

Dronemarkkinaselvitys

Dronemarkkinat ja U-space

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

ALKUSANAT

Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM) linjasi kesäkuussa 2023, että U-space-ilmatiloille ei Suomessa valita vielä yhteisen tietopalvelun (Common Information Service, CIS) toteuttamismallia, vaan hallinnonalalla päätettiin käynnistää selvitys dronemarkkinan tulevaisuuden näkymistä. LVM pyysi Liikenne- ja viestintävirastoa (Traficom) käynnistämään kyseisen selvityksen.

Selvityksen tavoitteena oli tuottaa yksityiskohtainen katsaus siihen, miten droneoperaatioiden määrän odotetaan Suomessa kehittyvän 5-10 vuoden aikajännteellä, sekä arvioida markkinakehityksen vaikutuksia miehittämättömän ilmailun liikenteenhallinnan ja U-spacen tarpeeseen, käyttöönottoon ja implementointiin.

Selvitys tehtiin kahdessa osassa, joista ensimmäinen osa tilattiin Sitowise Oy:ltä ja se sisältää selvityksen dronemarkkinoiden kehityksestä. Tämän osuuden tarkoituksena oli tuottaa Traficomille tietoa toista osuutta varten, jossa tarkastellaan markkinakehityksen vaikutuksia mahdolliseen tarpeeseen miehittämättömän ilmailun liikenteenhallinnalle ja sitä kautta U-space-ilmatilojen perustamiselle Suomessa. Selvityksen tekohetkellä Euroopassa ei ole vielä yhtään perustettua tai toiminnassa olevaa U-space-ilmatilaa.

Helsinki, 29. huhtikuuta 2024

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom
Miehittämätön ilmailu -tiimi

Lyhenteet ja määritelmät

ADS-B Automatic Dependent Surveillance–Broadcast
ADS-B IN ADS-B-vastaanotin
ADS-B OUT ADS-B-lähetin
AGL Above Ground Level, (Maan pinnan tason yläpuolella)
AIP Aeronautical Information Publication, (Ilmailukäsikirja)
AMC Acceptable Means of Compliance, (Hyväksyttävät vaatimusten täyttämisen menetelmät)
ANSP Air Navigation Service Provider, (Lennonvarmistuspalvelun tarjoaja)
ARA Airspace Risk Assessment, (Ilmatilan riskiarvio)
ARC Air Risk Class, (Ilmariskiluokka)
ATM Air Traffic Management, (Ilmaliikenteen hallinta)
ATS Air Traffic Service, (Ilmaliikennepalvelu)
ATSP ATS Provider, (Ilmaliikennepalvelun tarjoaja)
BVLOS Beyond Visual Line of Sight, (Näköyhteyden ulkopuolella)
C-UAS Counter-UAS, (UAS-torjunta)
CIS Common Information Services, (Yhteiset tietopalvelut)
CISP CIS Provider, (CIS-palvelun tarjoaja)
CTR Control Zone, (Lähialue)
DAR Dynamic Airspace Reconfiguration, (Dynaaminen ilmatilan uudelleenjärjestely)
EASA European Union Aviation Safety Agency, (Euroopan lentoturvallisuusvirasto)
EMS Emergency Medical Service
eVTOL electronic Vertical Take-off and Landing
FIR Flight Information Region (Lentotiedotusalue)
FOCA The Federal Office of Civil Aviation, (Sveitsin siviili-ilmailuviranomainen)
GM Guidance Material (Ohjemateriaali)
HEMS Helicopter Emergency Medical Service
IAM Innovative Air Mobility
IFR Instrument Flight Rules, (Mittarilentosäännöt)
NAA National Aviation Authority, (Kansallinen ilmailuviranomainen)
NOTAM A Notice to Airmen, (Lentotoimintaan osallistuvan henkilöstön kannalta välttämätön tiedote)
PDRA Pre-defined Risk Assessment (Ennakkoriskiarvio)
SERA Standardised European Rules of the Air, (Euroopan yhteiset lentosäännöt -asetus)
SES Single European Sky (Yhtenäinen Eurooppalainen ilmatila)
SORA Specific Operations Risk Assessment
SRD-860 Short-Range Device, (Lyhyen kantaman lähetin)
STS Standard Scenario (Vakioskenaario)
UAS Unmanned Aircraft System, (Miehittämätön ilma-alusjärjestelmä)
UAV Unmanned Aerial Vehicle, (Miehittämätön ilma-alus)
UAM Urban Air Mobility, (Kaupunki-ilmailu)
USSP U-space Service Provider, (U-space-palveluntarjoaja)
UTM UAS Traffic Management, (UAS-liikenteenhallinta)
VLL Very Low Level airspace, (Erittäin matala ilmatila, ~0-150m/500ft)
VLOS Visual line of sight, (Näköyhteydessä)

Sisällysluettelo

1	Selvityksen tavoite	4
1.1	Selvityksen taustaa	4
2	U-space	5
2.1	EU:n yhtenäinen liikenteenhallintajärjestelmä	5
2.2	U-space-ilmatila ja -palvelut	5
	2.2.1 Pakolliset U-space-palvelut.....	7
	2.2.2 Muut mahdolliset lisäpalvelut.....	7
2.3	Yhteiset tietopalvelut (CIS)	7
	2.3.1 CIS-tiedon lähteet ja kulku käyttäjille	8
2.4	Palveluihin liittyvät investoinnit ja kustannukset	9
2.5	Milloin dronejen liikenteenhallintaa tarvitaan?	10
	2.5.1 Esimerkkitapauksia	11
	2.5.2 Sveitsin U-space-malli	12
	2.5.3 U-space helpottamassa markkinoiden kasvua	13
2.6	U-spacen hallinnollisen rakenteen mallit	14
3	UAM markkinakatsaus ja ennusteita.....	15
3.1	Dronetoiminnan ekosysteemi ja käyttötapaukset	17
	3.1.1 Käyttötapauksia	18
	3.1.2 Droneliiketoiminnan kasvun mahdollistajat ja hidastajat	19
	3.1.3 Ekosysteemi ja arvoketjut	20
4	Selvityksen yhteenveto	21
4.1	Tarve U-space-ilmatiloille.....	21
4.2	CIS-malli ja rahoitus	22
5	Lähdeluettelo.....	24

1 Selvityksen tavoite

Selvityksessä arvioidaan miehittämättömän ilmailun tulevaa markkinakehitystä ja esitetään arvioita mahdollisesta tarpeesta liikenteenhallinnalle ja U-space-ilmatilojen perustamiselle. Selvityksessä kerätään yhteen jo tehtyjen selvitysten näkemyksiä ja pohditaan näiden vaikutusta Suomen miehittämättömän ilmailun tulevaisuuden kehitykselle. Dronemarkkinoiden kehityksen arvion perusteella arvioidaan myös tarvetta U-space-ilmatilojen perustamiselle ja soveltuvinta mallia yhteisten tietopalveluiden (CIS) tarjoamiseksi Suomessa. Lisäksi selvityksessä on tarkoituksena avata U-space-konseptia sekä sen taustoja ja tarpeellisuutta eri käyttökohteiden ja esimerkitapausten avulla.

1.1 Selvityksen taustaa

Työssä hyödynnetään avoimia tietolähteitä ja jo tehtyjä selvityksiä. Liikenteenhallinnan ja U-spacen osalta tukeudutaan edellä mainittujen tietolähteiden ja selvitysten lisäksi Traficom:n asiantuntijatietoon, jota on kerrytetty mm. sidosryhmäyhteistyön ja koulutuksen kautta sekä osallistamalla regulaation kehitys- ja muokkaustyöhön ja U-space-työryhmätyöskentelyyn Euroopan muiden viranomaisten kanssa. Selvitys keskittyy dronetoiminnan markkinoiden sekä käyttötapauksien kehitykseen ja ottaa rajoitetusti kantaa teknologioihin. Selvityksen lopputuloksia käytettäessä tulee huomioida, että erityisesti kaupallisen markkinakehityksen arviot perustuvat suurelta osin dronemarkkinoilla toimivien kaupallisten tahojen omiin ennusteisiin ja ne saattavat olla osin rajoittuneita. Lisäksi tulee huomioida selvityksessä hyödynnettyjen hankeraporttien pilottitoiminnan voimakas paikallisuus, joka saattaa vaikuttaa lopputulosten yleistettävyyteen.

Selvityksen näkemyksiä peilataan erityisesti Euroopan Komission julkaisemassa Euroopan Unionin Dronestrategia 2.0:ssa määriteltyihin tavoitteisiin. Komission strategia tähtää Euroopan Unionin yhteisen dronemarkkinan rakentamiseen ja siiviili-, turvallisuus-, sekä puolustusteollisuuden kyvykkyyksien ja synergioiden vahvistamiseen. Strategiassa painotetaan myös, että olennainen osa innovatiivisten teknologioiden käyttöönottoa ja arvonluontia myös kansalaisille on yhteiskunnallinen hyväksyntä.

Strategian visiossa dronet ovat vuonna 2030 osa EU-kansalaisen arkipäivää. Niiden avulla tuotetaan pelastuspalveluja, kartoitus- ja kuvantamis- ja valvontapalveluita, sekä kiireellisiä pienkuljetuspalveluita kuten lääkintätarvikkeiden ja lääkkeiden kuljetuksia.

Komission visiossa ilmataksit ja vastaavat IAM (Innovative Air Mobility) -palvelut ovat vuonna 2030 kehittyneet varteenotettaviksi kuljetusvaihtoehdoiksi, aluksi kuljettajan kanssa mutta tähdäten myöhemmin täysin automaattiseen operointiin.

Strategiassa on määritelty 19 toimenpidettä tulevaisuuden dronemarkkinan mahdollistamiseksi kahdessa pääkategoriassa:

1. Euroopan Unionin yhteisen dronepalvelumarkkinan rakentaminen
 - Ilmatilanhallinnan kyvykkyyksiä, U-spacea ja lennonjohdon integraatiota kehittämällä
 - Aerial Operations -toiminnan fasilitoinnilla

- Innovatiivisten liikkumismuotojen kehittämistoimilla
 - Kestävän kehityksen ja sosiaalisen hyväksynnän varmistamisella
 - Ihmiskeskeisen lähestymisen keinoilla
2. Euroopan teollisuuden (kaupallinen sektori, turvallisuus- ja puolustussektorit) kyvykkyyksien ja synergioiden vahvistaminen:
- Rahoituksen ja rahoitusinstrumenttien avulla
 - Strategisten teknologioiden ja teknologiamahdollistajien tunnistamisella
 - Testaus, pilotointi ja demonstrointimahdollisuuksien varmistamisella
 - Yhteisen standardoinnin edistämällä
 - Systemisen resilienssin ja counter-UAS (C-UAS) -kyvykkyyden kehittämisellä.

2 U-space

2.1 EU:n yhtenäinen liikenteenhallintajärjestelmä

U-spacella tarkoitetaan mahdollisimman pitkälle digitalisoitua ja automatisoitua miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien (UAS) liikenteenhallintajärjestelmää (UTM, UAS Traffic Management). Liikenteenhallintaa tarvitaan toiminnan turvallisuuden varmistamiseksi erityisesti silloin, kun on tarvetta yhteensovittaa perinteistä ilmailua ja droneliikennettä, tai kun jollain alueella on paljon samanaikaisia droneoperaatioita.

U-space on Euroopan sisällä harmonisoitu eräänlainen UTM-järjestelmä, joka koostuu U-space-ilmatiloista, U-space-palveluista ja yhteisistä tietopalveluista (CIS, Common Information Service). Projekti Euroopan sisällä yhtenäisen UAS-liikenteen hallinnan sääntelykehiksestä käynnistettiin varsinaisesti vuonna 2018, ja maaliskuussa 2020 Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA julkaisi ehdotuksensa komissiolle U-space-asetukseksi (EASA Opinion 01/2020). U-spacea koskeva EU-asetus (EU) 2021/664 julkaistiin lopulta huhtikuussa 2021, ja se tuli sovellettavaksi 26.1.2023. U-space-asetusta koskevat ensimmäiset hyväksyttävien vaatimusten täyttämisen menetelmät (Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM)) julkaistiin EASA:n toimesta joulukuussa 2022. Asetuksen myötä myös Suomessa on tehty lisäyksiä kansalliseen sääntelyyn (ilmailulain muutos 174/2023, voimaan 20.2.2023). Lakimuutoksella säädettiin U-spacen täytäntöönpanon edellyttämistä kansallisesti määritettävistä asioista.

2.2 U-space-ilmatila ja -palvelut

U-space-ilmatila on tietyn tyyppinen UAS-ilmatilavyöhyke, joka voidaan perustaa hakemuksesta turvallisuuteen, turvatoimiin, yksityisyyteen tai ympäristöön liittyvistä syistä. Suomessa tällaisen ilmatilan perustaa määräyksellä Traficom, joka tekee asiasta ilmatilan riskiarvion (ARA) ja koordinoi ilmatilan mahdolliset vaikutukset muiden sidosryhmien kanssa (koordinaatiomekanismi). U-space-ilmatila on

erityinen ilmatilatyyppeistä siitä syystä, että ensimmäistä kertaa ilmatilan perustamisprosessissa myös esimerkiksi kaupunkien tulee kuulla koordinaatiomekanismin kautta. Lähtökohtaisesti U-spacen on ajateltu kattavan hyvin matalan ilmatilan (VLL, Very Low Level airspace) operaatiot, jolloin puhutaan alle 500 jalan (150 m) korkeuksista. Näillä korkeuksilla perinteistä miehitettyä ilmailua on hyvin rajoitettua, mutta esimerkiksi lääkintähelikopterilentoja (HEMS), viranomaislentoja (mm. Rajavartiolaitos), sotilasilmailua, vesilentotoimintaa sekä lentopaikkojen läheisyydessä tapahtuvia operaatioita osuu myös matalille korkeuksille. Korkeutta ei kuitenkaan ole asetuksessa rajoitettu, eli U-space-ilmatilan yläraja on tarvittaessa mahdollista määrittää myös yli 500 jalan korkeuksiin, jolloin vaikutukset tulee luonnollisesti huomioida ilmatilan riskiarviossa.

Jokaisessa U-space-ilmatilassa tulee olla vähintään yksi U-space-palveluntarjoaja (USSP, U-space Service Provider), jonka tulee tarjota droneoperaattoreille ainakin neljää pakollista palvelua: verkkotunnistuspalvelu, paikkatietoisuuspalvelu, UAS-lennätyslupapalvelu ja liikennetietopalvelu. Muita vaihtoehtoisia palveluita ovat säätietopalvelu ja ehtojen noudattamisen seuranta- ja raportointipalvelu. Vaihtoehtoiset palvelut voidaan tarvittaessa määrittää pakollisiksi ilmatilan riskiarvion tulosten perusteella. Tulevaisuudessa on mahdollista, että U-space-palveluita tulee enemmänkin, mutta toistaiseksi asetuksessa tunnustetaan ainoastaan edellä mainitut kuusi palvelua. Mahdollisen USSP:n tulee täyttää U-space-asetuksen vaatimukset ja hakea yrityksen pääpaikan mukaan kyseisen maan toimivaltaiselta viranomaiselta (tai EASA:lta) U-space-palveluntarjoajan todistusta ennen kuin se voi alkaa tarjota U-space-palveluita.



Kuva 1. U-space-ilmatilan havainnekuva (lähde: EASA)

Selvityksen tekohetkellä Suomessa tai muuallakaan Euroopassa ei ole vielä yhtään perustettua tai toiminnassa olevaa U-space-ilmatilaa. Traficomille ei myöskään ole tullut yhtään hakemusta USSP- tai CIS-palveluntarjoajaksi. EU-asetuksessa ei vaadita jäsenvaltioita perustamaan U-space-ilmatiloja, vaan asetetaan säännöt ja ehdot, joita tulee noudattaa, jos niitä päätetään perustaa. Perustamisen syyn tulee kuitenkin olla erittäin painava, sillä kyseisissä ilmatiloissa lentäminen asettaa rajoituksia ja vaatimuksia sekä dronelennättäjille että joissain tapauksissa myös perinteisille ilmailijoille. U-space-ilmatilassa droneoperaattoreiden on kyettävä käyttämään pakollisia U-space-palveluita, ja siten myös laitteille (dronelle) aiheutuu tiettyjä vaatimuksia.

Droneista ainoastaan avoimessa kategoriassa (A1) toimivat alle 250 g painoiset dronet, EU:n droneasetuksen (EU) 2019/947 16 artiklan mukaisesti luvan saaneet lennokkikerhot, valtion miehittämätön ilmailu sekä mittarilentosääntöjen (IFR) mukaan operoivat dronet ovat U-space-asetuksen soveltamisalan ulkopuolella. Perinteisten miehitettyjen ilma-alusten tulee olla elektronisesti näkyviä niissä tapauksissa, joissa U-space-ilmatila on perustettu valvomattomaan ilmatilaan. Tämä perinteistä miehitettyä ilmailua koskeva vaatimus on kirjattu Euroopan yhteisiä lentosääntöjä (SERA) koskevaan EU-asetukseen (EU) N:o 923/2012.

2.2.1 Pakolliset U-space-palvelut

1. Verkkotunnistuspalvelu (Network Identification Service):
 - Dronen sijainti-, korkeus-, nopeus- ja suuntatiedot sekä tunnistetiedot
2. Paikkatietoisuuspalvelu (Geo-Awareness Service):
 - Voimassa olevat ilmatilarajoitukset toiminta-alueella
3. Liikennetietopalvelu (Traffic Information Service):
 - Tiedot muusta vaikuttavasta ilmaliikenteestä (dronet ja miehitetty ilma-alukset)
4. UAS-lennätyslupapalvelu (UAS Flight Authorisation Service):
 - Kyseisten lennon ehtojen ja edellytyksien vahvistaminen ennen lentoonlähtöä

2.2.2 Muut mahdolliset lisäpalvelut

5. Sää tietopalvelu (Weather Information Service):
 - Sääennusteet ja ajantasaiset sää tiedot joko ennen lentoa tai sen aikana
6. Ehtojen noudattamisen seuranta palvelu (Conformance Monitoring Service):
 - Varoitus dronelennättäjälle jos hän poikkeaa lennätysluvan ehdoista tai rajoituksista

2.3 Yhteiset tietopalvelut (CIS)

Yhteisiin tietopalveluihin eli CIS-palveluun (Common Information Service) kuuluu U-spacen toimivuuden ja palveluiden kannalta välttämättömät tiedot ja niiden jakaminen palveluntarjoajille (USSP) ja käyttäjille (UAS operaattorit). CIS-palvelu

voidaan U-space-asetuksen ja ilmailulain mukaan toteuttaa joko keskitettynä (centralised CIS) tai hajautettuna (de-centralised CIS). Valtioneuvosto voi nimetä U-spacen yhteisen tietopalvelun tarjoajan, joka kokoaisi ja tarjoaisi yhteisiä tietopalveluja yksinoikeudella yhdessä tai useammassa U-space-ilmatilassa. Nimeämisen lisäksi tällaisen tahon tulee täyttää U-space-asetuksessa luetellut organisaatiota ja palvelua koskevat vaatimukset, ja sen tulee olla sertifioitu toimivaltaisen viranomaisen (Suomessa Traficom) toimesta. Toinen vaihtoehto on järjestää CIS-palvelu hajautettuna mallina, jolloin nimeämistä tai sertifiointia ei vaadita. Suomessa ilmailulain mukaan hajautetussa mallissa Traficom vastaisi U-space-ilmatilan CIS-palvelun osana välttämättömien tietojen asettamisesta saataville. Traficom voisi hoitaa tehtävän itse tai hankkia palvelun yksityiseltä tai julkiselta palveluntarjoajalta. Tiedonvaihdon toimivuus, luotettavuus ja CIS-tiedon saatavuus on varmistettava myös hajautetussa mallissa siitä huolimatta, että erillistä sertifiointia ei edellytetä. Suomessa CIS-palvelun ja sen toteutuksen osalta on käyty keskusteluja sekä keskitetyn että hajautetun mallin osalta.

Yhtenäisen eurooppalaisen ilmatilan toteuttamista koskevan vielä selvityksen valmistumishetkellä julkaisemattoman SES2+-asetuksen hyväksytyjen kirjausten mukaan CIS-palveluntarjoajan päätoimipaikan tulee sijaita kyseisessä jäsenvaltiossa, ja lähtökohtaisesti palveluntarjoajan tulee olla yli 50-prosenttisesti jäsenvaltion tai sen kansalaisten omistuksessa. Lisäksi CIS-palveluntarjoajien tulee täyttää turva- (security) ja puolustusasioita (defence) koskevat kansalliset vaatimukset.

2.3.1 CIS-tiedon lähteet ja kulku käyttäjille

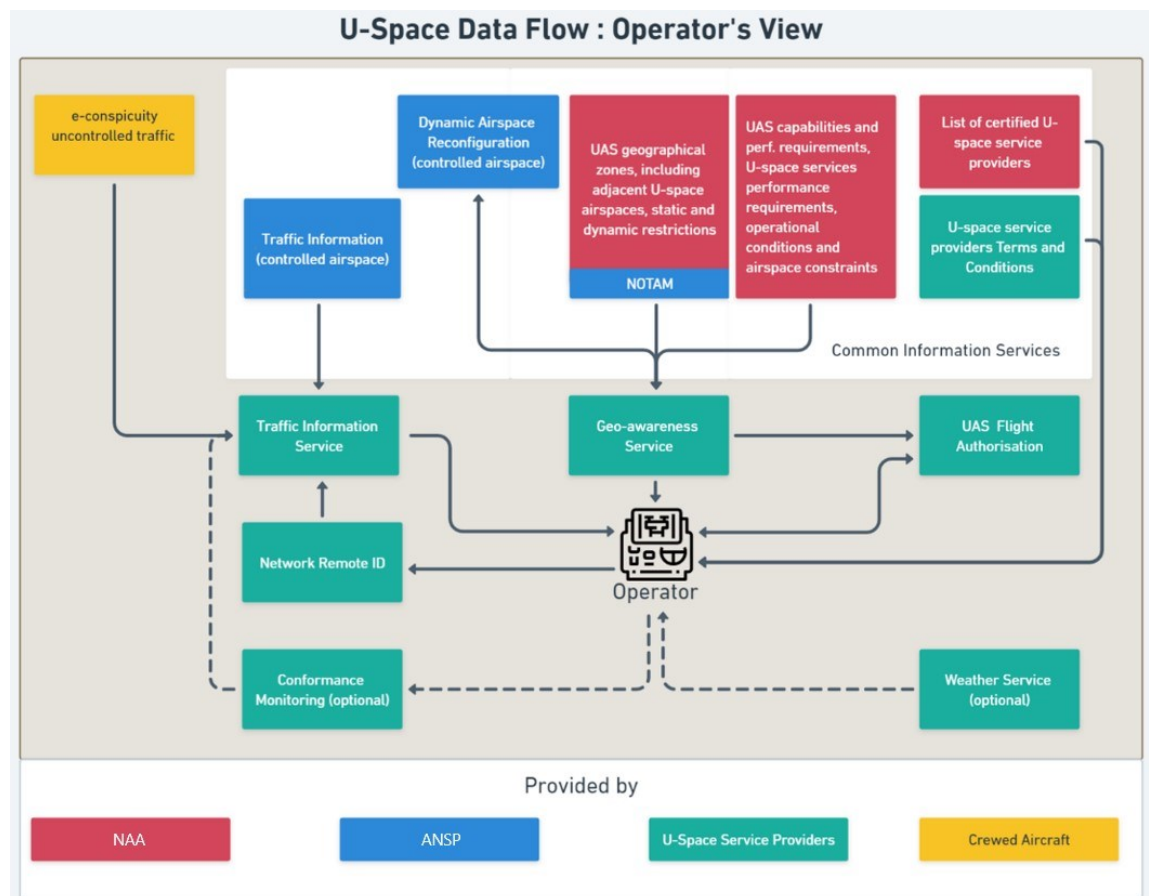
U-spacen toimivuuden ja palveluiden kannalta välttämätöntä yhteistä tietoa eli CIS-tietoa ovat:

- U-space-ilmatilan sivu- ja korkeusraajat
- Lista palveluntarjoajista (tunniste- ja yhteystiedot)
- Tarjottavat U-space-palvelut
- Palveluiden käyttöehdot
- Tiedot ilmatilarakenteista
- Staattiset ja dynaamiset ilmatilatiedot ja -rajoitukset
- Ilmatilan suorituskykyvaatimukset
- Mahdolliset vierekkäiset U-space-ilmatilat
- Operatiivinen liikennedata (valvottu ilmatila)
- Dynaaminen ilmatilan uudelleenjärjestely DAR (valvottu ilmatila)

Yllä luetellut CIS-tiedot voivat olla peräisin kolmesta eri lähteestä: Lennonvarmistuspalveluntarjoajilta (ANSP), U-space-palveluntarjoajilta (USSP) tai kansalliselta ilmailuviranomaiselta (NAA). Kuvassa 2 on esitetty CIS-tiedot sekä niiden lähteet valkoisen laatikon sisällä. Keskitetyssä mallissa, jossa CIS-palveluntarjoaja (CISP) toimisi yksinoikeudella, kaikki CIS-tieto asetettaisiin ko. CISP:n saataville, ja tämän olisi U-space-asetuksen mukaan annettava pääsy yhteisiin tietopalveluihin

asiaankuuluville viranomaisille, ilmaliikennepalvelujen tarjoajille, U-space-palveluntarjoajille ja miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien käyttäjille syrjimättömällä tavalla sekä siten, että datan laatu, latenssiaika ja suojaustasot ovat samat.

Hajautetussa mallissa ajatuksena on se, että olemassa oleva CIS-tieto tulee eri lähteistä, eli sertifioiduilta palveluntarjoajilta (ANSP, USSP) sekä viranomaiselta (NAA), tiedon käyttäjille joko jonkin alustan kautta tai suoraan palveluntarjoajien välisten sekä palveluntarjoajien ja operaattoreiden välisten rajapintojen kautta. Kuvassa 2 on esitetty Sveitsin siviili-ilmailuviranomaisen (FOCA) näkemys hajautetusta mallista ja U-spaceen liittyvien CIS-tietojen siirtymisestä UAS-operaattorille joko suoraan tai eri U-space-palveluiden kautta.



Kuva 2. U-spaceen liittyvän tiedon lähteet ja kulku palveluiden kautta UAS-operaattorille (lähde: FOCA)

2.4 Palveluihin liittyvät investoinnit ja kustannukset

Sekä USSP- että CIS-palveluiden kehittäminen ja käyttöönotto edellyttävät investointeja. Todennäköisesti suurimmat kustannukset aiheutuvat erilaisten digitaalisten alustojen, käyttöliittymien ja rajapintojen testaamisesta ja kehittämisestä sellaisiksi, että niillä voidaan täyttää eri palveluihin liittyvät asetuksen vaatimukset mm. yhteentoimivuuden (Interoperability) ja ohjelmistojen varmuuden/luotettavuuden (Software assurance) osalta. Tarkkoja summia on mahdotonta sanoa, sillä Euroopassa ei ole selvityksen laatimishetkellä vielä yhtään toimivaa U-space-ilmatilaa, eikä myönnetty yhtään USSP- tai CISP-todistusta, mutta nämä voivat aiheuttaa palveluntarjoajille merkittäviäkin kustannuksia. Joitain viitteitä kompleksisuudesta kertoo kuitenkin se, että ensimmäinen USSP-palveluntarjoajan hakemus on ollut EASA:lla käsittelyssä selvityksen valmistumishetkellä jo n. 18 kuukauden ajan.

Yksinoikeudella toimivalle CIS-palvelun tarjoajalle sekä USSP:lle kohdistuvia muita kustannuksia aiheuttavia vaatimuksia ovat ainakin hallintojärjestelmän kehittäminen ja ylläpito, joihin liittyy vahvasti myös liikenteen maksuasetukseen kirjatut todistuksen myöntämisen kustannukset ja valvonnan vuosimaksut, jotka Suomessa ovat molemmat suuruudeltaan 4500€. Suomessa nämä maksut suhteutettiin alun perin rajoitetun ilmaliikennepalvelun tarjoajan (ATSP) todistuksen maksuihin, mutta keskustelut EASA:n ja muiden jäsenvaltioiden kanssa ovat osoittaneet, että Suomen tämänhetkinen maksu etenkin sertifiointin osalta on hyvin alhainen suhteessa odotettuun työmäärään. Tästä johtuen todistuksen myöntämiseen liittyviä maksuja arvioidaan uudelleen seuraavan maksuasetuksen päivytyksen yhteydessä.

U-space-palveluntarjoajan on edellä mainittujen asioiden lisäksi tehtävä investointeja mm. elektronisen havaittavuuden (e-conspicuity) osalta silloin, kun U-space-ilmatila perustetaan valvomattomaan ilmatilaan. Miehitetyt ilma-alukset voivat tehdä itsensä elektronisesti havaittavaksi U-space-ilmatilassa SERA:n mukaan kolmella eri tavalla (ADS-B OUT, SRD-860, standardised mobile telecommunication network), ja USSP:n tulee kyetä vastaanottamaan tietoa kaikista näistä kolmesta lähteestä. Tämä edellyttää tietysti investointeja soveltuvaan laitteistoon ja infraan. Tarvittavien laitteistojen määrä riippuisi tietysti U-space-ilmatilan koosta, mutta esimerkkinä yhden kaupunkialueen ADS-B-tunnistuksen voisi todennäköisesti hoitaa 1-2 ADS-B IN -järjestelmällä, jonka hinta-arvio selvityksen tekohetkellä on n. 2000€/kpl.

Kaikkien aloitus-, käyttö- ja ylläpitokustannusten kattamiseksi USSP:n ja yksinoikeudella toimivan CISP:n palveluistaan käyttäjiltä veloittamat käyttömaksut riippuisivat siitä, kuinka monta UAS-operaattoria ja miten suurella volyyymilla ne tulisivat operoimaan U-space-ilmatilassa, ja toisaalta siitä, kuinka paljon ulkopuolista rahoitusta palveluntarjoajat ovat saaneet alkuinvestointeihin konseptin käyttöönoton mahdollistamiseksi. Mikäli kysyntää eli käyttäjiä ja UAS-operaatioita olisi alueella vähäisesti, voisivat käyttömaksut lentoa kohden nousta hyvinkin suuriksi, jolloin liiketoiminnan kannattavuus olisi droneoperaattorin näkökulmasta alhaista.

SES2+-asetuksen mukaan silloin, kun CIS-palvelua tarjotaan yksinoikeudella, CIS-tiedosta perittävien maksujen tulisi olla sääntelyn ja kansallisen viranomaisen hyväksynnän alla, jotta liikenteenhallinnan kustannukset eivät pääsisi kasvamaan liian suuriksi. CIS-palvelun hintojen tulisi määräytyä kustannusten perusteella sisältäen kohtuulliseen voittomarginaaliin. Jotta palvelun tarjoaminen ylipäänsä olisi mahdollista, CISP:lle tulisi taata pääsy olennaiseen operatiiviseen dataan oikeudenmukaisin, kohtuullisin ja syrjimättömin perustein. Kun CIS-palvelu toteutettaisiin hajautettuna palveluna, yksittäiset CIS-tiedot tulisi tarjota ilman maksuja tai kustannuksia. Käytännössä tämä tarkoittaisi siis sitä, että lähtökohtaisesti yksittäinen CIS-tiedon lähde ei voisi periä maksuja omien tietojen tarjoamisesta tai asettamisesta saataville.

2.5 Milloin dronejen liikenteenhallintaa tarvitaan?

UTM-järjestelmiä voi olla monenlaisia, ja Euroopassa U-space-asetuksen tarkoitus on antaa jäsenvaltioille harmonisoitu sääntelykehys dronejen liikenteenhallinnan täytäntöönpanoa varten. Asetuksen mukaan U-space-ilmatiloja voidaan perustaa turvallisuuteen, turvatoimiin, yksityisyyteen tai ympäristöön liittyvistä syistä.

EASA:n valmistelutyössä perusteiden taustalla on kuitenkin korostunut turvallisuusnäkökulma, eli käytännön tasolla liikenteenhallinnalle on suurin tarve silloin, kun on yhteensovitettava perinteistä ilmailua ja droneliikennettä, tai kun jollain alueella on paljon samanaikaisia droneoperaatioita.

Muita asetuksessa mainittuja perusteita varten (turvatoimet, yksityisyys ja ympäristö) jäsenvaltioilla on mahdollisuus perustaa rajoittavia tai kieltäviä alueita (UAS-ilmatilavyöhykkeet), minne lentäminen voidaan kieltää kokonaan, tai lentämiselle voidaan asettaa tiettyjä ehtoja tai rajoituksia. Tällaisilla alueilla, minne dronejen ei haluta lentävän, ei U-spacen kaltaiselle kattavalle liikenteenhallinnalle ole juurikaan tarvetta. Myöskään sellaisilla alueilla, esimerkiksi haja-asutusalueilla tai saaristoissa, joissa välimatkat ovat pitkiä tai muuten haasteellisia, ja dronen hyödyntäminen esimerkiksi kuljetusten tms. osalta voisi olla perusteltua, ei välttämättä liikenteenhallinnalle ole tarvetta. Tällaisissa käyttötapauksissa operaatiomäärät jäisivät kuitenkin todennäköisesti melko vähäisiksi ja ne hoidettaisiin mahdollisesti vain yhden operaattorin toimesta, ja todennäköisyys kohdata miehitetty ilma-alus matalilla korkeuksilla olisi pienempi kuin kaupungissa.

U-space-ilmatiloja määrittäessään jäsenvaltioiden olisikin pohdittava ja linjattava, mikä on riittävän painava syy niiden perustamiselle. Esimerkiksi kaupallinen syy ei voi olla perusteena, vaikka jollain alueella olisikin markkinapotentiaalia, vaan taustalta täytyy löytyä vähintään yksi neljästä asetuksessa mainitusta perusteesta, joista tärkein on turvallisuus.

2.5.1 Esimerkkitapauksia

1. UAS-operaattori A haluaa alkaa tarjota logistiikkapalveluita haja-asutusalueella näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS) ja esittää samalla U-space-ilmatilan perustamista toiminta-alueelleen 0-150m AGL korkeudelle. Vaikeiden kulkuyhteyksien vuoksi esimerkiksi postin ja muiden pakettitoimitusten suorittaminen miehittämättömillä ilma-aluksilla tuo säästöjä mm. ajan, päästöjen ja kustannusten osalta. Alue on harvaan asuttua, ja siellä ei ole miehitetyn ilma-liikenteen vakioituja reittejä, harjoitusalueita tai lentopaikkoja.

Kyseisellä alueella ei toimi muita kaupallisia UAS-operaattoreita, ja todennäköisyys kohdata miehitetty ilma-alus on hyvin pieni. Liikenteenhallinnalle ei nähdä todellista tarvetta, eikä asetuksen kriteerit (turvallisuus, turvatoimet, yksityisyys ja ympäristö) tässä tapauksessa täyty, joten U-space ilmatilan perustamiselle ei ole perustetta.

2. Organisaatio B hallinnoi aluetta, jossa sijaitsee kriittistä infraa. Alueen UAS-toiminta halutaan rajoittaa minimiin, jokaiselta dronelta edellytettäisiin lennätyslupaa ja dronet halutaan näkyväksi. Organisaatio B esittää U-space-ilmatilan perustamista vedoten turvatoimiin (security).

Tässä tapauksessa U-space-asetuksen kriteerit perustamiselle täyttyvät, mutta muitakin keinoja asian ratkaisemiseksi löytyy, kuten rajoittavat tai kieltävät UAS-ilmatilavyöhykkeet. Lähtökohtaisesti U-spacen tarkoituksena on mahdollistaa suuria droneoperaatiomääriä ja yhteensovittamista miehitetyn ilmailun kanssa. U-space-ilmatilat ovat myös näkyviä alueita. Ne ovat eräänlaisia UAS-ilmatilavyöhykkeitä, jotka tulee julkaista ilmailukäsikirjassa (AIP), ja jos niiden sisälle halutaan tiettyjä alueita, joihin ei saa UAS:lla lentää, tulisi

sinne joka tapauksessa perustaa jonkinlainen rajoittava tai kieltävä UAS-ilmatilavyöhyke, koska muuten paikkatietoisuuspalvelu ei tunnista aluetta eikä osaa välittää tietoa UAS-operaattorille. U-space palvelut eivät myöskään tunnista C-merkitsemättömiä (nk. "legacy-droneja") tai itserakennettuja droneja, eli jos tahtotilana on lentää vastoin sääntelyä, ei U-space sellaisenaan valitettavasti ratkaise tätä ongelmaa. U-space-ilmtila voitaisiin siis perustaa, mutta rajoittava tai kieltävä UAS-ilmatilavyöhyke olisi toimivampi ja kustannustehokkaampi ratkaisu tässä tapauksessa, tai jos ko. aluetta ei haluta lainkaan näkyväksi kartalle (suojaavan tahon harkinta), jonkinlainen alueellinen valvonta ja torjunta (C-UAS) olisi todennäköisesti paras ratkaisu.

3. Useampi UAS-operaattori haluaa alkaa tarjota kaupallisia logistiikkapalveluita samanaikaisesti samalla tiheästi asutulla kaupunkialueella näköyhteyden ulkopuolella (BVLOS). Kaupunkialueella on ajoittain lääkärihelikopteritoimintaa (HEMS) läheisen sairaalan vuoksi. Toimijat näkevät alueella suuren markkinapotentiaalin sekä myös kansalaisia hyödyttäviä vaikutuksia, ja esittävät tältä pohjalta U-space-ilmtilan perustamista.

Kaupallinen syy ei voi olla peruste U-space-ilmtilan perustamiselle. Koska alueella tulisi toimimaan useampi eri UAS-operaattori näköyhteyden ulkopuolella, ja lisäksi alueella on mahdollista HEMS-toimintaa, liikenteenhallinnalle nähdään kuitenkin mahdollinen tarve eri operaattoreiden toiminnan yhteensovittamiseksi. Dronen ja miehitetyn ilma-aluksen yhteentörmäys voi johtaa onnettomuuteen, ja dronejen välinen yhteentörmäys voi aiheuttaa vaaraa maassa oleville ihmisille ja omaisuudelle. Tässä tapauksessa liikenteenhallinnalla voidaan oleellisesti lisätä toiminnan turvallisuutta, ja U-space-ilmtila voitaisiin perustaa **turvallisuus**perusteella.

2.5.2 Sveitsin U-space-malli

Euroopan maista U-spacen implementoinnin osalta edistynein on tällä hetkellä Sveitsi, jossa tavoitteena on saada U-space-ilmtila ja -palvelut toiminnalliseksi vuoden 2025 ensimmäisen kvartaalin (Q1/2025) aikana. Sveitsin ensimmäinen U-space-ilmtila tulee sijoittumaan valvottuun ilmatilaan Zurichin lentoaseman lähi-alueelle (CTR). Kyseisellä alueella on kiinnostusta operoida BVLOS-lentoja neljän eri UAS-operaattorin toimesta (mm. lääkinnällisiä kuljetuksia). Lisäksi alueella on 5 kpl helikopterilentopaikkoja ja sen myötä runsaasti HEMS-lentoja (n. 3200 operaatiota vuodessa) sekä muuta helikopteriliikennettä. Eri toimintojen ja operaattorien yhteensovittamistarvetta siis on, ja U-space-ilmtilan perustaminen on nähty tarpeelliseksi turvallisuusperusteella. Toki myös kaupalliset intressit ovat ajaneet kehitystä eteenpäin, vaikka yksin niihin pohjautuen ei perustamisen edellytykset täytykään. Sveitsi on valinnut CIS-palvelun osalta hajautetun mallin (decentralised CIS), jossa käytännössä kaikki tieto eri lähteistä (ATSP, NAA, toiset USSP:t) tulee suoraan USSP:lle, jonka tarjoaminen palvelujen kautta tieto siirtyy lopulta UAS-operaattoreille. Valvotun ilmatilan U-spacessa miehitetyn ilmailun liikennetieto välittyy suoraan ATSP:ltä USSP:lle, ja käyttöliittymäasian (interface) on ajateltu olevan puhtaasti ATSP:n ja USSP:n välinen sopimusasia, joka kuitenkin edellyttää investointeja ja kehitystyötä molemmilta osapuolilta. Vaikka kyseessä onkin hajautettu CIS-malli, on paikallinen ATSP saanut valtion rahoitusta juuri näiden CIS-rajapintojen ja toteutuksien kehitykseen valvotun ilmatilan U-spacen osalta.

Valvomattoman ilmatilan U-spacessa liikennetieto tulisi USSP:lle suoraan miehitetyn ilmailun e-näkyvyysvaatimuksen kautta, jolloin ATSP:n ja USSP:n välinen mahdollinen tiedonvaihto olisi yksinkertaisempaa ja sitä olisi huomattavasti vähemmän.

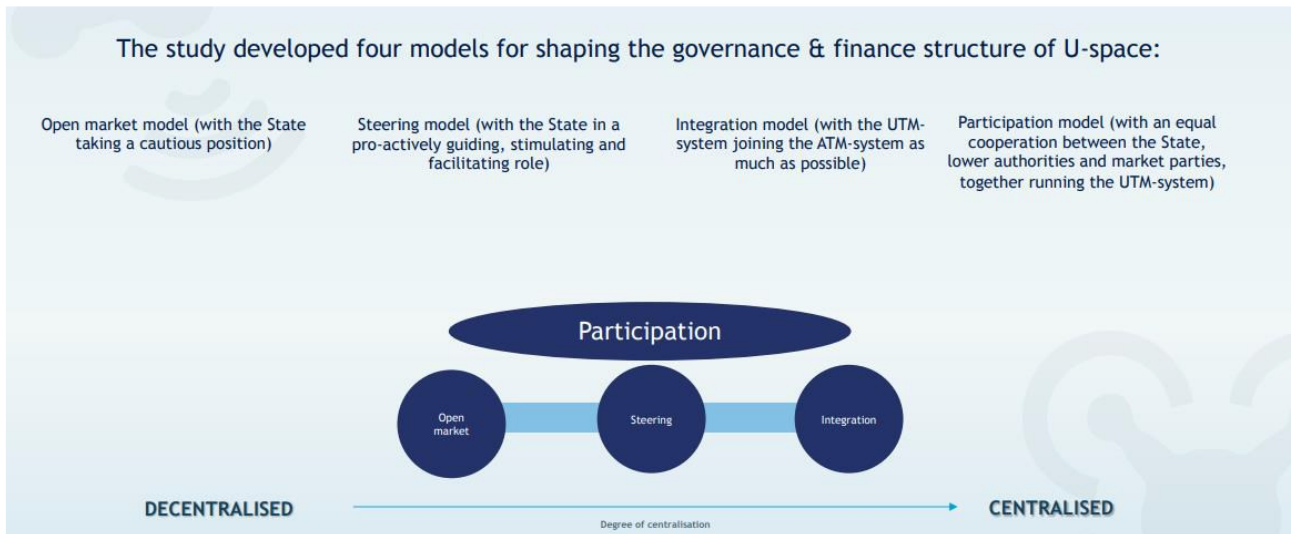
U-space-ilmatilan perustamisen edellytyksenä olevaa ilmatilan riskiarviota (ARA, Airspace Risk Assessment) varten ollaan Sveitsissä perustettu asiantuntijaryhmä, joka koostuu useammasta ilmailuviranomaisen (FOCA) työntekijästä ja kahdesta paikallisen ANSP:n (Skyguide) työntekijästä. U-space-koordinaattorina tulee toimimaan FOCA Zurichin kantonin tukemana. Selvityksen tekohetkellä ARA on vielä kesken, koordinaatiomekanismeja ei ole vielä aloitettu, eikä yhtään U-space-palveluntarjoajaa myöskään ole vielä sertifioitu.

2.5.3 U-space helpottamassa markkinoiden kasvua

U-space-konseptilla voidaan hallita liikennettä sekä yhteensovittaa erityyppisiä operaatioita, ja sitä kautta lisätä toiminnan turvallisuutta ja liikenteen sujuvuutta. U-space voidaan nähdä kuitenkin myös markkinoiden ja eri käyttökohteiden mahdollistajana, etenkin kaupunkiympäristöissä. EU:n droneasetus asettaa UAS-operaattoreille ja -operaatioille vaatimukset riskiperusteisesti toimintaympäristön ja dronen koon mukaan. Riskitasoja ja niihin liittyviä vaatimuksia on avattu droneasetuksen AMC ja GM -materiaalissa. Toiminnan kokonaisriski on riippuvainen maariskin ja ilmariskin yhtälöstä. Maariskillä tarkoitetaan dronesta aiheutuvaa riskiä sen alapuolella oleville ihmisille, ja ilmariskiluokka (ARC) perustuu siihen, kuinka todennäköisesti drone kohtaa lennon aikana miehitetyn ilma-aluksen kyseisessä ilmatilassa.

Kaupunkiympäristöissä, joissa väestötiheys on korkeampi kuin haja-asutusalueilla, on luonnollisesti myös maariskin lähtötaso korkeammalla. Myös ilmariski on kaupunkiympäristöjen matalilla korkeuksilla (<500ft) suurempi, koska esimerkiksi HEMS-lentoja ja -laskeutumisia katsotaan yleisesti olevan kaupunkialueilla enemmän kuin haja-asutusalueilla. Tämä yhtälö aiheuttaa sen, että kaupunkialueilla, missä todennäköisesti suurin kiinnostus ja markkinapotentiaali dronejen luvanvaraisen käytön hyödyntämiselle ja kehittämiselle tulee olemaan, toiminnan kokonaisriski kasvaa suureksi aiheuttaen huomattavia vaatimuksia UAS-operaattoreille ja käytettäville UAS-järjestelmille. Tämä taas vaikeuttaa toimintaluvan saamista ja kannattavan liiketoiminnan harjoittamista. Mahdollisten U-space-ilmatilojen vaikutus ilmariskitasoon ja sitä kautta myös toiminnan kokonaisriskitasoon on etenkin UAS-operaattoreiden näkökulmasta positiivinen, sillä U-space, tai ylipäänsä mikä tahansa toiminnassa oleva UTM, voidaan hyväksyä viranomaisen toimesta strategisena ilmariskin vähennyskeinona, jolloin UAS-operaattoreille kohdistuvat vaatimukset pienenevät ja luvan saaminen helpottuu. Yhtälö on kuitenkin rahoituksen ja investointien kannalta haasteellinen: toisaalta U-spacea tarvitaan, jotta markkinoiden olisi mahdollista kasvaa, mutta toisaalta taas markkinoiden ja sitä kautta droneoperaatioiden tulisi kasvaa, jotta U-spacen käyttöönotto ja U-space-ilmatilojen perustaminen olisi järkevää ja perusteltua. On tärkeää huomioida, että BVLOS-kuljetustoimintaa kaupunkiympäristössä harjoittavalle UAS-operaattoreille kohdistuvat vaatimukset ovat mahdollisesta U-space-ilmatilasta huolimatta melko kovat, ja erilaisia riskienvähennyksiä tarvitaan joka tapauksessa.

2.6 U-spacen hallinnollisen rakenteen mallit



Kuva 3: U-spacen hallinto- ja rahoitusrakenteen skenaariot (EUROCONTROL, 2023)

EUROCONTROL:n U-space-ryhmässä vuonna 2023 esitelty selvitys esittää 4 erityyppistä skenaariota U-spacen hallinnollisesta rakenteesta: Ohjaavan, avoimen, integroivan ja osallistavan markkinan.

Ohjaava skenaario on esimerkki markkinasta, jossa riittävää julkista kiinnostusta dronetoimintaan on, mutta markkina itsessään on vielä epäkypsä. Tässä mallissa valtiollinen toimija ohjaa ja aktiivisesti käynnistää toimintaa, päättää missä toiminta voidaan ja toisaalta halutaan käynnistää, määrittää ja tarjoaa perusinfrastruktuurin (havainto ja tunnistus), valvonta- ja säätelyjärjestelmän. Tässä mallissa valtiollisella toimijalla pitää olla riittävästi myös osaamista ohjaamisen onnistumiseksi.

Avoin markkina on malli, jossa markkina kehittyy liiketoimintavetoisesti pääosin pienten toimijoiden toimesta, valtio ottaa toimintaan odottavan ja seuraavan kannan. Valtiollisen toimijan rooli on rajoitettu, "tehdään mikä on pakko" eikä valtio aktiivisesti esimerkiksi rahoita toimintaa.

Integraatio on malli, jossa valtiollinen toimija valitsee U-space mallin, joka on voimakkaasti integroitu lennonjohtojärjestelmään (ATM) ja jossa erillistä U-spacea käytetään vain tilanteissa, jossa miehittämätöntä ilmaa ei voida ohjata olemassa olevalla lennonjohtojärjestelmällä. Valtion investointi ja rahoitus tulee pääosin lennonjohtotoiminnan ostamisella.

Osallistavassa mallissa valtio, paikalliset viranomaiset (ja kaupungit) sekä markkinatoimijat yhdessä kehittävät ja ylläpitävät U-space-ekosysteemin. U-space suunnitellaan sekä rahoitetaan yhdessä, niin että kaikki kattavat omat kustannuksensa.

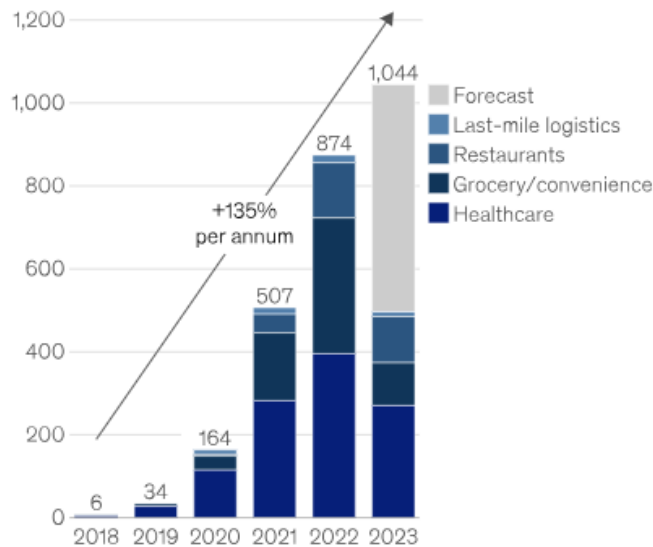
Suhtautuminen markkinan malliin vaihtelee, selviää myös CITYAM (Lundqvist et al., 2023) selvityksestä: osa toimijoista odottaa valtiollisten toimijoiden osallistuvan vähintään toiminnan perustamiskustannuksiin, toiset haluavat toiminnan olevan täysin markkinaehtoista.

3 UAM markkinakatsaus ja ennusteita

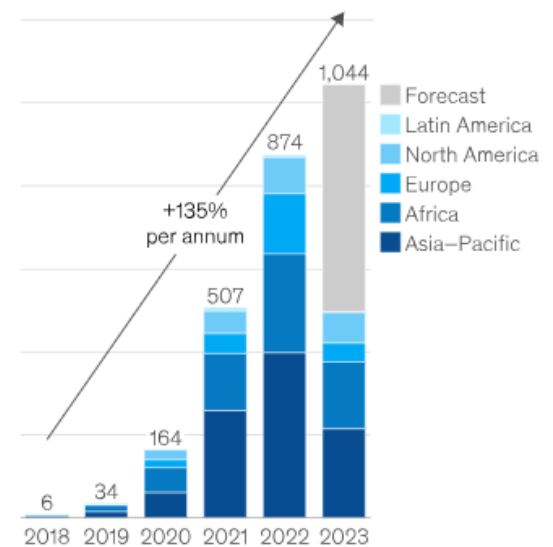
McKinsey & Companyn vuoden 2023 lopussa julkaiseman tilaston mukaan droneilla tehtävät kaupalliset toimitukset ovat kuvan 4 mukaisesti lisääntyneet vuodesta 2018 lähtien 135 % vuosittain. Ennusteiden mukaan vuonna 2023 ylitettäisiin jo miljoonan vuosittaisen toimituksen määrä ja kasvulle ei ole näkyvissä loppua, vaikkakin voimakkaimmat kasvukeskukset ovat siirtyneet Afrikkaan sekä Pohjois-Amerikkaan. (Kuva 1, McKinsey & Company, 2024)

Commercial drone deliveries are projected to exceed 1 million in 2023.

Commercial drone deliveries by use case, thousand



Commercial drone deliveries by region, thousand

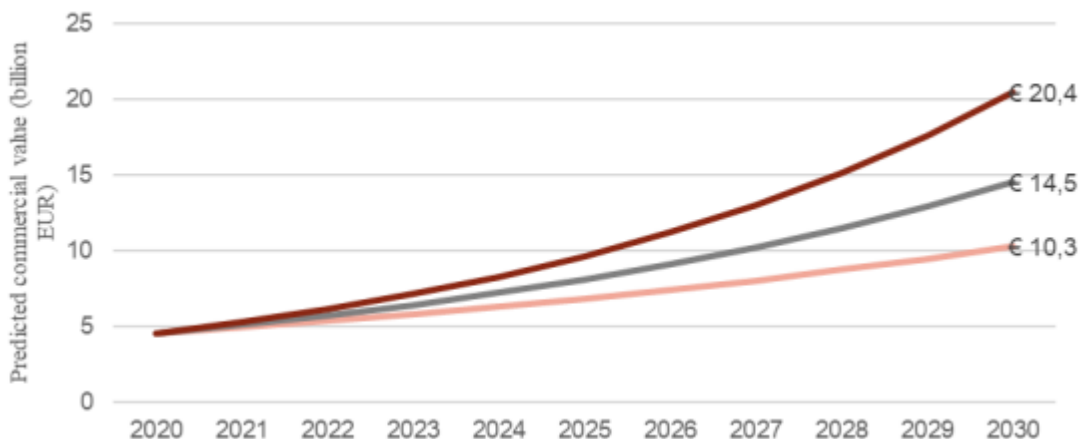


Note: Number of deliveries represents number of parcels delivered, not total number of items within the parcels.
Source: McKinsey Drone Delivery Tracker and Forecast

McKinsey & Company

Kuva 4, McKinsey & Company ennuste kaupallisista dronukuljetuksista ja niiden volyymin kasvusta vuoteen 2023

Euroopan komissio arvioi eurooppalaisen dronetoiminnan arvon kasvavan vuoteen 2030 mennessä kymmenen ja kahdenkymmenen miljardin välille



Kuva 5, dronetoiminnan kaupallisen arvon kehittyminen Euroopassa, Drone Strategy 2.0 Fact-Finding Study, Ecorys

Helsingin kaupungin vuonna 2023 teettämän selvityksen mukaan Helsingin alueen UAM (Urban Air Mobility) -palveluiden kaupallinen potentiaali on 20 miljoonasta 80 miljoonaan euroon vuositasolla (liikevaihdolla mitaten). Selvityksen tekohe-
kellä VLOS (visual line of sight) -tyyppisten palveluiden vuosiliikevaihtoarvio on alle 500 000 euroa.

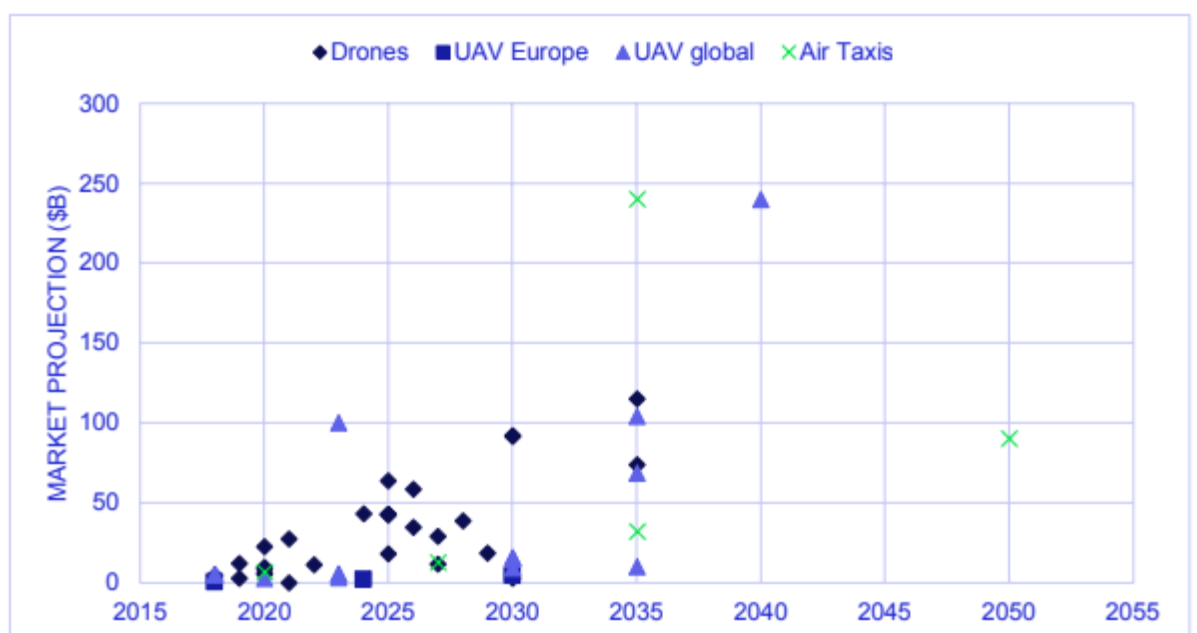
Helsingin UAM-selvityksessä markkinapotentiaalin arviointiin on käytetty lukuisia kansainvälisiä arvioita dronemarkkinan potentiaalisesta kasvusta. Vuosien 2018 ja 2023 välillä tehtyjen selvitysten keskinäinen vertailtavuus vaihtelee, sillä osa arvi-
oista koskee koko drone-ekosysteemin ja kaiken tyyppisten palveluiden kasvua, kun osa taas keskittyy tietynlaisiin käyttötapauksiin, kuten pelkästään logistiikka-
palveluihin (Mobility Lab Helsinki, 2023).

Robots Expertin Oulun kaupungille vuonna 2021 tekemä selvitys arvioi puolestaan Suomen tasolla pakettivolyymin kasvavan jopa 20 % vuosittain vuodesta 2020 vuosikymmenen loppuun asti lähes 650 miljoonaan pakettiin.

Robots Expertin laskelmissa 32 % pakettivolyymistä on kuluttajapakettimarkki-
naa, eli vuonna 2030 kuluttajapakettimarkkina Suomessa olisi noin 203 miljoonaa toimitusta joista pessimistisimmän arvion mukaan 1 % (2 miljoonaa pakettia vuo-
dessa) ja suurimman arvion mukaan jopa 20 miljoonaa pakettia vuosittain kulje-
tettaisiin droneilla.

Robots Expert arvioi melko samankaltaisesti muiden toimijoiden kanssa sitä, että henkilöliikenteen määrällistä potentiaalia on vielä (vuosina 2021–2023) hyvin vai-
kea ennustaa. Arvioiden mukaan ensimmäiset henkilökuljetukset todennäköisesti liittyvät terveydenhuollon käyttötapauksiin.

Kuten myös AiRMOUR-tutkimushankkeessa vuonna 2021 koottujen kaupallisten markkinaselvitysten arvioista ilmenee, autonomisen ilmailun markkinan potenti-
aalia voidaan arvioida lukuisilla eri tavoilla ja ennusteiden haarukat ovat laajoja.



Kuva 6: Markkinaennusteita koottuna erilaisista markkinatutkimuksista (Georgiev, Lar-
routou, & Stjernberg, 2021)

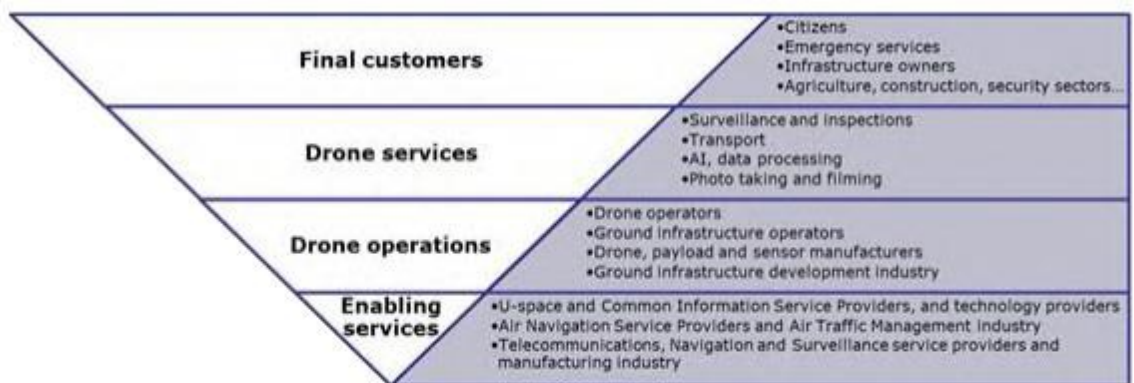
Markkinaselvityksissä ollaan yleisesti varsin optimistisia sekä yhtä mieltä siitä, että dronemarkkina kasvaa ja kehittyy. Se, kuinka paljon ja millaiseen toimintaan kasvu keskittyy, on selvitysten perusteella riippuvaista myös regulaation ja kansallisten toimijoiden kyvystä tukea markkinan kasvua.

Seuraavissa kappaleissa esitellään dronetoiminnan ekosysteemiä, käyttötapauksien tilaa ja tulevaisuutta sekä vedetään yhteen markkinan kehitystä mahdollistavia ja hidastavia tekijöitä.

3.1 Dronetoiminnan ekosysteemi ja käyttötapaukset

UAS-toiminnan muodostama arvoketju sisältäen dronet, operaattorit ja liikenteen-hallinnan on kompleksinen ekosysteemi teknologioita, tietojärjestelmiä ja tiedon-kulun alustoja. Ekosysteemiin sisältyy lisäksi lennonvarmistus ja lennonohjausjär-jestelmiä, datan siirtämiseen tarvittavaa verkkoa, verkkoa turvaavaa kyberturvaa, fyysistä infraa, sähköinfraa, akkuja sekä erilaisilla autonomian asteilla olevia fleet management -järjestelmiä. Kehittyvissä ekosysteemin enabler-teknologioissa ovat lisäksi mukana AI, robotiikka, akku- ja puolijohdeteknologiat, mobiiliverkot, 5G sekä 6G.

Teknologioiden lisäksi arvoketjuun sisältyy vahva sosiaalinen aspekti. Euroopan komission EU:n dronestrategia 2.0 painottaa myös dronetoiminnan ympäristövai-kutusten arvioinnin tärkeyttä, sosioekonomista tasa-arvoa sekä kaupunkien ja maaseudun tasa-arvoista kohtelua.



The drone eco-system

Kuva 7: Drone-ekosysteemi (EU Drone State of Play, 2022)

Komission strategia korostaa tutkimus- ja kehitystyön tärkeyttä, yhteisen regu-laation muodostamista ja yhtenäisen, läpinäkyvän rahoitusmallin muodostamista.

Yleinen hyväksyntä droneille on kohtalaisen korkea, erityisesti yleishyödyllisten, esimerkiksi lääkintäkuljetuksiin liittyvien käyttötapauksien kohdalla (EASA, 2021). B2C-liiketoiminnassa, kuten esimerkiksi ruokakuljetuksissa, hyväksyntä on sel-västi alhaisempaa ja droneissa arveluttaa paitsi niiden aiheuttama melu, myös lii-kennöinnin turvallisuus.

Uusien teknologioiden ja käyttötapauksien hyväksyntää parantaa niitä kohtaan ko-ettu luotettavuus ja turvallisuudentunne, ja yhteinen, luotettava sekä läpinäkyvä sääntely. Toisaalta sääntelyn ja koko liiketoiminta-alueen epäkypsyys omalta

osaltaan aiheuttaa epätietoisuutta ja tekee hyväksynnän sekä ennakkoasenteiden tutkimisesta sekä johtamisesta vaikeaa (Smith et al., 2022).

3.1.1 Käyttötapauksia

Edistyneen ilmailun käyttötapaukset voidaan jakaa kahteen luokkaan, ilmassa tapahtuvaan operointiin (Aerial Operations) ja ilmateitse tapahtuvaan liikkumiseen (Air Mobility).

Ensimmäiseen käyttötapausluokkaan kuuluva toiminta kattaa esimerkiksi erilaisen miehittämättömällä ilma-aluksilla (UAV) tapahtuvan valvonnan, mittaukset ja kuvantamiset. Selvityksen tekohetkellä näitä pidetään koko markkinaa eteenpäin vievinä, kypsimpinä käyttötapauksina, joita tarjotaan sekä palveluina että kasvatetaan yritysten omiksi kyvykkyyksiksi. Toiminta tapahtuu usein matalan riskin alueilla, UAV-laitteet eivät ole autonomisia ja luvitus perustuu ilmoitukseen (STS), ennakkoriskiarvioon (PDRA) tai toimijan omaan SORA-riskiarvioon.

Julkisen sektorin toimijoista poliisi sekä pelastustoimi hyödyntävät jo UAV-laitteita aktiivisesti toiminnassaan. Yksityissektorilla UAV-laitteita käytetään esimerkiksi metsäomaisuuden hallintaan, laajoilla maantieteellisillä alueilla sijaitsevan omaisuuden valvontaan (sähköyhtiöt), rakennusten kuntotutkimuksiin, rakennustyömaiden seurantaan ja erilaiseen datan keräämiseen, kuten ympäristön 3D-mallinnukseen LiDAR-keilauksin.

Ilmateitse tapahtuvaan logistiikkaan ja liikkumiseen kohdistuu paljon tutkimus- ja kehitystoimintaa sekä liiketoimintaodotuksia.

AiRMOUR-hanke tutki UAM EMS-käyttötapauksien liiketoimintamalleja. EMS-käyttötapauksilla viitataan sekä dronelogistiikkaan (lääkinnällisten laitteiden, lääkkeiden tai näytteiden kuljettamiseen) että eVTOL-laitteiden hyödyntämiseen helikopterien asemesta lääkintähenkilöstön kuljettamiseen.

EMS-logistiikan käyttötapauksia on kokeiltu useissa eri maissa ja esimerkiksi sydäntahdistinten kuljettamisen droneilla on arvioitu kilpailevan staattisten sydäntahdistinten kanssa kustannustehokkuudessa (Kramar et al., 2023, Schierbeck et al., 2023). eVTOL-käyttötapauksien tutkimus ei ole yhtä pitkällä, mutta esiselvityksissä arvioidaan uudenlaisten henkilökuljettimien olevan lopulta halvempia ja pienemmän kokonsa ansiosta helpompia operoida kuin helikopterit. Sekä tavara- että henkilölogistiikan käyttötapauksissa on potentiaalia myös nopeampiin vastaikoihin, pienempään hiilijalanjälkeen sekä matalampiin operointikustannuksiin.

Regulaation sekä U-spacen rooli näiden käyttötapauksien kehittämisessä taloudellisesti kannattavaksi on AiRMOUR-hankkeen löydösten perusteella merkittävä. Regulaation ja standardoinnin hitaus haittaa toiminnan kehitystä ja U-space puolestaan on kriittinen osa toiminnallista infrastruktuuria (Kramar et al., 2023).

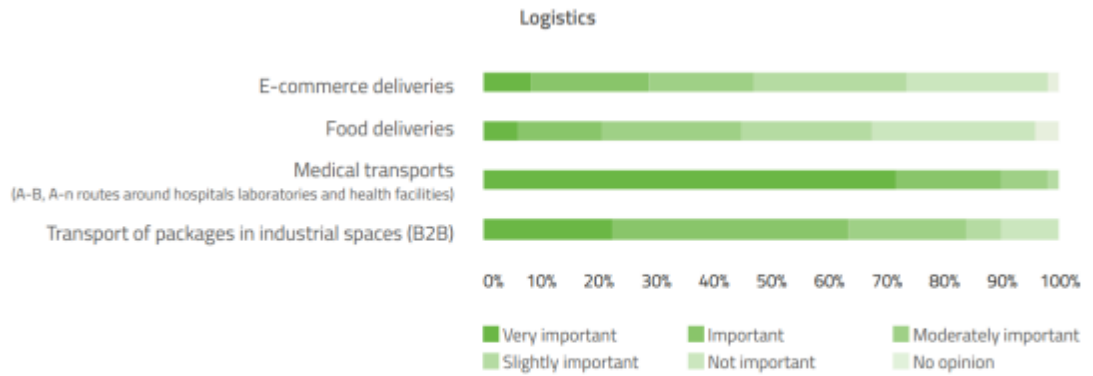


Figure 4. Across Europe, medical transport services are considered much more important than other use cases. B2B use cases are seen more important than B2C services (EIT Urban Mobility, 2022).

Kuva 8: Logistiikan käyttötapauksen tärkeyttä kuvaava mielipidemittaus. (EIT Urban Mobility, 2022)

B2B-käyttötapauksia logistiikalle on runsaasti myös EMS-toiminnan ulkopuolella. Esimerkiksi suurilla rakennustyömailla, kaivosalueilla tai laajoilla maantieteellisillä alueilla droneja voidaan hyödyntää erityisesti pienten, kiireellisten toimitusten tekemiseen. Nordic Drone Initiativen mukaan rajoitettujen alueiden käyttötapaukset tulevat todennäköisesti luomaan merkittävästi enemmän liiketoiminnallista arvoa kuin avoimen ilmatilan. Haja-asutusalueilla tai vaikeasti saavutettavissa sijainneissa kuten saaristossa, dronet nähdään potentiaalisina erityisesti toimitusketjun loppupäässä.

Lentola Logistics toteutti vuoden 2023 keväänä Media-alan tutkimussäätiön rahoittaman kokeilun sanomalehtien jakelulla harvaan asutulla alueella. Erityisesti haja-asutusalueella pitkät matkat yksittäisen pienten, mutta ei-kriittisen toimitusten teossa ovat kalliita ja ilmaitse tapahtuvassa kuljetuksessa nähdään potentiaalia paitsi kustannussäästöihin, myös hiilineutraalimpaan toimintamalliin. Sanomalehtiliiketoiminta muodostaa myös kriittisen osan yhteiskunnallista tiedonvälitystä ja vaikka lähtökohtaisesti liiketoiminta on voittoa tavoittelevaa, julkinen sektori on myös kiinnostunut sanomalehtijakelun toiminnan varmistamisesta.

Henkilökuljetusten suhteen tulevaisuuden liiketoimintamahdollisuuksien arviointi on haastavaa. Potentiaaliset markkina-arviot nousevat EU-alueellakin miljardeihin vuoteen 2035 mennessä, mutta haasteita riittää ratkaistavaksi niin teknologioissa, luvituksessa kuin liiketoimintamallien kannattavuudessa. Vuoteen 2030 mennessä Euroopassa nähdään kuitenkin todennäköisesti jo ensimmäisiä kaupallisia eVTOL-lentoja, jotka operoivat alueellisesti (CITYAM, 2023).

Henkilöliikenteen käyttötapauksiin liittyy paitsi itse kuljetuksen turvallisuuden ja teknologian haasteita, myös suurempien ilma-alusten edellyttämän laskeutumisinfrastruktuurin vaatimuksia ja toiminnan perustamisen kustannukset ovat hyvin korkeat (Porsche, 2018). Toisin kuin tavaralogistiikassa, kuluttajien asenteet ja innostus uudenlaisia ilmailumuotoja kohtaan on vielä melko vähäistä.

3.1.2 **Droneliiketoiminnan kasvun mahdollistajat ja hidastajat**

Erityisesti BVLOS-operaatioiden mahdollistaminen tulee kiihdyttämään dronekäyttötapauksen skaalautumista ja markkinan kasvua (McKinsey & Co 2021, Morgan

Stanley 2021, PwC 2022, Kramar et al., 2021). Lisääntyvä autonomia ja mahdollisuus hallita useampia laitteita samasta järjestelmästä laskee operoinnin kustannuksia ja tukee toiminnan skaalautumista ja laajentumista.

U-space-ilmatilojen perustaminen ja operointi on merkittävä avainkysymys drone-markkinoiden onnistumiselle sekä jatkokehitykselle. UAM-toiminnan merkittäväksi riskiksi listataan useissa selvityksissä liiketoimintamallien toimivuus ja tuottavuus. U-space-toiminta vaatii korkean teknologian infrastruktuuria, jonka rakentaminen, operointi sekä käyttö aiheuttavat kustannuksia. Jos U-spacen käyttökustannukset ovat liian korkeat, kaupallisten toimijoiden kiinnostus vähenee (Nordic Drone Initiative). Jos UAM-toimintaan ja siihen liittyvään liiketoimintaan halutaan panostaa kestävästi liikkumisen näkökulmasta, valtiolliset investoinnit ja regulaatio tulisi ohjata mahdollisimman laajasti erilaisia toimijoita hyödyttävän toiminnan aloittamisen tukemiseen ja laajennukset kohti erityiskäyttötapauksia tai teknologialtaan ja kannattavuudeltaan epävarmempia käyttökohteita kattaa myöhemmin kaupallisella liiketoiminnalla. (Urban Air Mobility and Sustainable Urban Mobility Planning – Practitioner Briefing, 2021)

Henkilökuljetukset ilmataksien tyyliin tuskin yleistyvät vielä vuoteen 2030 mennessä, mutta mahdollisuuksia on tiettyjen rajattujen käyttötapauksien kohdalla. Näitä voivat olla esimerkiksi hätäkuljetukset, sairaaloiden henkilökuljetukset ja vastaavat, joissa helikopteri korvaantuu pienemmällä drone-tyylisellä laitteella lyhyellä ja keskipitkällä matkalla. (AirMour, 2022)

Pohjoisen sääolosuhteissa on omat haasteensa etenkin säännölliselle ilmaliikennöinnille. Matalassa ilmatilassa jäätäviä olosuhteita on keskimäärin 13 päivää vuodessa – määrä vaikuttaa vähäiseltä mutta voi aiheuttaa palvelujen saatavuusongelmia kriittisissä tilanteissa. Jäänestöjärjestelmät todennäköisesti kehittyvät lähivuosina muun teknologian ohessa, mutta niiden käyttöönotto puolestaan lisää operoinnin kustannuksia. Kylmä sää vaikuttaa myös akkujen kapasiteettiin ja lisää lataus- sekä huoltoinfrastruktuurin tarvetta (Prieto et al., 2021). Näin ollen Suomen sääolosuhteissa ympärivuotisen säännöllisen kannattavan UAS-liiketoiminnan harjoittaminen voi olla haasteellista.

3.1.3 Ekosysteemi ja arvoketjut

Erityisesti henkilökuljetus, mutta joissain tapauksissa myös logistiikka tarvitsee tuekseen vertiporteja, eli eVTOL-ilma-alusten laskeutumispaikkoja, ja muuta laskeutumisinfrana. Tulevaisuuden laskeutumisinfran tila- ja muut tarpeet olisivat syytä huomioida esimerkiksi kaavoituksen ja muun kaupunkisuunnittelun yhteydessä.

Erityisesti miehittämättömän dronetoiminnan markkina on edelleen hyvin epäkypsiä ja useita asioita regulaatioihin liittyen on vielä ratkaisematta. Koska sääntely itsessäänkin on epäkypsää, sen tulkitseminen ja hyödyntäminen nimenomaan liiketoimintamahdollisuuksia tukien on epävarmaa ja onkin mahdollista, että asioita jätetään tekemättä ”varmuuden vuoksi” koska tilannetta ei ymmärretä riittävän hyvin (Smoker et al., 2019). Regulaation epäkypsyyden aiheuttamia riskejä voisi pienentää esimerkiksi etukäteen määritellyillä riskiarvioilla (PDRA) ja vakio-kenaarioilla (STS) ja nopeuttaa näin lupakäsittelyä, mikä helpottaisi etenkin pienempien toimijoiden riskejä. Tähän ei kuitenkaan EU-sääntelyssä ole jätetty juurikaan kansallista pelivaraa.

Tulevaisuuden hahmottamiseen tuo omia epävarmuuksiaan dronetoiminnan nopea kehitys, jota vielä rahoitetaan paljon EU-tason TKI-instrumenteilla. Kehityksen kääntyminen liiketoiminnaksi on vaikeasti ennustettavaa. Koska TK-toimintaan liittyy vielä päällekkäisiä ekosysteemejä ja aloitteita on lukuisilla teollisuudenaloilla mikä tahansa isompi kehityskulku tai löydetty este saattaa vaikuttaa koko UAM-ekosysteemin kehitykseen.

Myös dronetoiminnan pitkä arvoketju tulee huomioida liiketoiminnan ennakoinnissa. EU:n dronestrategiassakin mainitaan, että dronetoiminnan infrastruktuuri-vaatimuksia (vertiporteja, viestintäverkkoinfrastruktuuria, energiantuotantoa ja latausinfrastruktuuria) tulisi analysoida vielä syvemmin. Uuden infrastruktuurin mahdollistaminen itsessään voi myös luoda uutta liiketoimintaa, mutta mitä enemmän investointeja tarvitaan ulkopuolelta, sen epävarmemmaksi toiminta muuttuu. Tämän selvityksen näkökulmasta asia on oleellinen siltä kannalta, että vaikka regulaation ja U-space-toiminnan mahdollistamisen rooli liiketoimintamahdollisuuksien parantamisessa on merkittävä, yksinään näillä toimilla droneliiketoimintaa ei kiihdytetä ennusteiden tasolle.

4 Selvityksen yhteenveto

4.1 Tarve U-space-ilmatiloille

Suomalainen dronemarkkina on vielä verrattain pieni, ja edelleen kehittyvä regulaatio sekä verrattain suuret aloituskustannukset vaikuttavat liiketoimintamahdollisuuksien houkuttelevuuteen. Vaikka kansainväliset sekä kaupalliset selvitykset ovat luonteeltaan optimistisia ja ennustavat dronetoiminnasta kasvavaa liiketoiminta-aluetta, liittyy koko ekosysteemin kehittymiseen paljon epävarmuuksia niin teknologiselta kuin liiketoiminnan kannattavuuden kannalta aina pohjoisen haastavista sääolosuhteista houkuttelevien käytötapausten löytämiseen. Näihin asioihin peilaten lähitulevaisuudessa tarve U-space-ilmatiloille Suomessa on todennäköisesti vähäinen.

5–10 vuoden säteellä liikenteenhallinta- ja U-space-tarpeiden todennäköisyys kasvaa, mutta suuruusluokka on pitkälti riippuvainen siitä, miten liiketoiminnallisesti kannattavia käytötapauksia syntyy ja miten halukkaita ja kyvykkäitä USSP-palveluntarjoajia tulee markkinoille Suomessa ja/tai Euroopassa. Esimerkiksi kaupungit USSP-palveluntarjoajina eivät vaikuta toistaiseksi kovin todennäköiseltä vaihtoehdolta, vaikka kaupungeilta löytyykin kiinnostusta eri käytötapausten hyödyntämiselle ja edistämiseksi. U-space-asetuksen organisaatioon kohdistuvat vaatimukset ovat melko raskaita edellyttäen mm. hallintojärjestelmää, joka on verrattavissa joihinkin lennonvarmistuspalveluntarjoajiin (ANSP). Oleellinen kysymys onkin se, löytyykö Suomessa riittävästi kysyntää ja kyvykkyyttä ryhtyä U-space-palveluntarjoajiksi kansallisesti, vai tarjoaisivatko esimerkiksi EASA:n sertifioimat isommat palveluntarjoajat U-space-palveluita eri puolilla Eurooppaa sellaisissa paikoissa, missä tarvetta ja kysyntää on riittävästi.

U-space-konseptin täytäntöönpanossa on otettava huomioon se, että konseptin kehittäminen ja käyttöönotto, ilmatilojen perustaminen sekä palveluntarjoajien sertifiointi vievät aikaa. EASA:n USSP-sertifiointityöryhmässä esittämän arvion mukaan jo yksinään USSP- ja CIS-palveluntarjoajan sertifiointi edellyttäisi viranomaiselta noin 1000 työtuntia. U-space-ilmatilan perustaminen, siihen liittyvä

määräyshanke, koordinaatiomekanismi, ilmatilan riskiarvio sekä lausuntokierros tulee ajallisesti kestäväksi arviolta n. 8-12 kuukautta riippuen ilmatilan koosta ja kompleksisuudesta. Mikäli CIS-mallia ei ole vielä valittu siinä vaiheessa, kun todellista tarvetta ja käyttötapauksia ilmenee, voidaan realistisesti arvioida normaalin käsittelyajan lisäksi 1-2 vuoden viivettä konseptin käyttöönotolle, sillä mahdolliset nimeämiset, sopimusasiat sekä rajapintojen kehitys ja toteutus vievät aikaa. Lopullisen U-space-konseptin käyttöönoton kannalta tutkimus- ja kehitystoiminnalla onkin oleellinen rooli testauksien ja parhaiden käytäntöjen löytämiseksi, ja siksi kyseistä toimintaa tulisi edelleen mahdollistaa erilaisilla jo nykyään käytössä olevilla ilmatilaratkaisuilla (esim. tilapäiset vaara-alueet, UAS-ilmatilavyöhykkeet) ja luvituksilla ennen varsinaista täytäntöönpanoa.

VTT on käynnistänyt vuoden 2023 lopussa AIMO-hankkeen (Innovative Air Mobility as operator business), jossa selvitetään erilaisten operointimallien liiketoimintamahyötyjä. Hankkeen ensimmäinen vaihe kestää H1/2024 ja hankkeen lopputuloksia suositellaan seurattavaksi jatkotoimenpiteitä kartoitettaessa.

Jatkotoimenpiteenä suositellaan potentiaalisten U-space-/liikenteen hallinnan käytötapausten hahmottelua hyödyntäen jo olemassa olevia ilmatilaratkaisuja sellaisissa ympäristöissä, missä yhteensovittamista miehitetyn ja miehittämättömän ilmailun välillä päästään tosiasiallisesti testaamaan, eri palvelujen ja prosessien koeponnistamista, sekä tutkimus- ja kehitystoiminnan tukemista ja mahdollistamista.

4.2 CIS-malli ja rahoitus

Euroopan unionin dronestrategia antaa vaikutelman kansainvälisestä luottamuksesta toiminnan kehitysmahdollisuuksiin. Mahdollinen investointihalukkuuden puute alun vähäisestä kysynnästä johtuen voi johtaa siihen, että droneliiketoimintaan lähdetään Suomessa takamatkalta. Suomalaisen droneliiketoiminnan edistämiseksi on luontevaa, että CIS-palveluiden perustamiseen kartoitetaan erilaisia rahoitusvaihtoehtoja.

Koska dronekäyttötapauksiin liittyy yhteiskunnan kannalta positiivisia toiminnan kehitysmahdollisuuksia (EMS, logistiikkapalvelut), olisi mahdollista perustella, että rajoitetun skaalan U-space toiminnan aloitusta tuettaisiin julkisen sektorin toimesta. Julkisen sektorin rooli liikenteen automaatiassa on ennen kaikkea mahdollistaja (Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma LVM, 2021). Mahdollistajan roolissa julkinen sektori vastaa paitsi säätelyn tarpeen mukaisuudesta, myös kehittyvien teknologioiden ja markkinoiden kehityksen mahdollistamisesta ihmiskeskeisesti ja holistisesti. EU-sääntely on jäsenvaltioita velvoittavaa, mutta U-space-asetuksen kohdalla päätöksen siitä, tarvitaanko U-spacea, tekee jokainen jäsenvaltio itsenäisesti ja EU-tasoinen sääntely tarjoaa toiminnalle tarvittaessa reunaehdot.

U-Space-toiminnan perimmäinen tavoite on varmistaa, että UAS-toiminta istuu paikalliseen ja alueelliseen viitekehykseen turvallisesti haittaamatta muita liikennemuotoja, jolloin investointia tukevia argumentteja U-space-toiminnan käynnistämisen mahdollistamiseen ja kehitykseen voidaan esittää.

Lyhyen aikavälin liiketoiminnan kehityksen näkymät puoltavat enemmän osittain kokeellista U-space-konseptia, jossa hajautettua CIS-mallia hyödyntäen palveluita siin ennen kaikkea yleishyödyllisiä käyttötapauksia sekä toimintaa, jolla voidaan

testata tai tutkia turvallista yhteensovittamista ja liiketoiminnan kannattavuutta myös jatkossa. Tällaisen kokeellisen "U-spacen esiasteen" konseptin avulla voisi olla mahdollista kerätä kokemuksia ja tunnistaa parhaita käytäntöjä ennen varsinaista asetuksen mukaisen U-space-konseptin implementointia. Monet nykyiset, etenkin kuvantamispainotteiset droneliiketoimintamallit, onnistuvat ilman U-space-konseptiakin. Kysymys onkin enemmän siitä, milloin toimintoja halutaan skaalata kohti esimerkiksi säännöllistä BVLOS-toimintaa kaupunkiympäristössä, milloin samalla alueella operoidaan riittävästi eri operaattoreiden toimesta, jotta U-spacesta tulee tarpeellinen turvallisuussyistä.

Keskkipitkällä ja pitkällä aikavälillä suunnitelmia tulisi peilata konkreettisiin liiketoimintahyötyihin. Siirtyminen osittain ohjatusta U-space-mallista osallistavaan tai integroituun tulisi tehdä markkinaehtoisesti ja tällöin siirtyminen kohti keskitettyä CIS-toimintaa saattaa olla perusteltua etenkin silloin, jos konsepti laajenee valvottuun ilmatilaan. Jos kuitenkin olemassa on jo hajautetusti toimiva CIS-malli, siirtyminen keskitettyyn malliin voi olla tarpeetonta. Näkemys parhaasta toteutustavasta riippuu erittäin voimakkaasti siitä, kuinka laajalti U-space-konseptia ja U-space-ilmatiloja tullaan Suomessa toteuttamaan seuraavan 5-10 vuoden aikana.

Mikäli U-space-ilmatiloja tulee olemaan vain muutamia, ja/tai ne tulevat sijoittumaan valvomattomaan ilmatilaan, niin hajautettu CIS-malli olisi parempi, kevyempi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto. Jos kuitenkin keskipitkän aikavälin tavoitteena on se, että merkittävä osa Suomen lentotiedotusalueesta (HELSINKI FIR) tullaan kattamaan U-space-ilmatiloilla, ja ensimmäiset todelliset tarpeet U-space-ilmatiloille sijoittuisivat valvottuun ilmatilaan, niin keskitetty CIS-malli, jossa esimerkiksi ANS-palvelun tarjoaja toimisi CIS-palvelun tarjoajana, voisi olla perusteltu vaihtoehto. CIS-palvelun haasteellisimmat ja todennäköisesti eniten investointeja edellyttävät osuudet olisivat valvotussa ilmatilassa miehitetyn ilmailun liikennetiedon välittämiseen ATSP:ltä CIS-palvelun kautta USSP:lle, sekä ilmatilan dynaamiseen uudelleenjärjestelyyn (DAR) tarvittavien järjestelmien ja rajapintojen kehittäminen ja toteuttaminen. Nämä järjestelmät ja rajapinnat on oltava olemassa valvotun ilmatilan U-spacessa huolimatta siitä, mikä CIS-malli valitaan käyttöön. Sellaisessa tapauksessa, jossa valvotun ilmatilan ATSP toimisi myös USSP:nä, rajapinnat ja tiedonsiirto olisivat todennäköisesti huomattavasti helpommin toteutettavissa organisaation sisällä. Valvomattoman ilmatilan U-spacessa liikennetieto sen sijaan tulisi USSP:lle suoraan miehitetyn ilmailun e-näkyvyysvaatimuksen kautta, jolloin ATSP:n ja USSP:n välistä tiedonvaihtoa olisi joka tapauksessa huomattavasti vähemmän, joten em. järjestelmien ja rajapintojen kehittäminen ja toteuttaminen olisi sitä kautta yksinkertaisempaa ja aiheuttaisi myös vähemmän kustannuksia.

Valittavan CIS-mallin osalta on myös syytä muistaa, että U-space-asetus ja myös ilmailulaki mahdollistavat eri CIS-mallien käyttämisen eri U-space-ilmatiloissa, eli jäsenvaltio voi antaa yksinoikeuden CIS-palvelujen tarjoamiseen joko kaikkien tai vain joidenkin niiden U-space-ilmatilojen osalta, jotka ovat jäsenvaltion vastuulla. Mahdollinen hajautetun mallin valinta alussa ei siis estäisi siirtymistä keskitettyyn malliin myöhemmin tarvittaessa, eikä myöskään keskitetyn mallin valintaa kaikkien tai joidenkin seuraavien ilmatilojen osalta. Sen sijaan yksinoikeuden antaminen kaikkiin U-space-ilmatiloihin jo ennakkoon käytännössä estäisi siirtymisen hajautettuun malliin myöhemmässä vaiheessa. Siksi ainakin kokeellisessa U-space-konseptissa olisi perusteltu vaihtoehto aloittaa CIS-palvelun toimivuuden ja toteutuksen testaaminen hajautetun CIS-mallin periaatteita hyödyntäen.

5 Lähdeluettelo

- CITYAM – Regulations and integration of Urban Air Mobility in city planning, 28.11.2023, <https://interreg-baltic.eu/wp-content/uploads/2023/12/D1.1-Regulations-and-integration-of-UAM-in-city-planning-CITYAM-final.pdf>
- EASA, Study on the societal acceptance of Urban Air Mobility in Europe, 19.5.2021
- EIT Urban Mobility 8, 2022, Urban Mobility Next 8, Expectations and success factors for Urban Air Mobility in Europe, <https://www.eiturbanmobility.eu/wp-content/uploads/2022/11/EIT-UrbanAirMobility.pdf>
- EUROCONTROL, <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2023-03/20230320-u-space-meeting-workshop-u-space-business-models.pdf>
- EU Drone Sector state of play, AVIATION 302, 29.11.2022. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15435-2022-INIT/en/pdf>
- Georgiev, G., Larrouturou, B., & Stjernberg, J. (2021). Foresight Analysis - Urban Air Mobility Emergency Medical Services in EU. AIRMOUR
- Helsinki Mobility Lab, Study on the Future of Helsinki's Urban Air Mobility, 8.5.2023, <https://mobilitylab.hel.fi/app/uploads/2023/05/2023-05-08-Helsinki-UAM-Report-final.pdf>
- Kramar, V., Oksman, V, Kaariaho, V. & Fernbach, F. UAM EMS Business Models (<https://drive.google.com/file/d/1TTCfArYrYgtLy1aOV-SOoHUvKViW3vkb/view>)
- Lundberg, J. Amplify Teamwork with automation (2022) <https://liu.se/en/research/amplify-teamwork-with-automation>
- McKinsey & Company, Future Air Mobility Blog <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/future-air-mobility-blog/commercial-drone-deliveries-are-demonstrating-continued-momentum-in-2023>
- Morgan Stanley, Counterpoint Global Insights Drones 12/2021, https://www.morganstanley.com/im/publication/insights/articles/article_drone_A4.pdf
- Nordic Drone Initiative, 2022, <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1814923/FULLTEXT01.pdf>
- Porsche Consulting, The Future of Vertical Mobility 2018, <https://canadianaam.com/wp-content/uploads/2021/05/The-Future-of-Vertical-Mobility-Porsche-Consulting.pdf>
- PwC, Skies Without Limits, 2022, <https://www.pwc.co.uk/intelligent-digital/drones/skies-without-limits-2022.pdf>
- Prieto, R., Lehmuskoski, J., Karlsson, T., Koski, P., Ihonen, J., Lundqvist, R., Gising, A., & Martinsen, A. (2021). Special UAV requirements for Nordic conditions. Nordic Drone Initiative White Paper. VTT-M-01038-21. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6077534>
- Robots Expert, Kaupunki-ilmailuun varautuminen Hartaanselänrannalla, 26.11.2021.

Suomen Lehdistö, 2023, <https://suomenlehdisto.fi/pirkanmaalla-testataan-ke-vaalla-lehtijakelua-droonien-avulla-yrittajan-mukaan-lennattaminen-voi-laskea-jakelun-hintaa-vaikeakulkuisissa-kohteissa/>

Schierbeck, S., Nord, A., Svensson, L., Ringh, M., Nordberg, P., Hollenberg, J., Lundgren, P., Folke, F., Jonsson, M., Forsberg, S., & Claesson, A. (December, 2023). Drone delivery of automated external defibrillators compared with ambulance arrival in real-life suspected out-of-hospital cardiac arrests: a prospective observational study in Sweden. ARTICLES, 5(12), E862-E871. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(23\)00161-9](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(23)00161-9)

Smith, A., Dickinson, J. E., Marsden, G., Cherrett, T., Oakey, A., Grote, M., & Martinsen, A. (2022). Public acceptance of the use of drones for logistics: The state of play and moving towards more informed debate. Technology in Society, 68(1), 101883 <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101883>

Smoker, A., Lundberg, J., Polishchuk V., Woltjier, R. 2019, Transportstyrelsen Risk Assessment for BVLOS Category 5C UAV Operations, https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/Publikationer/Publikationer_004101_004200/Publikation_004184/Slutrapport_Risikanalyser%20av%20konsekvenser%20av%20att%20tillg%C3%A4ngligg%C3%B6ra%20lufttrummet%20f%C3%B6r%20dr%C3%B6nare.pdf

Urban Air Mobility and Sustainable Urban Mobility Planning – Practitioner Briefing, 2021, https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-12/practitioner_briefing_urban_air_mobility_and_sump.pdf

A Drone strategy 2.0 for Europe to foster sustainable and smart mobility, https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13046-A-Drone-strategy-20-for-Europe-to-foster-sustainable-and-smart-mobility_en

Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2021/664, annettu 22 päivänä huhtikuuta 2021, U-spacen sääntelykehyksestä, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32021R0664&qid=1660046662223>

Komission täytäntöönpanoasetus (EU) N:o 923/2012, annettu 26 päivänä syyskuuta 2012, yhteisistä lentosäännöistä, lennonvarmistuspalveluja ja -menetelmiä koskevista operatiivisista säännöksistä sekä täytäntöönpanoasetuksen (EU) N:o 1035/2011 ja asetusten (EY) N:o 1265/2007, (EY) N:o 1794/2006, (EY) N:o 730/2006, (EY) N:o 1033/2006 ja (EU) N:o 255/2010 muuttamisesta, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A02012R0923-20240215&qid=1710814954175>

Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Regulation (EU) 2021/664 on a regulatory framework for the U-space, <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137405/en>

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

PL 320, 00059 TRAFICOM

p. 029 534 5000

traficom.fi

ISBN 978-952-311-929-1

ISSN 2669-8781 (verkkajulkaisu)

TRAFICOM
Liikenne- ja viestintävirasto