

31.3.2022

Timo Aarrevaara- Ari Huhtamo – Alf Josefsen

Digi-ilmailupalvelut Lapin haja-asutusalueilla

Sisällysluettelo

1. Digi-ilmailun edellytykset Lapin strategioissa
2. Parhaiden käytäntöjen kartoitus
3. Tekninen pilotointi
4. Haastattelujen yhteenveto
5. Vaikuttavuuden rakentuminen ja sen indikaattorit

Liitteet

Pilotti 1 raportti

Pilotti 2 raportti



LAPIN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF LAPLAND
Pohjoisen puolesta – maailmaa varten



LAPIN LIITTO



Yhteenveto

Digi-ilmailu kattaa laajan tietoon ja informaatioteknologian hyödyntämiseen perustuvan ilmailun, jonka näkyvin osa-alue on drone-koptereiden hyödyntäminen. Tässä raportissa digi-ilmailulla tarkoitetaan Liikenne- ja viestintäministeriön (2020) määritelmää, jossa digi-ilmailu kattaa digitaalisen tiedon hyödyntämiseen perustuvan lentokoulutuksen, harrasteilmailun, dronien lennättämisen, valvonta- ja pelastustoiminnan, ambulanssilennot, maa- ja metsätalouskäytön, lentotaksitoiminnan sekä uudenlaiset liikkumispalvelut. Tämä Lapin liiton AKKE-rahoituksella toteutettu raportti käsittelee digi-ilmailun mahdollisuuksia haja-asutusalueella ja se on toteutettu Enontekiön kunnassa (Lapin liitto Dnro 12/00.01.05.35/2021).

Raportti jakaantuu viiteen osaan, joista ensimmäisen muodostaa digi-ilmailun mahdollistavien strategioiden tarkastelun. Toisen osan muodostaa parhaiden käytäntöjen kartoitus, jossa selvitetään minkä tyyppisiä tehtäviä drone-aluksella voi tehdä. Kolmas alue käsittelee teknistä pilottia, joka toteutettiin kaksivaiheisena lokakuussa ja maaliskuussa. Lisäksi tämän raportin aineisto muodostuu Enontekiön kunnan eri alojen ammattilaisten haastatteluista, joissa kuvataan palvelutarpeita ja niiden toteutusta. Neljäs luku on tiivis yhteenveto haastatteluista.

Luvussa viisi koostetaan yhteen tulokset ja tarkastellaan niiden mahdollista vaikuttavuutta aluekehityksen näkökulmasta. Tuloksia tarkastellaan suhteessa strategiaan tavoitteisiin ja vaikuttavuuskriteereitä ovat uudet palvelut, sijainti, haitan hallinta sekä uudistuva elinkeinoelämä.

Hankkeen päätavoitteena on selvittää digi-ilmailun tapoja, joilla uudistetaan Lapin elinkeinoelämää sen palvelurakenteita ja samalla turvataan haja-asutusalueelle tasa-arvoisia palveluita myös tulevaisuudessa. Kyse on tietopohjaisesta toimintatavasta, jossa digi-ilmailu voi tuottaa mahdollisuuden elinkeinorakenteen uudistamiseen ja palvelujen tuottamiseen etäisyyksiä hallitsevalla tavalla.

Hankkeen toimenpiteitä ovat

1. Digi-ilmailun tulevaisuuteen olemassa olevien strategioiden tarkastelu suhteessa Lapin alueen yrityskehitysvetoisten avausten ja uusien liiketoiminnan potentiaaliennäkökulmasta.
2. Digi-ilmailuun pohjautuvien käytössä ja tutkimus- ja tuotekehitysvaiheessa olevien palveluiden parhaiden käytäntöjen kartoitus maailmalla
3. Digi-ilmailun teknologinen pilotti (Drone-aluksen kyky suoriutua rahtikuljetuksista vaikeissa olosuhteissa)
4. Digi-ilmailun vaikuttavuuden arviointi ja vaikuttavuusindikaattorien määrittäminen (mm. uudet palvelut, sijaintihaitan hallinta, uudistuva elinkeinoelämä)

Hankkeen tuloksina tavoitellaan

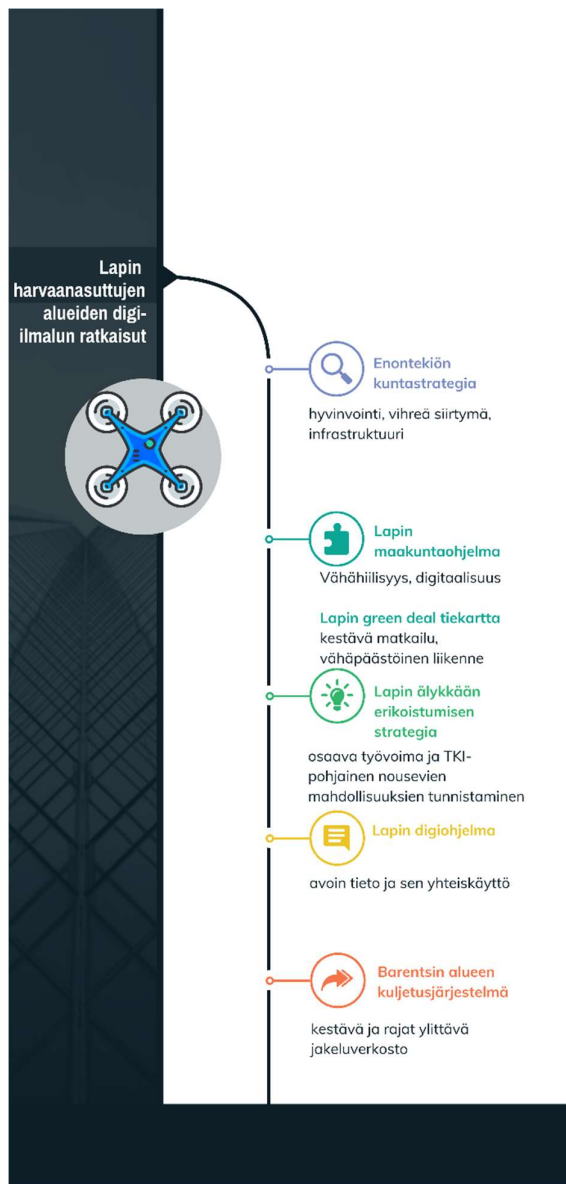
1. Lapin maakunnan digi-ilmailun liittyvän TKI-strategia ja tiekartta alan liittyvän uuden yritystoiminnan kehityksen tukemiseksi
2. Uudet potentiaaliset digi-ilmailuun perustuvat hiilineutraalitlogistiikkaratkaisut
3. Digi-ilmailuun kehittämisohjelmaa kuvaavaa raportti, jossa kuvataan hiilineutraalit palveluiden saavutettavuusratkaisut haja-asutusalueilla, ja niiden tarjoama potentiaali uudelle yritystoiminnalle ja kansainvälisille TKI-hankkeille
4. Pilotoinnin toteutus ja raportointi (Drone-aluksen kyky suoriutua paketin toimituksesta harvaan asuttujen alueiden vaikeissa olosuhteissa Lapissa)
5. Tulevaisuuden digi-ilmailuun perustuvien uusien yritysratkaisujen hiilineutraalisuuden aluevaikuttavuuden arviointi

Hankkeen ovat toteuttaneet Lapin yliopiston Yhteiskuntatieteellisen tiedekunnan ProSoc-tutkimusryhmä, Lapin ammattikorkeakoulun Älykkään rakennettu ympäristöosaamisryhmä ja RumbleTools Oy.

1. Digi-ilmailun edellytykset Lapin strategioissa

Lapin aluetalous on 2020-luvun ajan ollut osa globaalia trendiä, joka on rajoittanut luontaisten palveluelinkeinojen liiketoimintaa. Enontekiöllä ei ole kaivostoimintaa ja sen elinkeinorakenteessa korostuu turismin merkitys, joten maaliskuussa 2020 alkaneet COVID19-pandemian seuraukset ovat vaikuttaneet palvelujen kysyntään oleellisesti. Esimeriksi kansainvälinen turismi notkahti oleellisesti pandemian aikana. Enontekiön kunta ja Lentoasemayhtiö Finavia allekirjoittivat 16. marraskuuta 2020 sopimuksen lentoaseman siirtymisestä kunnan omistukseen. Kunnan tavoitteena onkin ollut lentojen jatkuminen kaudelle 2021-2022 ja talvikauden aikana suoritettiin lentosuoritus lähes sata lentosuoritusta ja noin 25 000 matkustajaa. Kaupan myötä Enontekiön saavutettavuutta ja matkailua on pyritty kehittämään arktisen alueen lähtökohdista käsin. Digi-ilmailun näkökulmasta lentoasema antaa tarvittavan infrastruktuurin digi-ilmailun testaamiseen. Kyse on toimintatavan hakemisesta, jolla palvelut voidaan tuottaa kustannustehokkaasti ja kattavasti sekä riittävästi palveluita hajautusalueella.

Enontekiön kunnan strategian lähtökohtana on Met tehdä yhdessä – Mii bargat ovtas, jonka avulla on mahdollista saada aikaa vaikeissakin olosuhteissa. Osallistuvien menetelmin kerätyssä kunnan strategiaan sisällytetyiksi arvoiksi on määritelty luontoterveys ja yhteistyö. Digi-ilmailu ja sen toteuttajana lentolaitetoiminta voivat kiinnittyä osaksi Enontekiön kuntastrategiaa toteuttaen taloudellisesti kestävä, hyvinvointia edistävää vihreää siirtymää. Näin digi-ilmailu toteuttaa vapaaehtoista sopimusta Lapin vihreän kehityksen ohjelmasta (Lapin Green Deal tiekartta, 2020).



Kuvio1. Strategiatarkastelu digi-ilmailun edellytysten rakentumiseen Lapin harvaanasutulla alueella.

Digi-ilmailun toteutuksella on perusteita myös Lappi-sopimuksen toteutuksessa ja erityisesti Lapin maakuntaohjelmassa 2022-2025. Tämän raportin näkökulmasta keskeistä on, että maakuntaohjelma asettaa strategisia painopisteitä, joissa talouskasvua haetaan mm. vähähiilisyyteen perustuvilla talouden uudistuksilla. Lähtökohtana strategiassa on, että digitalisaatio voi muuttaa perinteisiä toimialoja ja luo mahdollisuuksia talouden uudistumiselle kestäville liiketoimintamahdollisuuksilla (Lapin maakuntaohjelma 2022-2025, 32-33). Tästä näkökulmasta katsoen digi-ilmailun mielekkyys ei ole yksittäisten palvelujen laadussa tai tehokkuudessa, vaan taloutta uudistavan systeemin rakentumisessa. Lapin älykkään erikoistumisen strategia korostaa osaavan työvoiman ja digitaalisuuden merkitystä tuote- ja palvelukehityksessä, ja luo edellytyksiä digi-ilmailun mahdollistamille palveluiden

innovaatioille. Sen lähtökohtana on palvelujen tehokas tuottaminen digitaalisia ratkaisuja hyödyntämällä.

Lisäksi digi-ilmailulla on perustaa myös Lapin digiohjelmassa avoimen tiedon ja tiedon yhteiskäytön osalta. Drone-alusten liikkuesssa ne keräävät tietoa, jota voidaan jalostaa eri tarpeisiin, jos tieto on käyttäjien sopimuksella tai jopa avoimesti saatavilla. Lapin digiohjelma tuo esille julkisten toimijoiden vastuuta tiedon avaamisessa ja yritysten mahdollisuuksia avoimeen tietoon perustuvien liiketoimintakonseptien rakentumisessa.

Yksittäisen dronen toiminta kunnan alueella voi näyttäytyä irralliselta toiminnalta. Jos se sidotaan laajempaan liikenteen kokonaisuuteen, on kyse toimintamallista, joka kiinnittyy osaksi laajempia kokonaisuuksia kuten Barentsin alueen liikenteeseen. Tällöin dronen kuljettamaa tavaraa, toteuttamaa palvelua tai kokoamatietoa voidaan tarkastella osana alueen kuljetusjärjestelmää. Tästä näkökulmasta digi-ilmailu toteuttaa kestävän ja toimivan rajat ylittävän jakeluverkoston. Tämän raportin taustalla olevassa haastattelussa tulikin esiin vertaus kirjekyyhkystä ja postipolusta. Yksittäinen drone voi näyttää uniikkia tehtävää suorittavalta kirjekyyhkyltä. Kun tehtävä toistuu säännöllisesti ja tiettyä reittiä pitkin, voivat kuormat ja tietomäärät kasvaa oleellisesti postipolun tapaan. Molemmat toteuttavat Barentsin liikenteen näkökulmasta jakelun tehtävää (last mile), mutta niillä on kuitenkin yksi ero. Uniikin tehtävän toteuttaminen kuten kirjeen perille vieminen voi toteutua monella erilaisella tavalla, dronen avulla toteutettava postipolku muodostaa tunnistettavan ja kiinteällä reitillä toimivan palvelun.



Kuva 1. Dronen tuottama kuva Enontekiön lentokentästä 9.9.2021. Kuvaus testistä on liitteessä 1.

Postipolkuun ja erityisesti tavaroiden laatuun liittyy kuitenkin rajoitteita. Jotta kuljetukset olisivat taloudellisesti mielekkäitä, niiden tulisi kohdistua tavaroihin ja palveluihin, joille on aitoa kysyntää tai tarvetta. Ne ovat usein samalla sensitiivisiä tavaroita kuten reseptilääkkeet, alkoholijuomat tai erilaiset terveydenhuoltoon liittyvät näytteet. Miten postipolussa järjestetään sensitiivisten tavaroiden luovutukseen liittyvä tunnistautuminen? Entä mahdollistaako järjestelmä toimintatavat, jossa tunnistautumista ei tarvita? Harvaanasutulla alueella ratkaisua voisi etsiä myös sosiaalisen kontrollin muodoista, joissa sensitiivisten tavaroiden kuittaaminen väljin menettelyin olisi taloudellisesti ja toiminnallisesti perusteltua. Vahingot eivät skaalaudu harvaan asutuilla alueilla samalla tavoin kuin taajamissa tai kaupungeissa. Sensitiivisiä tavaroita ja palveluja koskeva lainsäädäntö ei kuitenkaan salli poikkeuksia harvaan asutuilla alueilla. Kokeiluihin olisi perusteita, sillä harvaanasutuilla alueilla on mahdollisuus testata konsepteja, joihin taajaan asutuilla alueilla liittyy laajempia riskejä. Kontrollin rinnalla tarvitaan myös muutosjoustavuutta (resilienssi). Tämä muutosjoustavuus voi toteutua ja siihen voidaan varautua niin, että tasa-arvoisten palveluiden toteutus esimerkiksi terveydenhuollon palveluissa olisi mahdollista.

Digi-ilmailu ratkaisu tukee myös Lapin liikennejärjestelmän hiilineutraalisuutta resurssitehokkuuden näkökulmasta. Näin siksi, että säännöllinen droneliikenne voi vähentää tarvetta autoiluun, moottorikelkkajen käyttöön ja rahtiliikenteeseen. Jos esimerkiksi vanhustenhoidossa on kotikäyntejä, niiden määrää voidaan vähentää tuottamalla palvelu ja tieto osaksi drone-liikenteen avulla. Pitkien välimatkojen vuoksi ympäristön ja talouden säästöt voivat olla merkittäviä ja samalla mahdollistaa vanhuksen asumisen kotioiloissa siten, että varsinaiset vanhustyön käynnit esimerkiksi lääkkeiden osalta viedään minimiin. Jos vanhuspaikan kustannus on moninkertainen kotipalveluun verrattuna, voi alle 1000 EUR drone-liikenne mahdollistaa kotiasumisen jatkumista. Säästö vuositasolla on merkittävä ja se voi aidosti korvata muuta polttomoottorikäyttöistä liikennettä. Vaikka dronen kuorma on rajallinen, on lentolaitteiden liikenteellä mahdollisuus korvata yksittäisten kuormien määriä toistolla. Näin voidaan päästä kohtuullisen suureenkin rahdin kapasiteettiin. Jotta järjestelmä ylipäättänsä olisi mahdollista rakentua, sen tulisi perustua itseohjautuviin laitteisiin, jotka hyödyntävät koneoppimista ja robotiikkaa. Näin siksi, että henkilökustannukset jatkuvassa valvonnassa ja käytön ohjauksessa voivat nousta suuremmiksi kuin järjestelmän muut käyttökustannukset. itseohjautuvat laitteet muodostavat järjestelmän toiminnallisen rungon. Teknologia mahdollistaa jo nyt sen, että säännöllinen tietoa keräävä ja tavaroita rahtaava droneliikenne on mahdollista toteuttaa jo käytännössä. Ongelmanratkaisuisissa 5 g-verkon tiedonsiirto tulee mahdollistamaan toimintoja, jotka mahdollisesti vähentävät tarvetta nykyisen teknologian mukaiseen tunnistautumiseen.

Toiminnan esteet eivät siten löydy niinkään ilmailulaista tai digi-ilmailun sääntelystä, vaan tuotetta tai palvelua sääntelevästä regulaatiosta. Harvaanasutuilla alueilla ei ole jakelua koskevia poikkeuksia esimerkiksi lääkelaisissa, kemikaalilaisissa, tupakkalaisissa, alkoholilaisissa tai tietosuojalaisissa. Näin lentolaitte-järjestelmien rakentuminen ja sen esteet harvaanasutuilla

alueilla ovat kiinnittyneet teknologian kehitykseen ja sen saavutettavuuteen sekä tuotteisiin ja palveluihin, joilla kysyntä rakentuu.

2. Parhaiden käytäntöjen kartoitus

Valtioneuvoston digi-ilmailun kehittämishankkeen (Hankenumero LVM054:00/2020) valtakunnallisissa tehtävissä ja tuotoksissa arvioidaan digi-ilmailun laajuutta ja muotoja, taloudellista merkitystä, liiketoiminnan rakennetta sekä lentoasemapalvelujen käyttöä. Vaatimuksina mainitaan arvioida Finavian lentoasemaverkoston ulkopuolisten lentoasemien merkitystä mm. aluetalouden ja alueellisen saavutettavuuden turvaamisessa. Selvittää kansainvälisiä kokemuksia digi-ilmailusta. Selvittää toimintaympäristön muutosten ja teknisen kehityksen vaikutuksia digi-ilmailuun ja niiden palvelutarpeisiin (esim. ilmastopolitiikka, sähkölentokoneet, dronit, lennonjohdon digitalisaatio ja uusi viestintätekniikka).

Meneillään on hankkeita, joissa tarkastellaan lentolaitteiden teknisiä ominaisuuksia ja soveltuvuutta eri tehtäviin sekä turvallisuustekijöitä. Sen sijaan hankkeita ei ole, joissa tarkastellaan digi-ilmailua laajemmassa aluetalouden ja strategian näkökulmasta etenkin arktisella alueella. [[

Harvaan asutulla alueella yhdelläkään haastatelluista toimijoista ei ole taloudellisesti mielekästä toimia digi-ilmailun teknologiaa kehittäjänä vaan kuljetuskaluston käyttöä koskevien innovaatioiden rakentajana (Haidari et al., 2016). Upotetut kustannukset eivät välttämättä palaudu käyttäjille, joten testatun teknologian käyttö mahdollistaa oikea-aikaiset investoinnit. Ne ovat kuitenkin perusteltuja CO₂-päästöjen vähentämisen näkökulmasta ja laajemman kuljetusjärjestelmän täydentäjänä (Figliozi, 2017; Aurambout et al., 2019). Osaaminen on infrastruktuurin hallinnassa, ohjelmapalveluyrityksissä, porotaloudessa ja julkisrahoitteisilla toimijoilla kuten metsähallituksessa ja rajavartiostossa. Toimijoiden yhteistyö edellyttää yhteisiä investointeja osan toimiessa veturina, jolloin tuloksena voi olla ajattelutavan muutosta elinkeinoelämässä ja digi-ilmailun toimintatavan hyväksyntää (Gonzalez et al., 2016; Aydin, 2019).

AKKE-hankkeen kannalta on tärkeää taata arktisella haja-asutusalueella mahdollisimman pienet CO₂-päästöt (Lifecycle modeling and assessment of unmanned aerial vehicles (Drones) CO₂ emissions). Testata kuljetuskalustoa ja sen käyttöä haja-asutusalueilla (The economic and operational value of using drones to transport vaccines). Matkailuyritystoiminnan osalta määräävänä tekijänä voidaan mainita turismi haja-asutusalueilla ja kirurgiset ja lääkintähuollolliset tukitoimenpiteet digi-ilmailualuksilla (Surgical and medical applications of drones).

Tavoitteena on saada ajattelutavan muutos arktisella laajalla haja-asutusalueella (Unmanned aerial vehicles, UAV and artificial intelligence revolutionizing wildlife arctic monitoring and conservation).

3. Tekninen pilotointi (Pilot I ja Pilot II)

Lapin AMK:n Älykäs rakennettu ympäristö -osaamisryhmä toteutti 9.-10.9.2021 Enontekiön lentoasemalla hankkeen Pilot I-vaiheen, jossa testattiin muutamia multikopteridronin teknisiä suorituskykyjä.

Tarkasteltavat teemat olivat dronien toimivuus lääke- ja ruokatoimituksiin haja-asutusalueilla, soveltuvuus poro, hirvi, karhu ja lintuparvienv kartoitukseen sekä lentoasemaympäristön turvallisuusaitojen kuntotarkastuksiin. Toteutus laitteilla, joiden kustannus on alle 10 000 €, toimintasäde on rajallinen ja lentoaika noin 60 min – edellyttää valvontaa, joka nostaa kustannuksia. Kustannuksiltaan noin 60 000 €:n hintaisten autonomisten laitteiden avulla on mahdollista rakentaa järjestelmiä, joiden käyttökustannukset ovat hallittavissa verrtuna ohjausta vaativiin laitteisiin. Kohdealueella suoritettut kokeet käsittivät fotogrammetrinen kartoituksen, kasvojentunnistuskokeen, kohteen autonomisen seurannan, aidan tarkastuksen, maastokohteen ja lähestymistutkan tarkastuksen.

3.1 Drone-testauksen toteuttamisen II vaihe

Pilot II-vaiheen tarjousten arvioinnin kriteereiksi määritettiin kokonaishinta, laatu ja tekniikka. Tavoitteeksi asetettiin testata lumen paksuus- ja syvyyselementin, valitun alueen kelkka- ja hiihtoreitin valvonta ja kunto sekä pientavaran kuljetusmahdollisuus talviolosuhteissa kohdealueella. Kilpailuun jätettiin kaksi tarjousta, joista toteuttajaksi valittiin RumbleTools Oy.

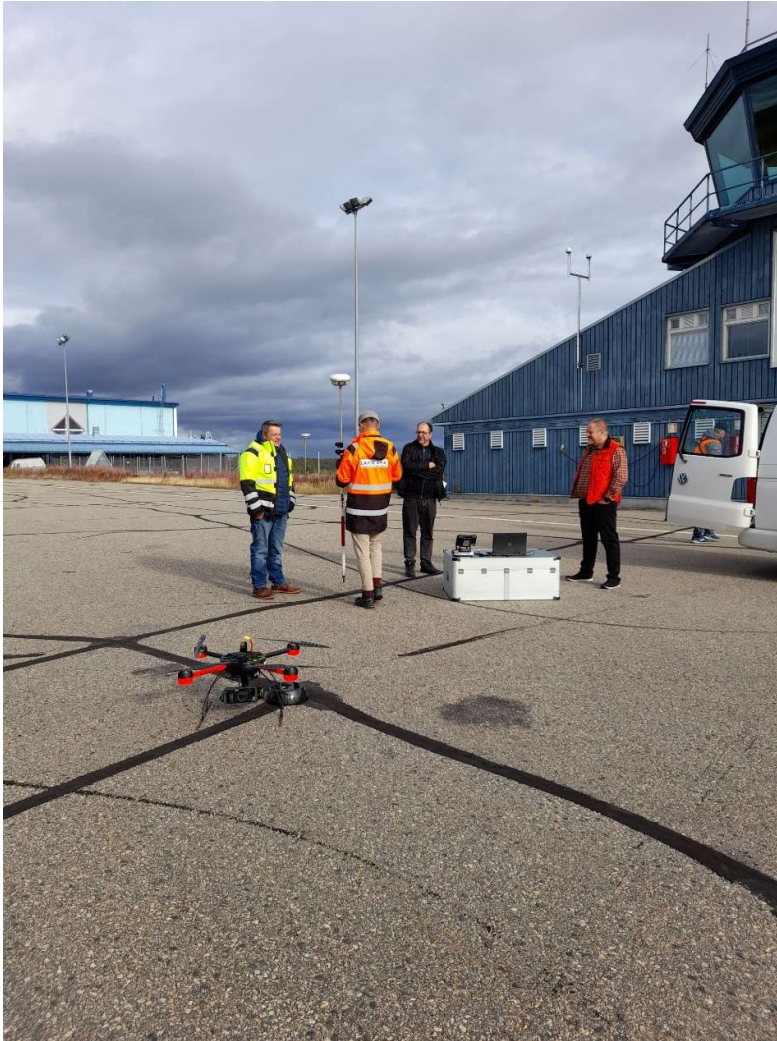
Demopäivä suoritettiin 22.3.2022 Enontekiön lentoasemalla ja aiheeseen pureuduttiin mallintamisperiaatteella. Tavoitteiden saavuttamisen osalta voidaan mainita, että lumen paksuus- ja syvyyssmittaus on mahdollista suorittaa RumbleTools Oy:n kalustolla laajemmalla alueella, mutta tämä vaatii tarkemman pilotoinnin (kalusto on kallis). On mahdollista yhdistää valitun alueen kelkka- ja hiihtoreitin valvontaan sekä lentoaseman turvallisuusaitojen valvontaan (RT-ASTAR). Pientavaran kuljetusmahdollisuus talviolosuhteissa onnistuu (basic) perustoimintana. Määrävinä tekijöinä ovat pientavaran paino ja laatu. Kriittiset tekijät ovat tunnistaminen, yksilön valvontaa mahdollistava lainsäädäntö ja sääolosuhteet. Säältä suojatuissa ”pokseissa” tavara kulkee samalla tavalla kuin kesällä. Haasteena tunnistaminen ja tukiasemaverkosto haja-asutusalueella (3G-5G).

Yleisesti voidaan todeta, että tutkimuskysymyksissä esitetyt tehtävät ovat toteutettavissa hyväksi käyttäen miehittämätöntä ilmakomponenttia. Huomioitavaa hankkeen edetessä on toteutukseen vaikuttavat lainsäädäntö sekä palveluista aiheutuvat kustannukset. Tutkimuskysymysten mukaiset palvelut Hetan pääpiirteisellä alueella on mahdollista tuottaa keskitetysti hyväksikäyttämällä autonomista Drone-järjestelmää. Tällöin kokonaisuuden vaatima määrä autonomisia Droneja kykenee tuottamaan halutut palvelut tilaajalle. Kokonaisuus vaatii toimiakseen tarvittavien viranomaislupien lisäksi tiedonsiirtoverkon.

3.2 Pilot I- ja II- vaiheen yhteiset huomiot

Multikopteriformaatti on nousun ja laskeutumisen kannalta helppo ja turvallinen, mutta lennon aikana epätaloudellinen. Kiinteäsiipisillä laitteilla on pidempi toimintasäde, mutta nousu ja laskeutuminen vaativat kiitoradan – tämä voi myös rajoittaa suoritettavaa tehtävää, esim. paketin toimittamista, sillä aluksilla ei voi pysähtyä tai leijua. Hybridikäyttövoimaisilla aluksilla päästään huomattavasti pidempiin toiminta-aikoihin ja mahdollisesti raskaampiin hyötykuormiin. Miehittämättömiä VTOL-ilma-aluksia on vielä vähän markkinoilla, teknologia ei ole vielä kattavasti kehittynyttä niiden toiminnassa eri olosuhteissa.

Kasvoilta tunnistaminen on laadukasta aluksen kameralla mahdollista, mutta näkyvän valon spektriä käytettäessä se vaatii otolliset olosuhteet. Taivaalta tapahtuva tunnistuskuvaaminen vaikuttaa myös kohteen kasvoihin, mikäli tunnistaminen edellyttää katsekontaktia kameraan – dronia, jonka takaa paistaa aurinko, kohti on vaikeaa ja jopa vaarallista katsoa. Lähietäisyydellä lentävä droni voi vaikuttaa uhkaavalta – ääni ja liike voivat häiritä myös eläimiä – päälle tippuva droni on hengenvaarallinen. Eritoten multikoptereilla on propelien jäätäminen sopivissa olosuhteissa yleisesti tunnustettu ongelma, koska jäänpoistojärjestelmät ovat toimivia ennenkaikkea kiinteäsiipisissä laitteissa. Huono näkyvyys aiheuttaa haasteita autonomiselle ohjaukselle, ja huonoon näkyvyyteen johtavat sääolosuhteet ovat usein myös esim. jäätämisen kannalta vaikeita alle 0 °C lämpötiloissa. Dronien lennättämiseen vaikuttavat samat fysikaaliset ilmiöt kuin perinteiseen ilmailuun.



Kuva 2. Dronetestaus ja huolto Enontekiön lentokentällä 9.9.2021.

Pientavaroiden lennättäminen Hetasta tai lentoasemalta maakuntaan, minne palvelukeskus sitten perustetaan, on edellä mainituista syistä haasteellista. Haasteista vaikein voi olla tunnistus ja tavaran luovuttaminen droneista tunnistetulle henkilölle, poromiehelle tai vanhukselle. Olemme lähteneet toimintatavasta, jolloin sensitiivisten pientavaroiden kuljettaminen olisi mahdollista. Toinen vaihtoehto olisi tavaran jättäminen laatikkoon, jossa perinteinen lukko voisi tehdä tunnistamisen tarpeettomaksi vaiheeksi -> autonomisempi vaihtoehto.

4. Haastattelujen yhteenveto

Hankkeen haastatteluosuudet suoritettiin kahdessa vaiheessa, sulanmaanaikana lokakuussa ja talviolosuhteissa maaliskuussa. Haastateltaville lähetettiin hankkeen tietopaketti ja alustavat aiheet eri ammattilaisille, yhteenvetoa ja analyysiä ajatellen.

Esiselvityksen haastattelujen tulosten ja tuotosten yhteenvedossa esiintyvät eri tahojen ammattilaisten (kunnan lentoaseman päällikkö, kunnanjohtaja, terveydenhuollon, sairaanhoitopiirin proviisorin, porotalouden ja -elinkeinon tutkijan ja yrittäjien puheenjohtajan) taholta seuraavat teemat: Sensitiivisten pientavaroiden haasteena on nykyinen lainsäädäntö (ilmailulaki, lääkelaki, alkoholi- ja tupakkalaki sekä laki vahvasta tunnistautumisesta) johon hankkeen myötä toivotaan saatavan loivennusta toimittaessa arktiselle haja-asutusalueelle. Reseptilääkkeiden tunnistautumise toivotaan niin ikään loivennusta.

Hankkeen toiminnan logistinen ketju herätti laajan keskustelun. Kyseessä on toki varsin selkeä toiminnan kokonaisuus, eli miten asiakkaalle – siis kunnan asukkaalle, vanhukselle tai poromiehelle – saadaan toimitettua digi-ilma-aluksella palvelukeskuksesta, Hetasta, Hetan paloasemalta tai lentoasemalta perustarvikkeet, lääkkeet, kahvi ja lehti.

Erikseen painotettiin toiminnan logistista ketjua, jossa määräävinä tekijöinä ovat tekniset yksityiskohdat, kevyempi energia suhteessa kuljetettavaan massaan ja vihreä linja käytettäessä hybridi- tai sähködroneja. Terveystuon osalta haasteena nähdään erityisesti näytteenotto ja näytteen analysointi. Dronien lennättämisen aikana tulisi kosteus, lämpö ja värinä saada mahdollisimman stabiiliksi ja lennättäminen suoritettava mahdollisimman vakaissa sääolosuhteissa.

Saamelaiskulttuurin, -elinkeinon ja matkailun osalta todettiin ja toivottiin dronkoulutusta Käsivarren ja Näkkälän Paliskuntien poromiehille. Porotalouteen liittyvät petojen tappamat porot ovat suuri menetys paliskunnille. Digi-ilmailu mahdollistaa droneilla lennettävät tarkastuslennot lämpökameroilla ja tämä olisi paliskunnille suuri apu. Samoin digi-ilmailun myötä ekologisen matkailun avittaminen, marjastuksen ja metsästyksen suhteen, todettiin tärkeänä teemana. Edelleen painotettiin ympäristökortin merkitystä hiilineutraalisen digi-ilmailun hyödyntämiseen.

Kunnan näkökulmissa painotettiin hyötykäyttöä ensiksi yhteiskunnalliselle sektorille, Käsivarren ja Näkkälän paliskunnille, Metsähallitukselle ja Rajavartiostolle (kunnassa on Kilpisjärven RVL:n rajavartioasema). Kun ja toivottavasti mainittu logistinen ketju on käytössä ja toimii, voidaan hanketta markkinoida kunnan yrityssektorin sidosryhmille, kuten ohjelmapalveluyrittäjille. Erittäin tärkeänä teemana nähdään myös rajayhteistyö. Hanke tulee tarjoamaan valtavan potentiaalin rajat ylittävillä käyttömahdollisuuksilla.

5. Vaikuttavuuden rakentuminen ja sen indikaattorit

Tämän raportin lähtökohtana ovat keskeiset Lapin elinkeinoelämän uudistamista ohjaavat strategiat, jotka luovat edellytyksiä digi-ilmailun käyttöönotolle. Strategiat eivät niinkään ohjaa yksittäisiä tarpeita palveleviin digi-ilmailun ratkaisuihin vaan kokonaisvaltaiseen järjestelmään. Strategiat voivat toteutua vasta, jos niitä toteuttaa kokonainen palvelut, tavarat, tiedon ja liikennetarkaisut kattava digi-ilmailun järjestelmä. Tämä järjestelmä tuottaisi säännölliset palvelut ja riittävän volyymin, jotta digi-ilmailun ratkaisuilla olisi myös

todellinen merkitys vähähiilisenä, kestäväenä ja älykkäänä liikenneratkaisuna. Jota järjestelmä olisi myös kustannustehokas, sen tulisi perustua autonomisille lentolaitteille, jotka voivat toimia ympärivuorokautisesti jokaisena vuodenaikana.

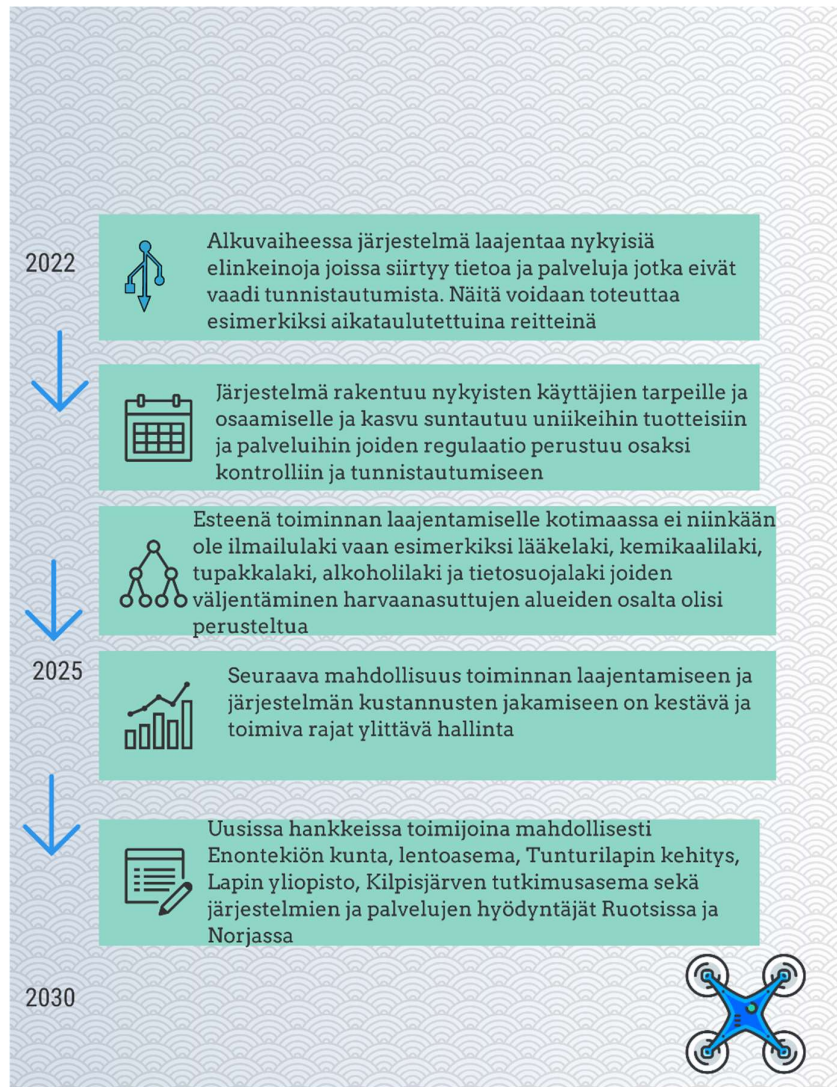


Kuvio 2. Digi-ilmailun järjestelmän rakentuminen ja toiminnan vakiintuminen Enontekiöllä.

On selvää, että järjestelmän perustamiskustannukset eivät alkuvaiheessa ole lopputuotteiden ja palvelujen käyttäjillä. Tässä raportissa kuvatut strategiat jäävät digi-ilmailun osalta toteutumatta, jos perustamiskustannukset katetaan käyttäjien maksuilla. Alkuvaiheessa julkisrahoitteisilla toimijoilla ja hankerahoituksella toteutuvalla järjestelmän rakentumisella on keskeinen merkitys.

Digi-ilmailun käynnistämisessä mikroyrittäjät eivät voi vastata järjestelmän upotetusta kustannuksista. Se on harvaan asutuilla alueilla järjestelmän perustamisvaiheessa ensisijaisesti julkisrahoitteista toimintaa. Tavoitteena tulee kuitenkin olla, että järjestelmän rakennuttua ja kysynnän vakiinnuttua vastuu kustannuksista siirtyy hyötyjille ja käyttäjille. Tämä voi mahdollistaa myös kansainvälisen rahoituspohjan laajentumisen.

Lapin maakuntaohjelma 2022-2025 tarkastelee peruspalvelujen saatavuutta harvaan asutuilla alueilla osana digitaalisia palveluja ja rajat ylittävää yhteistyötä. Kun kyse on maan rajojen ylittämisestä, regulaatio on voimakasta ja estää digi-ilmailun hyödyntämistä. Norjan osalta digi-ilmailun rajoittavana tekijänä on myös se, että palvelujen tuottamisessa EU-käytännöt eivät välttämättä siirry Schengen-maiden käytäntöihin. Jakamattomissa tuotteissa kuten virtalähteiden kuljettamisessa on rajoitteena lähinnä valtioiden rajat ylittävien lentojen mahdollistaminen. Sensitiivisissä, lähtökohtaisesti tunnistautumista vaativissa tuotteissa tuotteen ja palvelunyhdistäminen on niin monimutkainen konsepti, että se ei monimutkaisuutensa vuoksi välttämättä toteudu luvallisena toimintana lainkaan. Tämän hankkeen aineiston perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että digi-ilmailu harvaan asutuilla alueilla muodostaa kuviossa 3 esitetyn kehityspolun, joka on 5-vaiheinen.



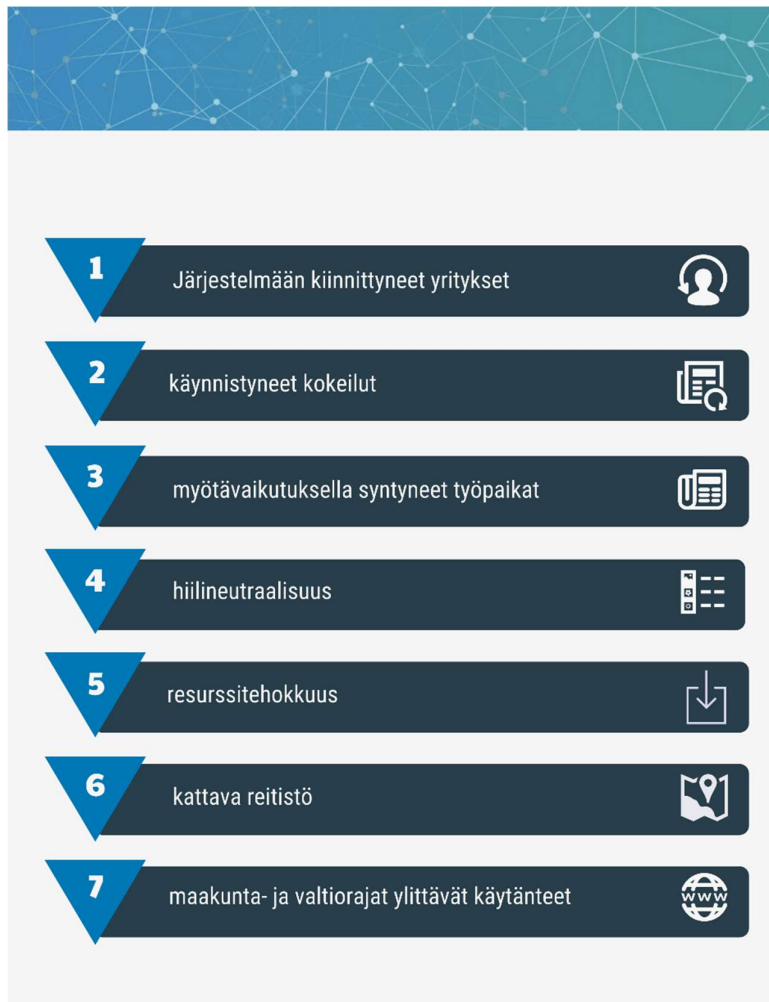
Kuvio 3. Digi-ilmailu Lapin haja-asutusalueilla – uudistuvan elinkeinoelämän kehityspolku

Digi-ilmailun järjestelmä voi rakentua Enontekiöllä aluksi vahvaa osaamista omaavien toimijoiden yhteistyönä. Näitä toimijoita voivat olla Enontekiön kunta, paliskunnat, Enontekiön lentokenttä, Metsähallitus, Posti, Rajavartiolaitos ja matkailuyrittäjät. Aloitusta voidaan käynnistää palveluilla, jotka eivät vaadi tunnistautumista ja tavoitteena olisi säännöllinen droneilla toteutettu reittiliikenne. On perusteltua muodostaa järjestelmä alusta asti itseohjautuvien lentolaitteiden ja niitä tukevien latausasemien perustalle. Järjestelmän rakentuminen toteutuisi näin vuoden 2022 aikana, ja sen laajeneminen merkitsisi myös uusien toimijoiden mukaan tuloa. Samalla nykyiset palvelutarpeet, tuotteet ja koottu tieto laajentuisivat vuoden 2023 aikana uniikkeihin tuotteisiin, joiden välittämisessä voitaisiin soveltaa rajoitetusti jakelun kontrollia kuten tunnistautumista.

Selvitystarpeena olisi harvaanasutun alueen mahdollisuudet korvata kontrollia korostavaa regulaatiota osittain sosiaaliseen kontrolliin perustuvalla järjestelmällä. Mahdolliset regulaation väljennykset eivät niinkään koskisi ilmailulakia vaan laajasti digi-ilmailun mahdollisuuksia määrittävää palveluja ja tuotteiden jakelua ohjaavaa lainsäädäntöä.

Digi-ilmailun järjestelmän muodostuminen mahdollistaisi vuoteen 2025 mennessä toiminnan laajentamisen siten, että uusien toimijoiden määrä olisi merkittävä. Järjestelmä tuottaisi palveluja, joita aikaisemmin ei ole ollut saatavilla ja samalla kustannusten kattaminen ohjautuisi ensisijaisesti hyötyjille ja toimijoille. Samalla käytännöt ja niiden testaaminen ylittäisi maakuntarajoja ja Enontekiöllä toiminnallinen yhteistyö ulottuisi myös Ruotsiin ja Norjaan. Keskeisiä järjestelmää ylläpitäviä toimijoita järjestelmän vakiintumistavaiheessa olisivat palvelujen, tuotteiden, tiedon ja sen avoimen jakamisen tehtävissä voisivat tällöin olla esimerkiksi Enontekiön kunta, Enontekiön lentoasema, Lapin yliopisto, Helsingin yliopiston Kilpisjärven tutkimusasema, Tunturilapin kehitys sekä järjestelmien ylläpitäjät ja hyödyntäjät Ruotsissa ja Norjassa.

Digi-ilmailun järjestelmään kiinnittymisessä tulisi olla matala kynnys, koska pysyvät käytännöt ovat pidemmällä tähtäimellä lähtökohtaisesti toimija rahoitteisia - eivät julkisrahoitteisia. Kun järjestelmään kiinnittyvillä uusilla toimijoilla ei ole suuria upotettuja kustannuksia esimerkiksi drone-hankinnoissa, voi järjestelmästä irtaantuminen olla mahdollista yhtä kevyillä käytännöillä kuin järjestelmään kiinnittymisessäkin. Tämä voisi osaltaan madaltaa kynnystä järjestelmään kiinnittymiseen. Digi-ilmailun kehityspolku polku rakentuu tällöin palvelurakennetta täydentävissä toiminnoissa niin, että alussa on sellaisia palveluita, joita tarvitaan hyvin samanlaisina eri tilanteissa. Indikaattorit, joilla tämä kehityspolku voidaan todentaa on seuraavassa kuviossa.



Kuvio 4. Ehdotus digi-ilmailun järjestelmän todentamisen indikaattoreiksi.

Tämän raportin ehdotus digi-ilmailun järjestelmän todentamisen indikaattoreiksi perustuu ohjauksen tekijöihin, jolla digi-ilmailun järjestelmä vakiintuisi kolmen vuoden aikana. Indikaattoreiden tarkoituksena on ohjata palvelurakenteen muutosta tiedon jakamiseen, toimintamallin muodostumiseen, palvelukonseptien rakentumiseen, järjestelmän mahdollistaviin investointeihin ja kunnan elinvoimaisuuden vahvistamiseen. Indikaattoreista järjestelmässä mukana olevien yritysten määrä tarkastelee yrityksiä järjestelmän elinkaaren eri vaiheissa. Alussa määrä on pieni ja järjestelmään kiinnittyneet yritykset ovat niitä, joilla on jo digi-ilmailun osaamista. On oleellista, että jo ensimmäisenä toimintavuotena vähintään kolmannes yrityksistä olisi niitä, joilla ei ole vielä digi-ilmailun toimintoja. Tämä varmistaisi järjestelmän rakentumista liiketoiminnan potentiaalin ja uudistumisen lähtökohdista.

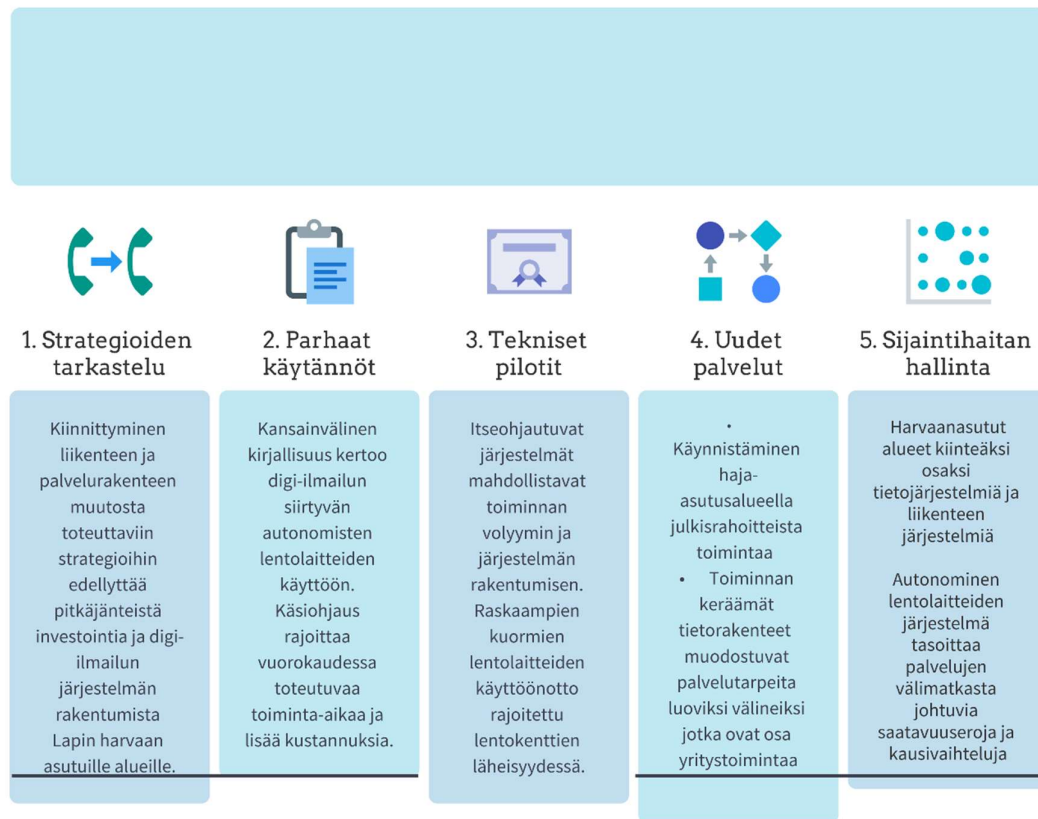
Käynnistyneet kokeilut-indikaattorissa olisi vähintään 30 hyödyntäjää ensimmäisen vuoden aikana kattaen yritykset, julkisrahoitteiset palvelut ja voittoa tuottamattoman sektorin. Edellisiä täydentää indikaattori myötävaikutuksella syntyneet työpaikat, joka todentaisi

uusien palvelujen rakentumista ja olemassa olevien palvelujen volyymin kasvua. Todentaminen perustuisi todennettuun 10 henkilötyövuoteen kolmen ensimmäisen vuoden aikana.

Hiilineutraalisuus-indikaattori todennettaisiin kunnan palvelujen osalta polttomoottorikäyttöisten ajoneuvojen korvaamisena droneliikenteellä vähintään 50000 km/vuosi. Sen rinnalla resurssitehokkuus-indikaattori tarkoittaisi, että yli 50% järjestelmän tuottajista todentaisi kestävän ja vastuullisen toimintamallin muutoksen.

Kattava reitistö-indikaattori on tekijä, joka edellyttää itseohjautuvien lentolaitteiden tueksi rakennettavaa latausasemien verkkoa. Tämä todennettaisiin sillä, että järjestelmä laajenisi kattamaan koko Enontekiön kunnan kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Maakunta- ja valtiorajat ylittävät käytännöt-indikaattori voitaisiin todentaa toimintamallien leviämisenä vähintään kolmeen maakuntaan ja kahteen maahan.

Edellä kuvatut indikaattorit varmistaisivat toteutuessaan järjestelmän muodotumisen ja legitimoisivat perustamiskustannuksia. Toteutuessaan indikaattorit myös osoittaisivat elinkeinorakenteen muutoksen sekä järjestelmän uusien käyttäjien pääsyn järjestelmään (kuvio 5).



Kuvio 5. Vaikuttavuuden edellyksiä digi-ilmailun järjestelmälle Enontekiöllä.

Indikaattorien määrä on mielekästä pitää alhaisena, jotta niiden seuranta ohjaa toimintamallin muodostumista. Järjestelmässä on toki monia muitakin elementtejä, jotka ovat merkityksellisiä mutta joiden ohjaus indikaattoreiden avulla ei ole välttämätöntä. Digi-ilmailu tuottaa tavarakuljetuksen lisäksi myös palveluja ja oleellisia tietorakenteita, joiden merkitys voi olla keskeinen toimintamallin muodostamisessa. Tämän raportin tietopohjassa Pilotti2:ssa tarkasteltiin tietoa koira- ja kelkkareitin kunnosta. Tätä tietoa voidaan hyödyntää mobiiliilsovelluksena siten, että toimijat näkevät reittien reaaliaikaisen kunnon. Tällä systemaattisella tiedolla voi olla oleellinen merkitys reittien turvallisuuden ylläpidossa sekä matkailukauden pidentämisessä. Samalla syntyy tietopohjaa esimerkiksi poroaitojen kunnosta, petovahingoista, erilaisten toimijoiden ja reittiin kiinnittyvistä huoltotarpeista. Digi-ilmailu voi näin muodostua palvelutarpeita ja palveluja luovaksi välineeksi, joka rakentuu osaksi yritystoimintaa. Järjestelmäksi rakennettu -lentolaitteiden toiminta kiinnittäisi harvaan asutut alueet osaksi tietojärjestelmiä ja liikennejärjestelmiä tavalla, joka aikaisemmin ei ole ollut mahdollista. Lisäksi autonominen lentolaitejärjestelmä tasoittaisi palvelujen välimatkasta johtuvia eroja, saatavuuseroja ja perustellusti myös kausivaihtelun eroja.

Haastattelut:

Aineiston kerääminen ja haastattelut Enontekiön kunta ja lentoasema 12.-14.10.2021

Jari Rantapelkonen	Kunnanjohtaja
Marko Halla	Enontekiön Lentoasema Oy, päällikkö
Teemu Taulavuori	Lapin sairaanhoitopiiri, Enontekiön kunnanlääkäri
Anneli Kultima	sairaanhoitaja, Enontekiön terveydenhuolto
Sanna Sainio	Muonion – Enontekiön apteekkari
Klemetti Näkkäläjärvi	Oulun yliopiston Saamelaisalueen tutkijatohtori, Käsivarren Paliskunnan erityistuntija
Otso Heinsola	Agrologi
Pasi Ikonen	Enontekiön Yrittäjät, puheenjohtaja (2.11.2021), Lapin yliopisto

Pilot II-vaiheen suoritus Enontekiön lentoasemalla 22.3.2022

Birgitta Eira	Kunnanjohtaja (vt.)
Mika Sandström	RumbleTools Oy

Äänitteet:

Enontekiön kunta 12.-14.10.2021

Muuta:

Enontekiökunta/Youtube/Kuntalaisfoorumi 12.10.2021 (54 min)

Marko Halla	Lentoaseman päällikkö (esitys)
Ari Huhtamo	Lapin yliopisto, tutkija (esitys)

Hankkeen toteuttajat

Mika-Petri Laakkonen hankkeen vastuullinen johtaja 30.6.-31.12.2021 asti

Timo Aarrevaara, asiantuntija 30.6.-31.12.2021, hankkeen vastuullinen johtaja 1.1.-31.3.2022

Ari Huhtamo, tutkija 15.9.2021-31.3.2022

Alf Josefsen, tutkija 1.1.-31.3.2021

Janne Matilainen, asiantuntija, Lapin AMK, 30.6.-31.12.2021

Lähteet

Gonzalez, L.F., Montes, G.A., Puig, E., Johnson, S., Mengersen, K., Gaston, K.J. (2016). Unmanned aerial vehicles (UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. *Sensors*, 16:1. DOI: <https://doi.org/10.3390/s1601009>

Aurambout, J.P., Gkoumas, K., Ciuffo, B. (2019). Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities. *European Transport Research Review* 11:30. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0368-2>

Enontekiön kunta. Strategia 2025. <http://enontekio.fi>

Figliozi, M.A. (2017). Lifecycle modeling and assessment of unmanned aerial vehicles (Drones) CO₂ emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 57, pp. 251-261.

Gonzalez, L.F., Montes, G.A., Puig, E., Johnson, S., Mengersen, K., Gaston, K.J. (2016). Unmanned aerial vehicles (UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. *Sensors*, 16:1. DOI: <https://doi.org/10.3390/s1601009>

Haidariab, L.A. Brown, S.T., Ferguson, M., Bancroft, E., Spiker, M. m Wilcox, A., Ambikapathi, R., Sampath, V., Connor, D.L., Lee, B.Y. (2016). The economic and operational value of using drones to transport. *Vaccine* Vol. 34, Issue 25, pp. 4062-4067.

Lapin green deal tiekartta 2021. Lapin liitto 2021.

Lapin maakuntaohjelma. Lappi-sopimus

Lapin älykkään erikoistumisen strategia. Lapin liitto 2021. <https://www.lapinliitto.fi/aluekehitys/lappi-sopimus/>

Lapin digiohjelma 2020. Lapin liitto 2013.

Sydin, B. (2019). Public acceptance of drones: Knowledge, attitudes, and practice. *Technology in society*, Vol. 59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101180>

DIGIHAJA-hankkeen teknologisen pilotin toteumaraportti

Johdanto

Lapin liitto myönsi elokuussa 2021 Lapin korkeakoulukonsernin yhteiselle *Digi-ilmailupalvelut lapin haja-asutusalueilla* -hankkeelle (DIGIHAJA) rahoituksen *Alueiden kestävän kasvun ja elinvoiman tukemisen määrärahasta* (AKKE). Lapin yliopisto koordinoi Lapin maakunnassa toteutettavaa hanketta, ja hankkeen vastuullisena johtajana toimii tutkimusjohtaja Mika-Petri Laakkonen. Lapin ammattikorkeakoulun *Älykäs rakennettu ympäristö* -osaamisryhmä toteutti 9.-10.9.2021 Enontekiön lentoasemalla pilotin, jossa testattiin muutamia multikopteridroonin teknologisia suorituskykyjä.

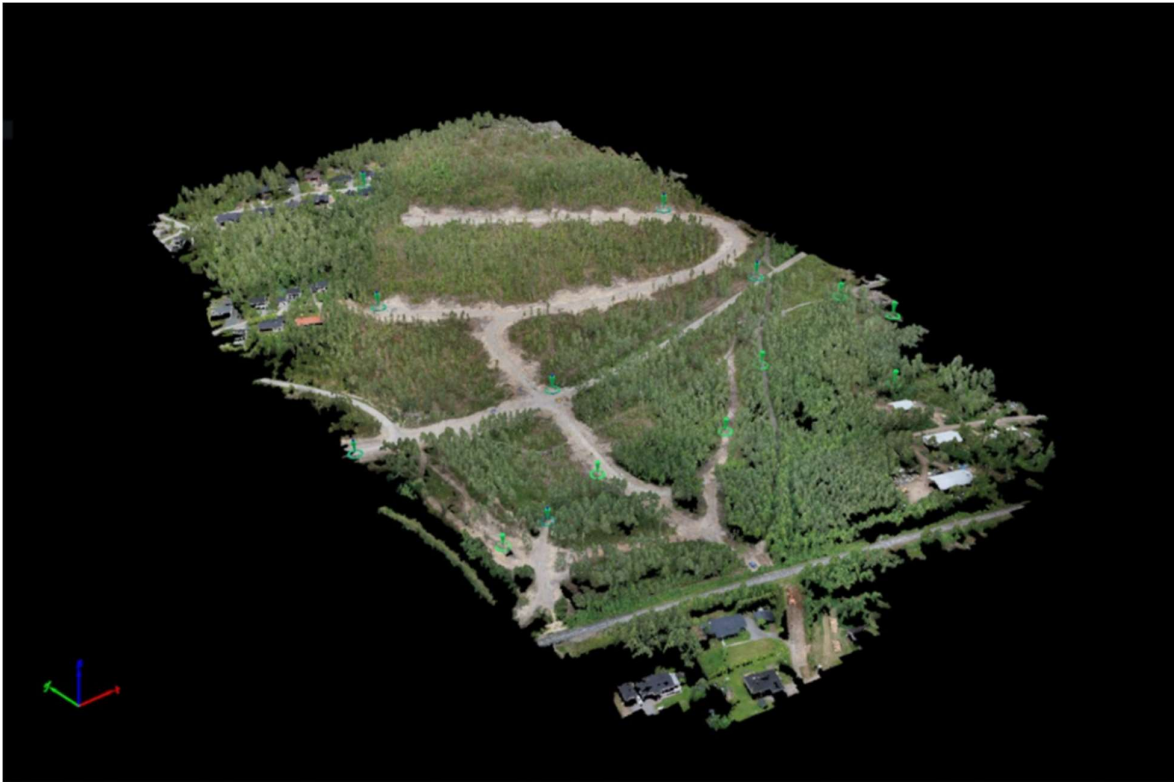
Hankkeen ohjausryhmä toivoi 23.8.2021 kokouksessaan pilotissa tarkasteltavan seuraavia teemoja: multikopteridroonien toimivuus lääke- ja ruokatoimituksiin haja-asutusalueilla, soveltuvuus ”wildlife”-kartoitukseen/-kontrollointiin (porot, hirvet, karhut, lintuparvet) sekä lentokenttäympäristön turvallisuusaitojen kuntotarkastuksiin. Myös muut mahdolliset haja-asutusalueiden kilpailukykyä, osaamista, osallisuutta ja palvelurakenteita uudistavat pilotoinnit toivotettiin tervetulleiksi.

Pilotti suoritettiin Lapin AMK:n kalustolla Enontekiön lentokentällä 9.-10.9.2021 ja siihen osallistuivat Lapin AMK:n maanmittaustekniikan koulutustiimin lehtori Timo Karppinen, tuntiopettaja Janne W. Matilainen sekä TEQU-tiimin projekti-insinööri Joona Taskinen. Lapin yliopistolta osallistui professori Timo Aarrevaara, ja Enontekiön lentoasemaa edusti lentoaseman päällikkö Marko Halla. Lisäksi pilottiin osallistui ulkopuolisena asiantuntijana Rovaniemen kaupungin paikkatieto- ja tonttipalveluiden mittaustyönjohtaja Antti Riipi. Lapin ammattikorkeakoulun toteutuksesta vastaa tuntiopettaja Matilainen. Pilotissa suoritettiin kuusi koetta, joilla pyrittiin vastaamaan ohjausryhmän esittämiin toiveisiin. Raportissa kuvataan suoritettut kokeet, muut huomiot, käytetty kalusto sekä kerätty aineisto. Raportin laativat projekti-insinööri Joona Taskinen ja tuntiopettaja Janne W. Matilainen.

Sääolosuhteet olivat droonin lennättämiseen suotuisat. Tuuli oli heikkoa ja tasaista, näkyvyys erinomainen sekä lämpötila- ja kosteusolot sellaiset, ettei propellien jäätämisestä ollut vaaraa.

Koe 1: Fotogrammetrinen kartoitus

GeoDrone X4L -multikopterilla suoritettiin kartoituslento lentoasema-alueella, jossa hyödynnettiin maanmittauksessa yleisesti käytettyjä fotogrammetrisia menetelmiä. Drooniin ajettu tehtäväsuunnitelma lennättää ilma-alusta tehtävän aikana automaattisesti ottaen kuvia ja tallentaen sijainti-, asento- ja etenemistietoja kameran jalustalta sekä sisäisestä inertiamittausyksiköstä. Yhdistämällä kuviin niiden asento- ym. tiedot niistä voidaan tuottaa rasterimuotoisia ortokuvia sekä kolmiulotteisia pistepilviä. Pistepilvistä voidaan jatkojalostaa esimerkiksi vektorimuotoisia pintamalleja, joita käytetään useisiin eri suunnittelutarpeisiin. Aineiston asemoimiseksi johonkin maantieteelliseen koordinaatistoon tulee maastossa olla mitattuja vastinpisteitä. Kerätystä aineistosta ei ollut kirjoitusajankohtana vielä muodostettu edellä mainittuja tuotteita.



Kuva 1: Esimerkkikuva kolmiulotteisesta pistepilvestä Rovaniemen Katajarinteen alueelta (Janne W. Matilainen 2018)

Koe 2: Kasvojentunnistuskoe

DJI Mavic Air 2 ja GeoDrone X4L -multikoptereilla suoritettiin koe, jossa kuvattiin kohteen kasvoja 20 ja 40 metrin vaakaetäisyyksiltä lentokorkeuden ollessa 20 metriä maanpinnasta, eli 28,3 ja 44,7 metrin vinoetäisyyksiltä. Taivas oli puolipilvinen ja aurinko paistoi ilma-aluksen takaa kohteen kasvoille. GeoDrone X4L:n kuvien resoluutio on 6000 * 4000 pikseliä (24 MP) ja DJI Mavic Air 2:n resoluutio 4000 * 3000 pikseliä (12 MP). Kuvat rajattiin pään kuvalle näkyvän osan ulkoreunojen mukaan, jolloin alueelle muodostuvan suorakulmion alueella on pikseleitä:

- GeoDrone X4L @ 28,3 m: $30 * 48 = 1440$ pikseliä (DSC0051.JPG)
- GeoDrone X4L @ 44,7 m: $21 * 33 = 694$ pikseliä (DSC0048.JPG)
- DJI Mavic Air 2 @ 28,3 m: $15 * 25 = 375$ pikseliä (DJI_0008.JPG/.DNG)
- DJI Mavic Air 2 @ 44,7 m: $11 * 17 = 187$ pikseliä (DJI_0005.JPG/.DNG)

Käytetyillä vinoetäisyyksillä laskennallisiksi maastoresoluutioksi muodostuvat:

- GeoDrone X4L @ 28,3 m: 0,55 cm/pikseli
- GeoDrone X4L @ 44,7 m: 0,88 cm/pikseli
- DJI Mavic Air 2 @ 28,3 m: 1,06 cm/pikseli
- DJI Mavic Air 2 @ 44,7 m: 1,68 cm/pikseli



Kuva 2: Esimerkki kasvojentunnistuskuvasta DSC0051.JPG

Koe 3: Kohteen autonominen seuranta

Kokeessa asetettiin DJI Mavic Air 2 -drooni seuraamaan kiitoradalla kulkevaa pakettiautoa. Koe toteutettiin käyttäen laitteen Active Track -toimintoa, joka konenäköä soveltaen seuraa autonomisesti sille osoitettua kohdetta. Seurantaominaisuutta voitaisiin käyttää esimerkiksi tarkastuksissa tai maastoetsinnöissä, joissa drooni tarjoaisi esimerkiksi mönkijällä kulkevalle työparille näkyvyyttä myös ilmasta käsin ilman, että aluksen ohjaamiseen tarvitsisi keskittyä. Tällöin ilma-aluksen ohjausyhteyden enimmäiskantamakaan ei muodosta niin selvää rajoitetta, kun kauko-ohjauspaikka liikkuu ohjaajan mukana.

Tasaisella ja monokromaattisella kiitoradalla liikkuva valkoinen pakettiauto osoittautui muutoin helpoksi seurattavaksi, mutta kiitoradan valkoisten merkintöjen päältä ajettaessa drooni saattoi menettää seurannan. Metsämaastossa toimintoa ei kokeiltu.



Kuva 3: Kuvakaappaus seurantavideosta 10.9.2021

Koe 4: Aidan tarkastus

Kokeessa tarkastettiin visuaalisesti osio lentoaseman turvallisuusaidasta kiitoradan luoteispuolella. DJI Mavic Air 2 -droonille on mahdollista ajaa autonomisesti suoritettavia yksinkertaisia tehtäviä, joilla esimerkiksi aitaa tai vastaavaa yksinkertaista kohdetta voidaan tarkastella. Tässä kokeessa droonia lennätettiin manuaalisesti. Koko lentoaseman aidan kiertäminen ei ole Mavic Air 2 -droonilla mahdollista paikallaan pysyvästä kauko-ohjauspaikasta yhden lennon avulla siihen vaadittavan ajan sekä ohjausyhteyden enimmäiskantaman aiheuttamien rajoitusten vuoksi.

Verrattuna aidan kiertämiseen jalan, antaa drooni tarkastajalle muutamaa sataa metriä pidemmän näkemän. Enontekiön lentoaseman esimerkissä tarkastettu osio aidasta on vetisen suon keskellä, jolla kulkeminen on mahdollista vain jalan tai maastoajoneuvolla. Verkkoaidan visuaalinen tarkastaminen ja mahdollisten poikkeamien ja niiden laadun havainnointi reaaliaikaisesti ohjauslaitteen näytöltä todettiin haastavaksi, sillä ohut verkko erottuu huonosti aluskasvillisuutta vasten ylhäältä tarkasteltaessa, kuten kuvalla 4.



Kuva 4: Kuvakaappaus aidantarkastusvideosta 10.9.2021

Koe 5: Maastokohteen tarkastus

DJI Mavic Air 2 -dronilla tarkastettiin visuaalisesti n. 250 metrin päässä oleva kohde sekä tarkkailtiin ympäröivää lähimaastoa. Tiellä sijaitseva auto ja sen yksityiskohdat ovat helppoja havaita myös reaaliaikaisesti kauko-ohjaimen näytöltä. Päälystetyillä alustoissa paikallaankin seisovia ihmisiä on helppo havainnoida visuaalisesti. Maastoon ei ollut suunnitellusti sijoitettu ihmisiä tai eläimiä. Maasto-olosuhteiden lisäksi kameran ja näytön virkistystaajuudella vaikuttaa olevan ratkaiseva merkitys havainnointikykyyn liikkeessä; visuaalinen havainnointi paikallaan leijuvasta droonista on huomattavasti helpompaa matalan virkistystaajuuden vuoksi.



Kuva 5: Kuvakaappaus maastotarkastusvideosta 10.9.2021

Koe 6: Lähestymistutkan tarkastus

Kiitoradan lounaispäässä sijaitsevaa lähestymistutkaa kuvattiin DJI Mavic Air 2 -dronilla. Homogeenisella ja selväpiirteisellä taustalla sijaitsevan kohteen tarkastaminen on visuaalisesti helppoa. Tällainen tarkastusmenetelmä olisi helppoa automatisoida myös COTS-ratkaisuin.



Kuva 6: Kuvakaappaus tutkantarkastusvideosta 10.9.2021



Kuva 7: Kuvakaappaus tutkantarkastusvideosta 10.9.2021

Muita huomioita

Tämä kappale sisältää kokeiden aikana tehtyjä erinäisiä huomioita ja havaintoja hankkeen aiheista, jotka eivät ilmene suoranaisesti itse kokeista.

Toiminta-aika ja -säde

- Akkukäyttöisten ”commercial-off-the-shelf” -laitteiden (COTS) toiminta-aika on n. 20–60 min riippuen paljolti hyötykuormasta; tässä ajassa ehditään matkata vain joitakin kilometrejä ja ohjausyhteydet katkeavat jo ennen sitä.
- Hybridi-/polttomoottori voi pidentää toimintasädettä huomattavasti, esim. Avartek Boxer Hybrid -multikopterin toiminta-ajaksi ilmoitetaan 120 minuuttia 5 kg hyötykuorman kanssa.
- Multikopteriformaatti on nousun ja laskeutumisen kannalta helppo ja turvallinen, mutta lennon aikana hyvin epätaloudellinen.
- Kiinteäsiipisillä laitteilla on pidempi toimintasäde, mutta nousu ja laskeutuminen vaativat kiitoradan – tämä voi myös rajoittaa suoritettavaa tehtävää, esim. paketin toimittamista, sillä aluksella ei voi pysähtyä tai leijua.
- VTOL-tyyppiset ilma-alukset voivat nousta ja laskeutua pystysuoraan, mutta muuttuvat lennossa kiinteäsiipisiksi – toimintasäteeksi esim. Quantum-Systems Trinity F90+:lle on ilmoitettu jopa 100 km.
- Miehitettävättömiä VTOL-ilma-aluksia on vielä vähän markkinoilla, teknologia ei ole vielä kovin kypsää miehittämättömän ilmailun piirissä.

Hyötykuormat

- COTS-laitteiden hyötykuorman valinta on yleensä rajoittunut niiden markkinoituun käyttötarkoitukseen, ja mahdollinen hyötykuorman paino on tavallisesti korkeintaan joitain satoja grammoja.
- Esimerkiksi kuljetus-/toimitusjärjestelmät ovat toistaiseksi tarpeen mukaan valmistettuja erikoisjärjestelmiä, erilaisiksi kuvausjärjestelmiksi on olemassa paljon valmiita ja kypsiä ratkaisuja.
- Kuluttajatuotteet ovat lähes järjestään kaikki akkukäyttöisiä – akkujen tuotantotekniikka on viime vuosina kehittynyt kovasti, mutta suuri teknologinen harppaus esimerkiksi uudella tehokkaammalla akkuteknologialla merkitsisi miehittämättömälle ilmailulle samaa kuin tieliikenteen sähköistämiselle.
- Suurikapasiteettisten akkujen lataaminen voi olla hyvin hidasta.

- Hybridikäyttövoimaisilla aluksilla päästään huomattavasti pidempiin toiminta-aikoihin ja mahdollisesti raskaampiin hyötykuormiin.

Tunnistautuminen

- Kasvoilta tunnistaminen on laadukkaalla aluksen kameralla mahdollista, mutta näkyvän valon spektriä käytettäessä se vaatii otolliset olosuhteet.
- Taivaalta tapahtuva tunnistuskuvaaminen vaikuttaa myös kohteen kasvoihin, mikäli tunnistaminen edellyttää katsekontaktia kameraan – droonia, jonka takaa paistaa aurinko, kohti on vaikeaa ja jopa vaarallista katsoa.
- Lähietäisyydellä lentävä tai leijuva drooni voi vaikuttaa uhkaavalta ja roottorit tai päälle tippuva drooni ovatkin jopa hengenvaarallisia – niiden ääni ja liike voivat häiritä myös eläimiä.
- BYOD-tyyliset ratkaisut älylaitteella, jolloin laitevalmistajan/palveluntarjoajan toiminto tunnistaa käyttäjän esim. kasvoilta ja/tai sormenjäljellä, joka on ensiksi vahvistettu vahvalla tunnistautumisella esim. verkkopankkitunnuksin.
- Jokin käyttöliittymä asiakkaalle tarvitaan todennäköisesti joka tapauksessa – vrt. Wolt & Foodora -ruoankuljetuspalvelut.

Autonomisuus

- COTS-laitteetkin osaavat jo suorittaa niille ajettuja tehtäviä automaattisesti mutta ne eivät ole kovin älykkäitä, eikä niistä ole vielä esim. kuljetustehtävien turvalliseen suorittamiseen itsenäisesti valvomattomissa, vaihtelevissa ja ennakoimattomissa olosuhteissa.
- Erikoisjärjestelmissä hyödynnetään jo esim. tekoälyä/neuroverkkoja, jotka voivat mahdollistaa aluksen laajemman autonomian tehtävän suorittamiseksi.
- Tehtävien autonominen suorittaminen ihmisten, eläinten tai omaisuuden välittömässä läheisyydessä turvallisesti asettaa erittäin korkeat vaatimukset kaikille ilma-alusjärjestelmän osille, kuten tieliikenteessäkin.

Olosuhteet

- Miehitämättömään ilmailuun vaikuttavat samat fysikaaliset ilmiöt kuin perinteiseen ilmailuun.
- Eritoten multikoptereilla on propellien jäätäminen sopivissa olosuhteissa yleisesti tunnustettu ongelma.
- Huono näkyvyys aiheuttaa haasteita autonomiselle ohjaukselle, ja huonoon näkyvyyteen johtavat sääolosuhteet ovat usein myös esim. jäätämisen kannalta vaikeita.
- Ääriämpötilat vaikuttavat myös akkujen suorituskykyyn.

Tietoliikenneyhteydet

- Ilma-aluksia ohjataan yleensä suorilla radioyhteyksillä, kuten Bluetooth, WiFi tai vast., niiden kantama loppuu kuitenkin jo joidenkin satojen metrien jälkeen.
- COTS-laitteet kykenevät suorittamaan niille ajettuja tehtäväsuunnitelmia automaattisesti ilman ulkoisia yhteyksiä, mutta pelkän turvallisuuden ja ilmatilannetietoisuuden vuoksi niihin tulisi olla jatkuva yhteys.
- Mobiiliyhteydet eivät haja-asutusalueilla ole maan pinnallakaan välttämättä hyvät ja ilmassa todennäköisesti vielä huonommat – luotettavan tietoliikenneyhteyden ylläpitäminen tehtävällä olevaan ilma-alukseen voi olla hyvinkin suuri haaste.
- Vähäinenkin kaista oletettavasti riittää aluksen ohjaamiseen ja seurantaan, mutta tunnistautumiseen tai tehtävään liittyvän tietoliikenteen määrä voi olla suuri.

Kalusto

Pilotissa käytettiin kahta miehittämätöntä ilma-alusjärjestelmää; GeoDrone X4L- sekä DJI Mavic Air 2 -multikopteria. Järjestelmien kuvaukset:

- GeoDrone X4L
 - Suunniteltu ja valmistettu Suomessa
 - Lentopaino n. 5 kg
 - Toiminta-aika jopa n. 60 min, turvallinen käytännön toiminta-aika n. 20–40 min
 - Hyötykuorma vaihdettavissa, hyötysensorina kokeissa Sony α6000 -kamera
 - APS-C CMOS
 - 24 MP 6000 x 4000 px
 - Kuljetus- ym. toiminnallisuudet vaativat erikoisjärjestelmän, ei saatavilla “COTS”
 - Pääasiallinen käyttötarkoitus fotogrammetriset ilmakuvaukset, laserkeilaus sekä monitorointikuvaukset
- DJI Mavic Air 2
 - Suunniteltu ja valmistettu Kiinassa
 - Lentopaino n. 800g
 - Toiminta-aika jopa 30 min, turvallinen käytännön toiminta-aika n. 15–20 min
 - Hyötykuorma ei vaihdettavissa, integroituna hyötysensorina kamera
 - ½” CMOS
 - 48 MP 8000×6000 px
 - Kuljetus- ym. erikoistoiminnallisuudet vaativat erikoisjärjestelmän, vaikea toteuttaa
 - Pääasiallinen käyttötarkoitus video- ja valokuvaukset sekä kevyet monitorointi- ja fotogrammetriset ilmakuvaukset

Aineisto

Kokeista kerättiin kuva- ja videomateriaalia, jotka on talletettu Lapin korkeakoulukonsernin OneDrive-palveluun. Materiaalin on jaettu käyttöoikeudet hankkeessa työskenteleville henkilöille.

- GeoDrone X4L
 - Fotogrammetrinen kuvausmateriaali ja georeferointitiedot 9.9.2021
 - Kuvamateriaali kasvojentunnistuskokeesta 9.9.2021
 - Fotogrammertainen kuvausmateriaali ja georeferointitiedot 10.9.2021
- DJI Mavic Air 2
 - Kuvamateriaali kasvojentunnistuskokeesta 9.9.2021
 - Videokuvamateriaali pakettiauton seurannasta 10.9.2021
 - Videokuvamateriaali lentokentän aidan osion tarkastuksesta 10.9.2021
 - Videokuvamateriaali kohteen tarkastuksesta maastossa 10.9.2021
 - Videokuvamateriaali lähestymistutkan tarkastuksesta 10.9.2021
 - Sekalainen kuvamateriaali 9.-10.9.2021
- J. Taskinen puhelin
 - Sekalainen kuvamateriaali 9.-10.9.2021
 - Sekalainen videokuvamateriaali 9.-10.9.2021
- J.W. Matilainen puhelin
 - Sekalainen kuvamateriaali 9.-10.9.2021

RUMBLETOOLS OY LENNÄTYSPÄIVÄ RAPORTTI ENONTEKIÖ 22.3.2022

Enontekiön lentoasemalla 22.3.2022 pidettiin yhteinen tilaisuus missä käsiteltiin tässä raportissa kerrottuja kokonaisuuksia liittyen meneillään olevaan Lapin yliopiston ”Digi-ilmailupalvelut Lapin haja-asutusalueilla” hankkeeseen. Paikalla Enontekiöllä olivat Timo Aarrevaara, Ari Huhtamo, Marko Halla sekä Mika Sandström.

Tilaisuudessa oli tarkoitus syventää hankkeessa määriteltyjen palvelujen toteutusta Enontekiön Hetan ympäristössä huomioiden talven vaikutukset toimintaan.

Esitetyt tutkimuskysymyksen päivän aiheeksi olivat:

1. Lumen paksuus- ja syvyysselementit
2. Valitun alueen kelkka- ja hiihtoreitin valvonta ja kunto
3. Pientavaran kuljetusmahdollisuus talviolosuhteissa

Yleisesti voidaan todeta, että tutkimuskysymyksissä esitetyt tehtävät ovat toteutettavissa hyväksi käyttäen miehittämätöntä ilmakomponenttia. Huomioitavaa hankkeen edetessä on toteutukseen vaikuttavat lainsäädäntö sekä palveluista aiheutuvat kustannukset

1. Lumen paksuus- ja syvyys elementit

Jotta tehtävä voitaisiin toteuttaa siten, että tulos vastaa todennettua mittatulosta, vaatii tehtävän tekeminen oikean laatuksen sensorin integroimista ilma-alukseen ja sekä sen tuottaman data:n hallinnan/käsittelyn suunnittelemisen. Tämä on toteutettavissa halutusti, mutta vaatii tutkimusta lumensyvyyden mittauksesta hyväksikäyttäen eri sensortechnikoita. Tähän on löydettävissä yliopistotutkimuksia, joita voidaan hyväksikäyttää mahdollisessa toteutuksessa.

Kohdan mukainen toiminta, voidaan toteuttaa myös yksinkertaisilla lentosuorituksilla, missä arvioidaan EO/IE-sensorin tuottamaa dataa ja sen informaation oikeellisuutta. Tätä helpottamaan voidaan luoda esimerkiksi mittauspiste verkko, josta autonominen robotti drone säännönmukaisesti tuottaa tarvittavan data. Tähän

voidaan lisätä tekoälysovellus, missä mittatulos tuotetaan automaattisesti suoraan järjestelmästä esimerkiksi julkiselle palvelimelle, nettisivulle.

2. Valitun alueen kelkka- ja hiihtoreitin valvonta ja kunto

Tehtävän toteuttaminen vaatii halutun alueen sekä etäisyyden määrittelyn sekä tuotetulle tiedolle vaatimuksen, mittarin, jotta tieto on arvioitavissa luotettavasti.

Haluttu tehtävä voidaan toteuttaa määrittelyjen jälkeen tehtävään valitun järjestelmän suorituskyvyn rajoissa. Pitkäkestoinen sensoridatan analyysiin perustuva lentosuorite on mahdollinen Hetta- Enontekiön lentoasema välillä. Tällöin voidaan tehtävä toteuttaa neli tai useampiroottori-tyyppisellä lentolaitteella. Pitemmillä väleillä kiinteäsiipinen ratkaisu on suorituskykyisempi etäisyyden suhteen, mutta saatu informaatio sekä järjestelmän käytettävyys ovat toimintaa enemmän rajoittava kuin käytettäessä roottori-tyyppistä Dronea.

Autonomisella Drone-järjestelmällä kyetään tarkastamaan haluttu reittiväli säännön mukaisilla lennoilla, jotka on määriteltävissä asiakkaan vaatimusten mukaisesti.

3. Pientavaran kuljetusmahdollisuus talviolosuhteissa

Pientavaran kuljetuksessa keskeinen kysymys on mikä, minkä laatuinen, minkä painoinen esine on kyseessä ja kuinka kauas se pitää toimittaa? Onko kyseessä järjestelmä tasan suorituskyky vai onko yksittäinen tehtävä sidonnainen suorite.

Talviolosuhteet eivät varsinaisesti rajoita materiaalin kuljetusta. Keskeinen rajoite ja toiminnan ohjaus on lainsäädännön vaikutus toteutettavaan tehtävään. Kokonaispainoltaan alle 4 kg toimiva miehittämätön ilma-alus on mahdollista saada operatiiviseen toimintaa helpommin kuin siitä painavammat kokonaisuudet. Asiasta tarkemmin Traficom:n palvelusta www.drone-info.fi.

Drone-järjestelmällä kyetään kuljettamaan luotettavasti haluttuja hyödykkeitä. Mikäli toimintaan liittyy myös henkilöllisyyden varmentaminen toimituksen tilauksen yhteydessä, on varmentaminen mahdollista rakentaa järjestelmään sisälle. Tilaustoiminnassa voidaan hyväksikäyttää vahvaan digi-tunnistusta sekä tekoälyn yhdistelmää. Toiminta antaa mahdollisuuden henkilöllisyyden varmentamiseen ns etänä. Huomioitavaa tässä on kuitenkin asiaan liittyvä lainsäädäntö.

Kohdan 1 ja 2 suoritteet varmennettiin lentämällä yllä kuvatun mukaisesti 23.3 Hetan kylän alueella. Varmennus tukee johtopäätöstä, missä kevyin järjestelyin on mahdollista tuottaa EO/IR-sensorilla tarvittava tieto tutkimuskysymysten 1 ja 2 aiheista. Materiaalin kuljettamista ei todennettu erikseen, vaan sen todentaminen vaatii ensimmäiseksi kuljetettavan materiaalin painon ja fyysisen mitan määrittämisen. Itse tehtävä on toteutettavissa halutusti oikealla kalustolla.

Lapin yliopiston hankkeessa esitetyt tutkimuskysymysten mukaiset palvelut Hetan pääpiirteisellä alueella on mahdollista tuottaa keskitetysti hyväksikäyttämällä autonomista Drone-järjestelmää. Tällöin kokonaisuuden vaatima määrä autonomisia Droneja kykenee tuottamaan halutut palvelut tilaajalle. Kokonaisuus vaatii toimiakseen tarvittavien viranomaislupien lisäksi tiedonsiirtoverkon. Tiedonsiirtoon tutkimuskysymysten mukaisissa esimerkeissä tuo uusi 5G-teknologia hyvän vaihtoehdon järjestelmän rakentamiselle.

Kokonaisuutena arvioiden, hankkeessa esitetyt toiminnot voidaan toteuttaa RumbleTools Oy:n valmistamalla RT-ASTAR järjestelmällä. Yhtiömme on valmis jatkamaan yhteistyötä hankkeessa palvelujen pilotoimiseksi Enontekiön kunnan lentoaseman sekä Hetan kylän alueella.

RumbleTools Oy

Mika Sandström, CEO