuisi metsänkuvauksen BVLOS-operaatioihin. Tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset ja haastatteluiden ohessa paljon muutakin oleellista tietoa, jota ei oltu alun perin osattu ottaa huomioon haastattelukysymyksissä. Luentomateriaalista muodostui kohtuullisen pitkä ja perusteellinen, mutta siihen oli tärkeää sisällyttää säännöstön soveltamisen lisäksi myös taustatietoa. Aiheista pyrittiin kirjoittamaan auki oleellisimmat asiat, mutta tekstiä on silti luentomateriaalissa paljon. Luentoa pitäessä voidaan selvittää kohdeyleisön aihepiirin aiempi tuntemus, jonka perusteella luentoa voidaan tarvittaessa lyhentää alkupäästä.

Opinnäytetyössä saatiin tuotua esille, miten säännöstöä ja asetuksia tulkitaan, kun haetaan toimintalupaa PDRA-G01 pohjalta. Olennaisimpia asioita olivat FTS-järjestelmän-, kaluston-, TMPR:n- ja lentokorkeuden kasvattamisen vaatimukset. PDRA-G01-taulukon tulkinnanvaraisiin kohtiin saatiin tuotettua sellaiset selvitykset, etteivät ne oletettavasti aiheuta enää juurikaan jatkokysymyksiä.

Työ oli tekijän näkökulmasta opettavainen ja se antoi valmiuksia toimia aihepiirin parissa työelämässä. Aihepiiriin liittyvä osaaminen syventyi ja etenkin säännöstön tulkinta metsänkuvauksen näkökulmasta lisäsi ammatillista oppimista. Oppimista edistivät merkittävästi Traficomien asiantuntija Kimmo Huovialan kanssa käydyt keskustelut, joissa tuli ilmi uusia näkökulmia ja joissa voitiin varmistaa, ettei työhön päädy virheellistä tietoa.

Luentomateriaali tarkastettiin loppupalaverissa Traficomien kanssa. Voidaan olettaa, että Traficomien aiheeseen liittyvä työkuorma vähenee hieman, kun miehittämättömän ilmailun tarkastaja Kimmo Huovialan näkökulmia saatiin kirjalliseen muotoon. Traficomien saadessa aiheeseen liittyviä kysymyksiä asiantuntija voi mahdollisesti ohjata tutustumaan tähän opinnäytetyöhön, jolloin työstä on Traficomille suoraa hyötyä. Työn löytää avoimesta lähteestä, joten työ hyödyttää metsäalan toimijoita, jotka suunnittelevat BVLOS-droneoperaatioita. Luentomateriaalin pohjalta toimija pystyy nopeammin ainakin arvioimaan edellytyksiään aloittaa toimintalupaprosessi ja sitä kautta mahdollisesti toiminta.

Johtopäätöksenä todettakoon, että toimintalupaprosessi on melko työläs metsäalan kokemuspohjalta ilman, että toimijalla on aiempaa ilmailutaustaa. Aihepiiri vaatii kohtuullisen paljon itseopiskelua ja perehtymistä. Toimijan on myös syytä varautua siihen, että

ulkopuolista apua saatetaan joutua käyttämään, josta aiheutuu kustannuksia. Asiaan perehtyminen ja toimintaluvan hakeminen on useamman kuukauden mittainen prosessi. Tämän lisäksi, ennen kuin varsinaista työtä päästään tekemään, Traficom on käsitellä hakemus. PDRA:n pohjautuvat hakemukset on toimitettava vähintään 3 kk ennen suunniteltua toiminnan aloitusta (Traficom, n.d.-b).

Erityinen-kategorian PDRA-G01 pohjautuvan toimintaluvan suoran kustannuksen todettiin olevan vuosimaksu, joka on 400 € vuodessa. STS-teoriakokeen suorittamisen hinta on 50 € (Traficom, 2023f). Droneinfon kokeeseen valmistavat opiskelumateriaalit ovat ilmaisia. Lisäkustannuksia syntyy, jos toimija haluaa käydä ohjatun STS-kokeeseen valmistavan koulutuksen. Epäsuoria kustannuksia syntyy kohtuullisen paljon toimintalupaprosessin aikana, kun työaika kuluu aiheeseen perehtymiseen ja toimintakäsikirjan tuottamiseen. Tämän toimija voi tietenkin ottaa huomioon dronella tuotetun materiaalin laskutushintaa arvioidessaan. Yleispätevää arviota kannattavuudesta on kuitenkin mahdotonta antaa, koska toimintalupaprosessiin käytetty aika, BVLOS-operaatioiden tuottama lisäarvo ja lopputuotteen laskutushinta ovat toimijakohtaisia asioita.

Luvanvarainen toiminta asettaa operaattorille vaatimuksia, mutta ne eivät ole niin tiukkoja, että aikaa kuluisi suhteettoman paljon byrokraatiaan. Vaatimuksia ovat esimerkiksi operaatioiden seuranta ja tietojen säilytysvelvollisuus, ohjaajan pätevyyksien voimassaoloajat, toimintakäsikirjan muutosten ilmoittaminen sekä datankäsittelyyn ja tietosuojaan liittyvät asiat. Rajoitteina ovat tässä työssä käsitellyssä toimintaluvassa PDRA-G01:n määrittelemät rajat, mutta myös vapaampi toiminta on mahdollista operaattorin kokemuksen karttuessa.

Tulevaisuudessa, operaattorin tavoitellessa entistä joustavampia BVLOS-operaatioita, tulee kyseeseen luonnosvaiheessa oleva PDRA-05 (JARUS, 2022). Kyseinen PDRA on siitä hyvä, että se mahdollistaa BVLOS-operaatiot ilman metrimääräistä etäisyysrajoitetta. Rajoitteena on ainoastaan toimia suoran ohjausyhteyden kantaman sisäpuolella. (JARUS, 2022, s. 6) Luonnoksen käyttöönotolle ei ole määritetty aikataulua, joten vaihtoehtoisesti operaattori voisi toteuttaa myös oman SORA-riskiarvionsa vahvistamattoman PDRA-05-luonnoksen pohjalta. Tällöin operaattorin tulisi kuitenkin itse pystyä arvioimaan operaatioidensa riskitaso ja ymmärtämään syvällisemmin koko SORA-riskiarviointiprosessi, joskin PDRA-luonnoksesta olisi prosessissa merkittävästi hyötyä.

PDRA-05 olisi jatkosuunnitelmana erinomainen aihe opinnäytetyölle sitten, kun luonnos on vahvistettu. Toisaalta jatko-opinnäytetyön voisi tehdä myös metsänkuvauksen BVLOS-

operaatioiden SORA-prosessiin liittyen. Täydellistä toimintakäsikirjaa on vaikea tuottaa opinnäytetyön rajoissa, koska aiheeseen liittyy niin monia operaattorikohtaisia asioita ja toimintakäsikirjakokonaisuus on jopa yli 100-sivuinen dokumentti. Tämä opinnäytetyö antaa kuitenkin hyvän pohjan tutkia joustavampaa BVLOS-operointia.

Materiaalin pohjalta pidettiin luento kohdeyleisölle ja palaute oli erittäin positiivinen. Kohdeyleisönä oli organisaatio, jonka PDRA-G01:n pohjautuva toimintakäsikirja oli vielä kesken. Aihepiiri oli yleisölle entuudestaan tuttu, joten joitakin asioita käytiin läpi kohtuullisen nopeasti. Luennon kesto oli tässä tapauksessa n. 1,5 tuntia, mutta sopiva kesto aihepiiriin perehtymättömälle olisi n. 3 tuntia taukoineen. Kohdeyleisön viesti oli, että luento oli selkeä ja hyvin rytmitetty. Perusteet käytiin läpi sellaisella tasolla, että soveltavan osan ymmärtäminen oli mahdollista. Luento edisti merkittävästi kohdeyleisön valmiuksia toteuttaa erityyppisen kategorian toimintalaprosessi ja laatia toimintakäsikirja. Työn tekijällä on jatkossa valmius pitää aiheeseen liittyviä luentoja ja luentomateriaalin esikatseloversio julkaistaan opinnäytetyön liitteessä 1. Luentomateriaalia ei ole oikeus kopioida tai käyttää ilman tekijän suostumusta tai asianmukaisia lähdeviittauksia.

Lähteet

- Anarky Labs. (n.d.). *First real Heads-Up Display solution for drone pilots*. Haettu 11.3.2024 osoitteesta <https://anarkylabs.com/airhud/>
- EASA. (28.9.2022). *Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulations (EU) 2019/947 and 2019/945)*. European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/110913/en>
- EASA. (9.2.2023). *SORA Workshop (February 2023) - 2 SORA*. European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137614/en>
- EASA. (n.d.-a). *Specific Category - Civil Drones*. European Union Aviation Safety Agency. Haettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones>
- EASA. (n.d.-b). *Light UAS operator Certificate (LUC)*. European Union Aviation Safety Agency. Haettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones/light-uas-operator-certificate-luc>
- EASA. (n.d.-c). *Standard Scenario (STS)*. European Union Aviation Safety Agency. Haettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones/standard-scenario-sts>
- EASA. (n.d.-d). *Specific Operations Risk Assessment (SORA)*. European Union Aviation Safety Agency. Haettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones/specific-operations-risk-assessment-sora>
- EASA. (n.d.-e). *Predefined Risk Assessment (PDRA)*. European Union Aviation Safety Agency. Haettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones/predefined-risk-assessment-pdra>
- EASA. (n.d.-f). *EASA Operations Manual example for UAS operations in SAIL II*. European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/138350/en>
- EASA. (n.d.-g). *Operating a drone*. European Union Aviation Safety Agency. <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone>
- Fintraffic. (n.d.). *Ilmatilan varaajille*. FINTRAFFIC ANS. Haettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.fintraffic.fi/fi/ans/ilmatilan-varaajille>
- Flyk. (n.d.). *Dronekartta*. Flyk Oy. <https://flyk.com/map?drone>
- Ilmavoimat. (n.d.). *Harjoitukset*. <https://ilmavoimat.fi/harjoitukset>
- JARUS. (21.6.2022). *Pre Defined Risk Assessment, PDRA-05 for Aerial Work operations*. Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems. http://67.217.59.217/jarus/wp-content/uploads/2023/06/jar_20_doc_PDRA-05_edition-1.0.pdf

- LBA. (20.11.2023). *Guidance for Dimensioning of Flight Geography, Contingency Volume and Ground Risk Buffer*. Luftfahrt-Bundesamt.
https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/B/B5_UAS/Leitfaden_FG_CV_GRB_eng.pdf?__blob=publicationFile&v=11
- Lientola E. & Nisula, K. (20.12.2023). *Drone on moderni metsäammattilaisen työväline*. Tapio. <https://tapio.fi/blogit/drone-on-moderni-metsaammattilaisen-tyovaline/>
- Liikenne- ja viestintäministeriön asetus Liikenne- ja viestintäviraston liikennettä koskevista maksullisista suoritteista 1168/2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20231168>
- Lähteenmäki, L. (30.11.2018). *Drone lentää metsään ja mittaa hetkessä sen jokaisen puun – havaitsee nopeasti myös tuholaiset*. Yle. <https://yle.fi/a/3-10533488>
- Traficom. (8.12.2023a). *Luvanvarainen toiminta Erityinen-kategoriassa*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://www.droneinfo.fi/fi/luvanvarainen-toiminta-erityinen-kategoriassa>
- Traficom. (6.6.2023b). *Itseopiskelumateriaalit EU-asetuksen mukaisiin kauko-ohjaajan kokeisiin*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://www.droneinfo.fi/fi/itseopiskelumateriaalit-eu-asetuksen-mukaisiin-kauko-ohjaajan-kokeisiin>
- Traficom. (29.11.2023c). *Tietoa ennakkoriskiarviosta (PDRA)*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://www.droneinfo.fi/fi/tietoa-ennakkoriskiarviosta-pdra>
- Traficom. (1.2.2023d). *Tietoa SORA-riskiarviosta*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://www.droneinfo.fi/fi/tietoa-sora-riskiarviosta>
- Traficom. (16.8.2023e). *Erityinen-kategorian toimintakäsikirjan sisältö*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://www.droneinfo.fi/fi/erityinen-kategorian-toimintakäsikirjan-sisalto>
- Traficom. (21.12.2023f). *Valvottujen lisäteoriakokeiden järjestäjät*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://www.droneinfo.fi/fi/valvottujen-lisateoriakokeiden-jarjestajat>
- Traficom. (6.6.2023g). *Tekninen ja operatiivinen ilmariskin lieventäminen*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://www.droneinfo.fi/fi/koulutusmateriaali/tekninen-ja-operatiivinen-ilmariskin-lieventaminen>
- Traficom. (20.4.2023h). *ASM-Toimintakäsikirja*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/ASM-toimintakäsikirja%202.2%20%28Fin%29%20FINAL.pdf>
- Traficom. (25.1.2024a). *Lennättäminen avoimessa kategoriassa*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://droneinfo.fi/fi/lennattaminen-avoimessa-kategoriassa>
- Traficom. (13.2.2024b). *Rekisteröityminen ja teoriakoe*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <https://droneinfo.fi/fi/rekisteroityminen-ja-teoriakoe>

Traficom. (n.d.-a). *Ilmariskiluokat (flowchart)*. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom.

https://www.droneinfo.fi/sites/default/files/media/file/ARC_flowchart%20FIN.pdf

Traficom. (n.d.-b). *Eriyinen-kategorian toimintaluvan hakeminen*. Liikenne- ja viestintävirasto

Traficom. Haettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.droneinfo.fi/fi/asioi->

[kanssamme/erityinen-kategorian-toimintaluvan-hakeminen](https://www.droneinfo.fi/fi/asioi-kanssamme/erityinen-kategorian-toimintaluvan-hakeminen)

Traficom. (n.d.-c). *Tilapäinen ilmatilavaraus ja sen hakeminen*. Liikenne- ja viestintävirasto

Traficom. Haettu 11.3.2024 osoitteesta <https://www.traficom.fi/fi/asioi->

[kanssamme/tilapainen-ilmatilavaraus-ja-sen-hakeminen](https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/tilapainen-ilmatilavaraus-ja-sen-hakeminen)

Liite 1. Luentomateriaali

Liite sisältää opinnäytetyössä tuotetun luentomateriaalin esikatseluversion, jossa on 57 diaa. Esitys on luotu Microsoft PowerPoint -ohjelmalla. Alkuperäinen materiaali on luotu saavutettavaksi PowerPoint-esitykseksi.

BVLOS-droneoperaatiot metsänkuvauksessa

Erityinen-kategorian toimintalupaprosessi
ja toimintakäsikirja

Lähteet

- EASA (European Union Aviation Safety Agency)
 - www.easa.europa.eu
 - Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulations (EU) 2019/947 and 2019/945)
- Traficom
 - Pääosin Droneinfo (droneinfo.fi)
- Traficom miehittämättömän ilmailun tarkastaja Kimmo Huoviala, haastattelut

Luennon sisältö (perusteet)

- Johdanto (6)
 - Eriyinen-kategoria (7)
 - Riskiarviot (PDRA, STS, SORA) (8-9)
 - Ennakkoriskiarvio PDRA-G01 (10-12)
 - Riskien arviointi (GRC, ARC, SAIL) (13-21)
-
- Tauko

Luennon sisältö (soveltaminen) 1/2

- Toimintakäsikirja (23)
 - Yleinen osa (A) (24-25)
 - Toimintamallit (B) (26-36)
 - Lennätysalueet (C) (37-40)
 - Koulutus (D) (41)
 - Häätätilannesuunnitelma (E) (42-43)
 - UAS:n tekniset tiedot (T) (44)
 - Huolto (M) (45)
 - Liitteet ja muu (46)

• Tauko

Luennon sisältö (soveltaminen) 2/2

- PDRA-G01 (48-52)
- Lisähuomiot (53-56)

- Keskustelu, lopetus

Johdanto

- BVLOS = Beyond Visual Line-of-Sight
 - Edellytyksenä toimintalupa Erityinen-kategoriassa
- PDRA = Predefined Risk Assessment
 - Toimintalupa voidaan hakea PDRAG01:n pohjalta
- Rajat asettaa EASA:n säännöstö
 - Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems
 - Suomessa toimivaltainen viranomainen on Traficom
- BVLOS-operaatiot mahdollistavat **toiminnan tehostamisen**

Erityinen-kategoria

- Operaattorikohtainen toimintalupa haetaan Traficom:lta
- Työläin vaihe on toimintakäsikirjan tuottaminen
 - EASA SAIL II –operaatioiden mallikäsikirjaa voidaan hyödyntää
- Operaattorin opiskeltava miehittämättömän ilmailun teoriaa
 - STS-teoriakoe vahva suositus

Riskiarviot (PDRA, STS, SORA)

- Eriyinen-kategorian toimintalupaa voidaan hakea seuraavien perusteella:
 - STS (Standard Scenario, vakioskenaario)
 - **PDRA** (Predefined Risk Assessment, ennakkoriskiarvio)
 - SORA (Specific Operations Risk Assessment, SORA-riskiarvio)
 - LUC (Light UAS operator Certificate, kevyen UAS:n operaattorisertifiointi)
- Kaikki liittyvät operaatioiden riskien arviointiin

Riskiarviot (PDRA, STS, SORA)

- PDRA:n tarkoituksena on helpottaa toimintaluvan hakua
 - Tällä hetkellä julkaistu viisi, kattavat yleisimmät luvanvaraiset operaatiotyypit
- Riskiarvio on PDRA:ssa muodostettu valmiiksi
 - Operaattorin vastuulle jää osoittaa, että toiminta täyttää PDRA:n reunaehdot
- Metsänkuvaukseen soveltuu **PDRA-G01**
- PDRA-G01 on luotu SORA-riskiarvion pohjalta, joten SORA - prosessin riskien arviointimenetelmät esitellään

Ennakkoriskiarvio PDRA-G01

- Ennakkoriskiarvio, joka soveltuu metsänkuvausta toteuttavan droneoperaattorin tarpeisiin
- Oleellisin asia on BVLOS -operaatioiden mahdollistaminen

Ennakkoriskiarvio PDRA-G01

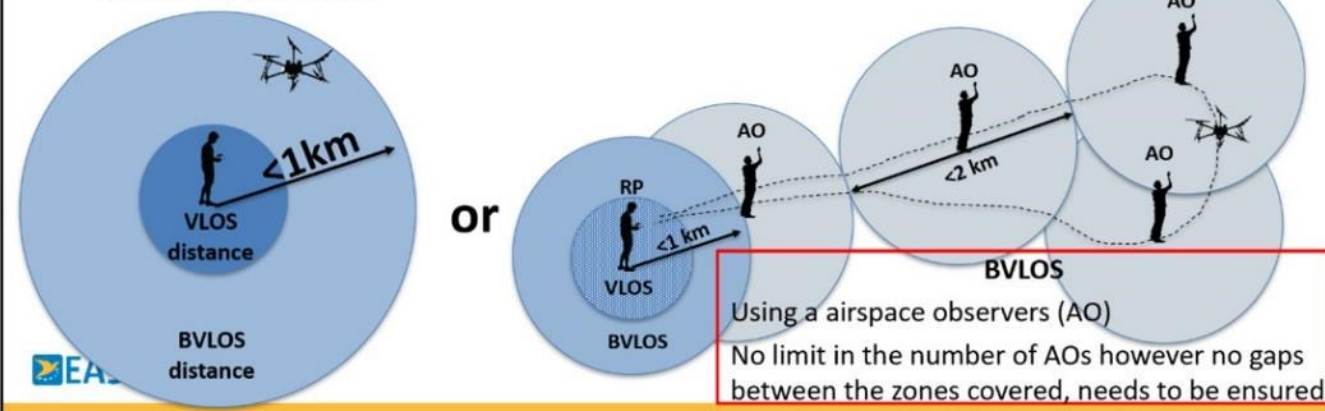
- PDRA-G01:n asettamat rajoitteet tiivistelmänä:
 - BVLOS valvomattomassa ilmatilassa, maksimikorkeus 120 tai 150 m
 - Harvaan asutun alueen yllä
 - Maksimissaan 1 km etäisyydellä ohjaajasta, tähystäjällä voidaan lisätä etäisyyttä
 - Dronen suurin mahdollinen ristimita 3 metriä ja törmäysenergia maksimissaan 34 kJ

Ennakkoriskiarvio PDRA-G01

Predefined risk assessment PDRA G-01

AMC2 to Article 11 to Regulation 2019/947

- BVLOS
- Uncontrolled airspace below 120m or 150m (over sparsely populated area)
- with a UAS max dimension <3m, meeting the technical requirements defined in the PDRA

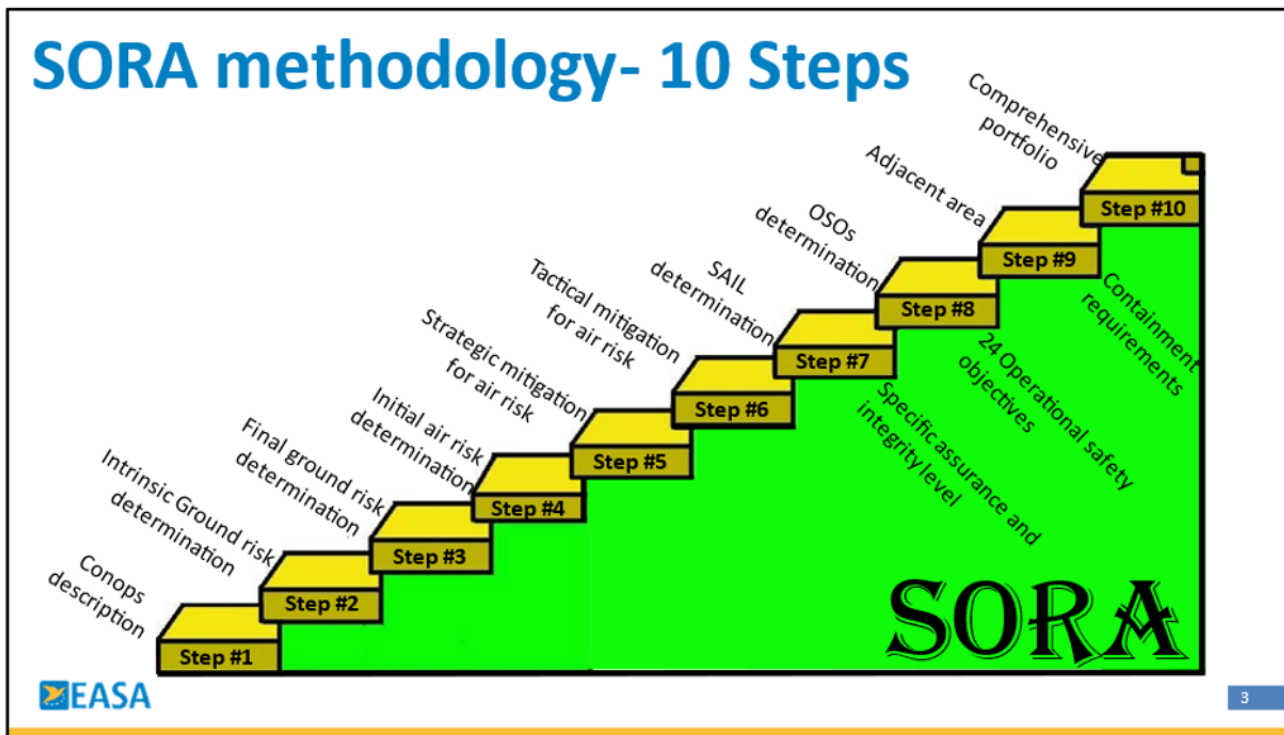


Ennakkoriskiarvio PDRA-G01:n ominaisuuksia (EASA, n.d.)

Riskien arviointi (GRC, ARC, SAIL)

- Riskiarvioon kuuluvat:
 - Alustavan maariskin määrittely (**GRC**, Ground Risk Class)
 - Lopullisen maariskin määrittely
 - Alustavan ilmariskin määrittely (**ARC**, Air Risk Class)
 - Ilmariskin lievennystoimenpiteet ja
 - Em. toimenpiteiden suorituskyky
- Oleelliset PDRA-toiminnan kannalta

Riskiarviot (SORA)



SORA-riskiarvion vaiheet (EASA, n.d.)

Riskien arviointi (GRC, ARC, SAIL)

- Yhdistetään lopullinen **GRC** ja jäännös-**ARC**
- Saadaan lopullisen jäännösriskin taso, joka on
 - **SAIL** eli toimintavarmuuden ja luotettavuuden määrittely (Specific Assurance and Integrity Level)
- SAIL ei ole määrällinen arvo
 - Velvoittaa noudattamaan tiettyjä turvallisuustavoitteita (OSO)
- Voidaan kuitenkin mieltää, että SAIL on operaation kokonaisriskitasoa kuvaava asia

Riskien arviointi (SAIL)

SAIL determination				
Final GRC	Residual ARC			
	a	b	c	d
≤2	I	II	IV	VI
3	II	II	IV	VI
4	III	III	IV	VI
5	IV	IV	IV	VI
6	V	V	V	VI
7	VI	VI	VI	VI
>7	Category C operation			

Table 5 — SAIL determination

SAIL PDRA-G01:ssä (EASA, EAR for UAS, s. 59)

- PDRA-G01:ssä GRC 3 ja ARC-b → SAIL II

Riskien arviointi (GRC)

Intrinsic UAS ground risk class				
Max UAS characteristics dimension	1 m / approx. 3 ft	3 m / approx. 10 ft	8 m / approx. 25 ft	>8 m / approx. 25 ft
Typical kinetic energy expected	< 700 J (approx. 529 ft lb)	< 34 kJ (approx. 25 000 ft lb)	< 1 084 kJ (approx. 800 000 ft lb)	> 1 084 kJ (approx. 800 000 ft lb)
Operational scenarios				
VLOS/BVLOS over a controlled ground area ³	1	2	3	4
VLOS over a sparsely populated area	2	3	4	5
BVLOS over a sparsely populated area	3	4	5	6
VLOS over a populated area	4	5	6	8
BVLOS over a populated area	5	6	8	10
VLOS over an assembly of people	7			
BVLOS over an assembly of people	8			

Table 2 – Determination of the intrinsic GRC

Alustava maariski PDRA-G01:ssä (EASA, EAR for UAS, s. 51)

Riskien arviointi (GRC)

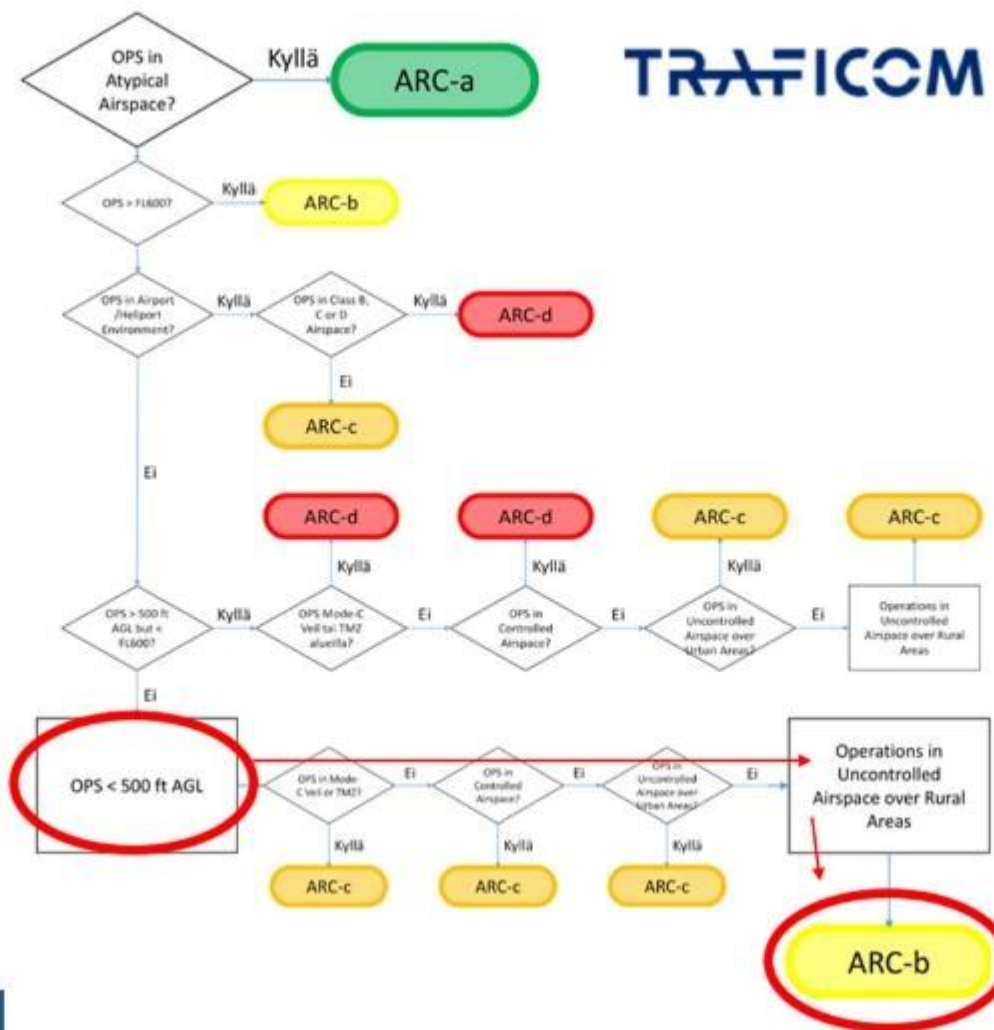
Mitigation Sequence	Mitigations for ground risk	Robustness		
		Low/None	Medium	High
1	M1 — Strategic mitigations for ground risk ¹	0: None -1: Low	-2	-4
2	M2 — Effects of ground impact are reduced ²	0	-1	-2
3	M3 — An emergency response plan (ERP) is in place, the UAS operator is validated and effective	1	0	-1

Table 3 — Mitigations for final GRC determination

Maariskin lieventäminen PDRA-G01:ssä (EASA, EAR for UAS, s. 53)

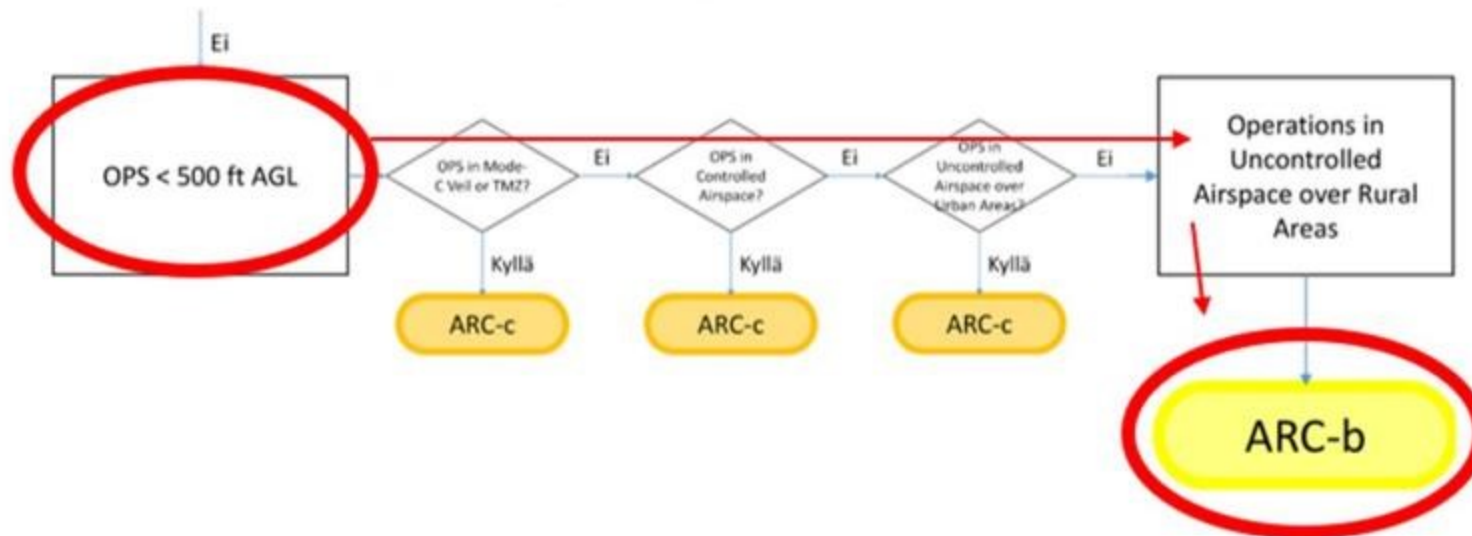
- PDRA-taulukossa tiettyjä edellytyksiä, jotta saavutetaan M1 - kategorian riskinlievennyksen vaatimustaso
- M3-kategorian vaatimustaso on Medium ERP
- Lähtötilanne GRC 4, M1:llä -1 ja M3:lla ±0 jolloin jäännös on 3

Riskien arviointi (ARC)



ARC-kaavio (Traficom)

Riskien arviointi (ARC)



ARC-kaavio (Traficom)

- Operaatiot alle 150 m, valvoton ilmatila, harvaan asuttu alue → ARC-b

Riskien arviointi (SAIL)

- Päädytään siis lopputulokseen, jossa GRC 3 ja ARC -b
 - Näistä johdetaan SAIL II
- Operaatiolle määräytyy SAIL II mukaiset turvallisuustavoitteet (OSO)
- PDRA-taulukon kohdat ottavat kantaa OSO:n toteutumiseen
 - Operaattori saa valmiit vaatimukset, joita sen tulee noudattaa

Tauko, jonka jälkeen:

- Toimintakäsikirja (23)
 - Yleinen osa (A) (24-25)
 - Toimintamallit (B) (26-36)
 - Lennätysalueet (C) (37-40)
 - Koulutus (D) (41)
 - Häätätilannesuunnitelma (E) (42-43)
 - UAS:n tekniset tiedot (T) (44)
 - Huolto (M) (45)
 - Liitteet ja muu (46)

- Tauko

Toimintakäsikirja

- PDRA-G01 toimintakäsikirja EASA SAIL II –mallikäsikirjan pohjalle
 - Mallikäsikirjassa on käytetty esimerkkinä VLOS-operaatiota
- Droneoperaattorin täytyy tehdä mallikäsikirjaan täydennyksiä ja muutoksia
 - Jokaisessa luvussa tulee olla annetun mallin lisäksi myös jotain operaattorin tuottamaa tekstiä
 - PDRA-G01 asettaa vaatimuksia, joista voi suoraan päätellä valtaosan vaadittavista täydennyksistä
- Sisällysluettelo on kattava ja siinä on lueteltuna myös ne luvut, jotka operaattorin tulee täydentää suunnitellessaan BVLOS-operaatioita

Yleinen osa (A)

- Ei kovinkaan monimutkainen, mutta
 - Operaattorilla on oikeus muuttaa tai lisätä sisältöä yleisen osan lausuntoihin
- Käsikirjan allekirjoittaminen ei vaadi nimenkirjoitusoikeutta, mutta henkilöllä tulee olla valtuutus allekirjoittaa kyseiseen toimintaan liittyvät viranomaisille toimitetut dokumentit

Yleinen osa (A)

- Mallikäsikirjan luku 1.8.1 sisältää seuraavat asiat:
 - Kauko-ohjaajan on suoritettava joko A2- tai STS-koe
 - Kauko-ohjaajan tulee käydä käsikirjansa osan D mukainen koulutus
 - Kauko-ohjaajan tulee olla käynyt ERP-koulutus 12 kuukauden sisällä ja
 - Kauko-ohjaajan tulee olla suorittanut lento vastaavan kokoonpanon UAS:lla viimeisen 90 päivän aikana
- Päivämääräiset raja -arvot ovat esimerkinäkemyksiä
 - Raja-arvon täytyessä kertauskoulutus, jonka sisällön määrittää tällä hetkellä operaattori itse

Toimintamallit (B)

- Osio B käsittelee lennätysoperaatioihin liittyviä toimintamalleja
- Mallikäsikirjan sisältö tässä osiossa melko kattava, mutta VLOS -toimintaan liittyvät asiat täytyy muuttaa vastaamaan BVLOS -toimintaa
 - Eniten selventämistä vaatii kohta 2.6 "Procedures for **TMPR**" (**Tactical Mitigation Performance Requirement**, taktisen lieventämisen suorituskykyvaatimus)
 - Puhutaan ilmariskin taktisesta lieventämisestä
 - TMPR käsitellään yksityiskohtaisesti

Toimintamallit (B), TMPR

- TMPR:n keinoja käytetään lieventämään edelleen riskejä, jotka vaativat huomiointia jäännösilmariskin määrittämisen jälkeen
 - BVLOS-operaatioiden sisältämä riski törmätä muuhun ilmaalukseen
- Operaattorin määrittämät keinot auttavat ohjaajaa havaitsemaan ja välttämään muuta ilmaliikennettä BVLOS -olosuhteissa

Toimintamallit (B), TMPR

Residual ARC	TMPRs	TMPR level of robustness
ARC-d	High	High
ARC-c	Medium	Medium
ARC-b	Low	Low
ARC-a	No requirement	No requirement

Table 4 – TMPRs and TMPR level of robustness assignment

TMPR-vaatimus jäännös-ARC:n pohjalta (EASA, EAR for UAS s. 57)

- Operaattori kuvailee ilmariskin lieventämisen vaatimusten toteutumista, jotka määräytyvät PDRA -G01:n jäännösilmariskin ARC-b pohjalta tasolle matala

Toimintamallit (B), TMPR

- Matalan tason TMPR:
 - Operaatiossa tulee kyetä havaitsemaan n. 50 % havaintoalueen miehitystä ilmailusta
 - Dronen suorituskyvyn tulee olla sellainen, että se kykenee vähentämään lentokorkeuden 20 metriin alle 60 sekunnin kuluessa ohjauksikäskyn antamisesta
 - Vaihtoehtoisesti dronen tulee kyetä muulla tavoin väistämään lähestyvää ilma-alusta selvästi erossa pysyen

Toimintamallit (B), TMPR

- EAR for UAS listaa keinoja, joilla matalan tason TMPR voidaan toteuttaa
- Operaattorin tulisi käyttää vähintään kahta eri keinoa
 - Pelkkä ilmailuradion kuunteleminen ei riitä
- Operaattorin oma ilmoitus lennätystoiminnasta Flyk dronekarttaan ei virallinen keino, mutta erittäin suositeltavaa

Toimintamallit (B), TMPR

- Aihepiiriin liittyy käsite DAA (Detect And Avoid, havaitse ja väistä)
- TMPR:n laadulliset kriteerit ovat jaettu viiteen DAA:n alatoimintoon, jotka ovat: Detect, Decide, Command, Execute ja Feedback Loop
- Detect-osan toteutuksen suunnittelu jää käytännössä täysin operaattorin vastuulle, eikä mallikäsikirja anna siihen esimerkkiä

Toimintamallit (B), TMPR

- Decide-osaan on annettu esimerkki mallikäsi kirjassa
 - Tarkoitetaan päätöstä vähentää korkeutta, jos havaitaan toiminnan vaarantava muu ilma-alue
- Command ja Execute ovat otettu huomioon laitteen teknisten ominaisuuksien vaatimuksissa PDRA-G01-taulukossa
- Feedback Loop tarkoittaa karkeasti sitä, että ohjaaja pystyy tulkitsemaan suoritettujen toimenpiteiden vaikutukset
 - Kun käytetään elektronisia apuvälineitä ilmaliikenteen havainnointiin, niin tietojen tulee olla ohjaajan saatavilla riittävällä päivitystaajuudella ja viiveellä

Toimintamallit (B), TMPR

Tactical

Step #6
(Annex D)

Once the residual ARC is defined, make sure that, in case of encounter another aircraft:

- You are able to **detect** the presence of other aircraft
- Your procedures and training are good enough to enable the remote pilot to **decide** how to separate from the other aircraft
- Latency of the command and control link are sufficient to proper **command** the UA
- The drone's performance are good enough to **execute** the separation procedure
- You are able to understand the effectiveness of the action taken through a **feedback loop**

Detect, decide, command, execute ja feedback loop (EASA, SORA Workshop 2023, s. 55)

Toimintamallit (B), TMPR

- Detect-osan vaatimukset voidaan toteuttaa karkeasti seuraavilla toimintamalleilla:
 - Seurataan liikennettä verkkopohjaisten reaaliaikaisten ilmaliikenteen seurantapalveluiden kautta (vahva viranomaisen tulkinta minimitasosta)
 - Toimintakäsikirjasta käy ilmi, että metsänkuvausta toteutetaan alueilla, joilla todennäköisyys kohdata muuta ilmaliikennettä on vähäinen
 - Asianmukainen taustakartoitus lennätysalueista

Toimintamallit (B), TMPR

- Jos saadaan näkö-, kuulo-, tai muu havainto mahdollisen vaaratilanteen aiheuttavasta ilmaliikenteestä, alennetaan lentokorkeus välittömästi turvalliselle tasolle
 - PDRA-G01 määrittää väistösuorituskykyvaatimukseksi lentokorkeuden laskemisen nopeudella 2,5 m/s
- Käytännössä muu liikenne tulisi havaita väistösuorituskyvyn mukaisen ajan määrittämällä etäisyydellä
- Joissakin tapauksissa lisäksi radioliikenteen seuranta skannerilla on vartenotettava TMPR:n toteutusvaihtoehto

Toimintamallit (B), TMPR

- Saatavilla olevat Detect-osan kattavat järjestelmät voidaan asettaa seuraavaan paremmuusjärjestykseen:
 1. ADS-B in
 2. Verkkopohjaiset reaaliaikaiset ilmaliikenteen seurantapalvelut
 3. FLARM
 4. Ilmailuradio

Lennätysalueet (C)

- Lennätysalueen ei ole pakko olla kiinteä, ennalta määritetty alue
 - Toimitaan PDRA-G01 pohjalta, joten vaatimus on GRC 3, ARC-b → SAIL II
 - Jos alueella on todennäköisyys kohdata Ilmavoimien matalalla tapahtuvaa harjoitustoimintaa, niin operaattori koordinoi toiminnan Ilmavoimien kanssa (toimintamallit)
- Toiminnalle määritetään viereinen alue (adjacent area), jolla pyritään varmistamaan, ettei drone päädy häiriötilanteessakaan väkijoukon päälle tai valvottuun ilmatilaan (adjacent airspace)
 - Tähän palataan vielä myöhemmin

Lennätysalueet (C)

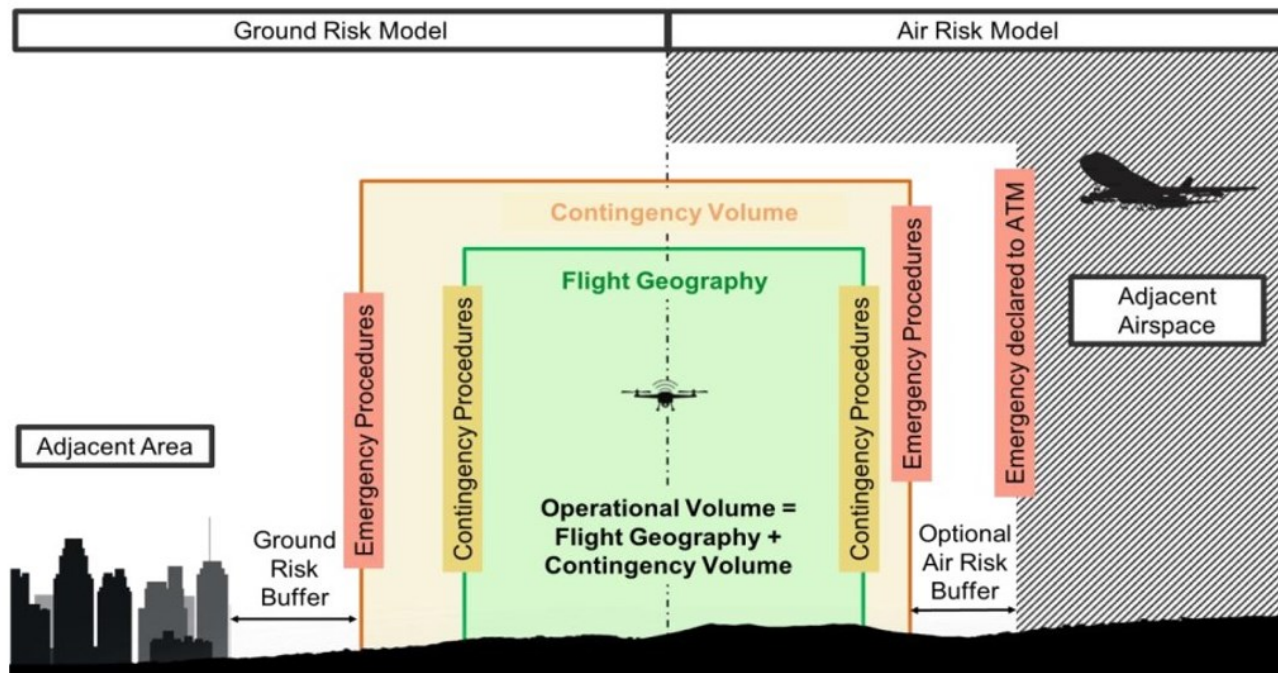


Figure 2 — Graphical representation of the SORA semantic model

Viereinen alue eli adjacent area (EASA, EAR for UAS, s. 44)

Lennätysalueet (C)

- Maariskin lieventämiseksi PDRA -G01:n kohta 3.6 edellyttää, että hakija arvioi toiminta -alueen paikan päällä tehtävällä tarkastuksella
 - Operaattori toteaa kartalta ennakkoon, että kyseessä on harvaan asuttu alue
 - Ennen lennätystä tehdään varmistukseksi visuaalinen tarkastelu **lennätyspaikalta**
 - Jos lennätyksen aikana huomataandronen kameran kautta jotakin poikkeavaa, kuten väkijoukko, toiminta keskeytetään

Lennätysalueet (C)

- Operaatiot välillä 120-150 m edellyttävät erityisiä, tarkemmin kuvattuja menettelyjä siitä, ettei lentokorkeus missään vaiheessa ylitä 150 m
 - Jos tarvetta ei ole, niin operaatiot kannattaa suunnitella alle 120 m
- Toiminta 120-150 m → ohjaajan lisäteoriakoulutus:
 - Ilmariskin tiedostaminen ja muut ilmatilankäyttäjät
 - Korkeuden määritys- ja rajoituslaitteiden tarkkailu
 - Toimintamallit ohjaajan ja avustavien ilmatilantarkkailijoiden väliseen koordinointiin
 - Soveltuvien toimintamallien käyttäminen, jos miehitetty ilmaalus havaitaan

Koulutus (D)

- Operaattorin tulee esitellä koulutusohjelmansa
 - Sisällön tulee olla vaatimusten mukainen
 - Ulkopuolisen tarjoamaa koulutusohjelmaa voi käyttää, mutta ei pakollista
 - Tulee kyetä osoittamaan koulutusohjelman olevan tehokas
- STS-kokeen suorittaminen on erittäin suositeltavaa
 - Kattaa lähes kaiken teoriakoulutusvaatimuksista joitakin BVLOS toimintaan liittyviä poikkeuksia lukuun ottamatta
- EASA on suunnittelemassa Eriyinen -kategorian kauko-ohjaajille suunnattua koulutusohjelmaa

Hätätilannesuunnitelma (E)

- PDRA-G01 kohta 4.1.6 edellyttää Medium -tason ERP:n
 - Saavutetaan M3-kategorian maariskin lievennys
- Tiivistelmä Medium -tason ERP:n minimisisällöstä (Droneinfo):
 - Suunnitelma toimenpiteistä hätätilanteessa
 - Vastuut ja tehtävät hätätilanteessa
 - Toiminnan koordinointi hätätilanteessa muiden tahojen kanssa (esim. poliisi, pelastuspalvelu)
 - Ohjeistus normaalitoimintaan palaamisesta, kun se on jälleen mahdollista

Hätätilannesuunnitelma (E)

- Medium-tason ERP:n tulee olla riittävän tehokas suojaamaan tai pelastamaan mahdollisen onnettomuuden uhreja
- ERP:n tulee pyrkiä mahdollisimman hyvin ehkäisemään vahingoittuneen ihmisen kuolema
- Mahdolliset BVLOS-operaatioiden tuomat muutokset
- Medium-tason ERP:n tehokkuuden arvioi viranomainen

UAS:n tekniset tiedot (T)

- Tekniset tiedot yksityiskohtaisesti
 - Mallissa seuraava huomautus: ”Jos tiedot sisältyvät UAS:n valmistajan ohjeisiin, niin tämä luku voidaan korvata viittauksella ohjeisiin tai luku voi sisältää vain puuttuvat tiedot.”
- C-luokan merkintä ei ole pakollinen, mutta helpottaa siinä mielessä, että operaattori voi olla varma dronen käyttökelpoisuudesta
- Kattavan erittelyn järjestelmän teknisistä tiedoista vaativat erikoisemmat laitteet, joiden teknisiä tietoja ei tunneta

Huolto (M)

- Sarjatuotetuilla laitteilla huolto -osassa kuvataan valmistajan ilmoittamat tavat, joilla laitteita tulee huoltaa
 - Tulee sisältää huoltotoimenpiteet ja valmistajan vaatimukset eri toimenpiteissä
 - UAS:n kuuluvien osien, kuten akkujen ja moottoreiden käyttöikä tuodaan ilmi
- Yleisesti laitteiden käyttöohjeissa on tuotu ilmi, mitä huoltoja käyttäjä voi tehdä itse
- Kattavimmat huollot ja mahdolliset vuosihuollot tekee useimmiten vain valmistajan hyväksymä taho

Liitteet ja muu toimintakäsikirjaan liittyvä

- Lupien seuranta ja lokikirjat voivat olla sähköisessä muodossa
- Jos toimintakäsikirjaan tulee vähäistä suurempi muutos, se tulee toimittaa uudelleen viranomaiselle
- Operaattorin alihankkijan vaihtumisella ei ole vaikutusta toimintalupaan
- Luvanhaltija ja operaattori on toimintaluvan hakenut organisaatio ja toimintaa tehdään luvanhaltijan operaattoritunnuksella
 - Ei voida siirtää operaattorilta toiselle

Tauko, jonka jälkeen:

- PDRA-G01 (48-52)
- Lisähuomiot (53-56)

- Keskustelu, lopetus

PDRA-G01 (Droneinfo), törmäysenergia

- 34 kJ vaatimus multikoptereilla: $E = (m^2hg) / 2$
 - E = energia (Joule), m = massa (kg), h = korkeus (metriä), g = maan vetovoima (m/s)
 - 40 kg painoinen multikopteri, joka putoaa 30 m korkeudelta: $E = (40*2*30*9,81) / 2 = 11772 \text{ J} \approx 12 \text{ kJ}$
- Samalla laskukaavalla 1 kg painoisen dronen pudotessa 120 m korkeudelta törmäysenergia on n. 1,2 kJ

PDRA-G01 (Droneinfo), adjacent area

- Toiminnan viereinen alue (adjacent area)
- Vastattava dronen 3 minuutissa kulkemaa matkaa suurimmalla vaakalentonopeudella, mutta vähintään 5 km
 - Jos viereisellä alueella on esim. lentokenttä tai väkijoukko, niin laitteelle asetetaan tiukempia järjestelmävaatimuksia
 - Tällöin kannattaa harkita VLOS-toimintaa

PDRA-G01 (Droneinfo), FTS-järjestelmä

- BVLOS-operoinnin laitevaatimuksena on **FTS-järjestelmä (Flight Termination System, lennon keskeytysjärjestelmä)**
- PDRA-G01 → vaatimusta tehokkaalle FTS -järjestelmälle ei ole
 - Tehdastekoisten dronejen oma FTS-järjestelmä on riittävä, eli ns. **Basic containment** –kykyinen
- FTS-järjestelmäksi voidaan käsittää roottoreiden pakkopysäytys, kun taas Return-to-Home-toiminto on enemmänkin normaalitoimintaa
- Erillinen FTS ja laskuvarjo tulee kyseeseen sitten, kun toimitaan tiheästi asutuilla alueilla (**Enhanced containment**)

PDRA-G01 (Droneinfo), contingency volume

- Droneinfo esittää PDRA-G01:n varailmatilaan (contingency volume) liittyen seuraavaan lauseen: ”Operaattori voi vapaasti määrittää varailmatilan koon, mutta contingency-toimenpiteet tulee olla.”
 - Ei pidä paikkaansa
- Varailmatilan minimikoko on kymmenen metriä
 - Jos dronen nopeus on yli 5 m/s varailmatilan tulee olla vähintään dronen 2 sekunnin aikana kulkema matka
- Mallikäsikirjassa kaava, jonka käyttö etenkin silloin, jos kalustona on kiinteäsiipinen drone

PDRA-G01 (Droneinfo), contingency volume

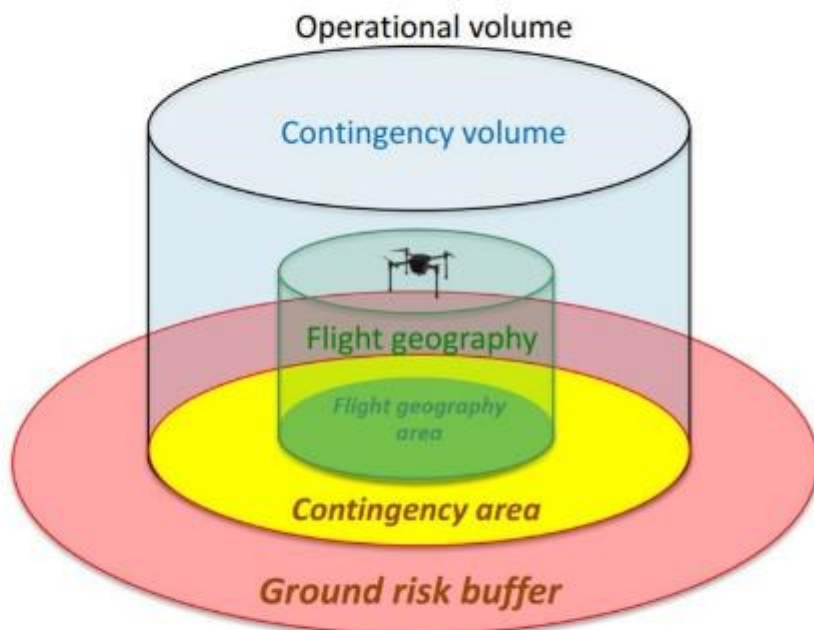


Figure 1 — Relation between 'flight geography', 'flight geography area', 'contingency area', 'operational volume' and 'ground risk buffer'

Varailmatila eli contingency volume (EASA, EAR for UAS, s. 28)

Lisähuomiot

- PDRA-G01 spesifeihin kohtiin liittyviä lisähuomioita opinnäytetyössä
 - Voi tutustua Theseuksessa
 - Käsiteltiin viranomaisen kanssa ja haluttiin kirjata ylös, jotta hyödyttää muita tulevaisuudessa

Lisähuomiot

- BVLOS-operaatioita voidaan toteuttaa myös korkeammalla kuin 150 m
 - PDRA-G02, ilmatilavarausten tekeminen
- Tilapäinen vaara-alue (TEMPO-D)
 - Ilmatilan hallintayksikkö AMC:ltä
 - Viimeistään toimintaa edeltävänä arkipäivänä klo 12:00, hinta 240 €
 - Yläraja maksimissaan 150 m maan tai veden pinnasta
- Jos yläraja halutaan nostaa yli 150 metrin, niin hakemuksen käsittelee Traficom
 - Hinta 320 € ja hakemus viimeistään 8 viikkoa ennen aloittamista

Lisähuomiot

- Standardiskenaarioiden (STS) käyttö periaatteessa erittäin helppoa
 - Traficom:lle ei ole vielä saapunut ensimmäistäkään toimintailmoitusta
- EASA:lle on mahdollista ehdottaa uutta metsänkuvaukseen soveltuvaa standardiskenaariota
 - Uusien skenaarioiden luominen on aikaa vievä prosessi

Lisähuomiot

- SORA-riskiarvioinnin prosessi uudistuu tulevaisuudessa versiosta 2 versioon 2.5
 - Maariskin määrittämiseen tulee muutoksia
 - Tiheästi- ja harvaan asuttujen alueiden käsitteiden poistuminen
 - Tulevaisuudessa määräävä tekijä on suoraan ihmismäärän tiheys, joka määritetään kartta-aineistosta
 - Viereisellä alueella arvioidaan keskimääräistä tiheyttä, josta johdatellaan maariskiluokka
 - On toistaiseksi epävarmaa, tuleeko vaikuttamaan PDRA-toimintaan

Kysymykset, keskustelu

Kiitokset:
Stora Enso
Traficom
HAMK