

Selvitys Porvoon drone-logistiikkahubista

Vähähiilisyyttä tukevat dronepalveluratkaisut Etelä-Suomessa -hanke



Posintra



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Työryhmä: Marko Nyby, Kari Nöjd, Juha-Matti Vehka-aho, Niko-Petteri Salo, Pekka Lähde, Kimmo Vähäyylkkä, Mikko Raninen

- Työ kuuluu ”Vähähiilisyyttä tukevat dronepalveluratkaisut Etelä-Suomessa” – hankkeeseen.
- Työn keskeiset tavoitteet ja sisältö:
 - arvioitiin drone-kuljetusten mahdollisia toimintamalleja Helsingin seudun ja Porvoon välillä sekä toisaalta Porvoon kaupungin alueella
 - tutkittiin, onko Porvoon kaupungin alueelta löydettävissä sopivaa aluetta dronejen logistiikkahubiksi työssä laaditun arviointikriteeristön avulla
 - tutkittiin ilmailuun liittyvää lainsäädäntöä ja EU-tason sääntelyn tilaa
 - arvioitiin markkinoilta saatavilla olevien dronejen teknistä kypsyyttä ja soveltuvuutta kaupalliseen logistiikkatoimintaan

- Työn keskeiset tavoitteet ja sisältö:
 - arvioitiin markkinoilta saatavilla olevien dronejen teknistä kypsyyttä ja soveltuvuutta logistiikkatoimintaan
 - tehtiin laskelma drone-kuljetuksiin mahdollisesti siirtyvistä pakettimääristä
 - haarukoitiin drone-hubin tarvitsemaa pinta-alaa erilaisilla jakelutehokkuustavoitteilla
 - laskettiin drone-kuljetusten aiheuttamat päästöt saatavissa olleilla tiedoilla
 - pohdittiin pienempien, lähempänä loppuasiakasta sijaitsevien drone-hubien toimintakonsepteja

Työn tilaajana on itäisen Uudenmaan kehitysyhtiö Posintra Oy ja toimittajana Sweco. Selvityksen rahoittajana on Uudenmaan liitto.

- Työhön liittyviä käsitteitä
- Tarkastellut hubi-alueet
 - taustalla myös Porvoon kaupungin ajatukset aluesijainneista
 - Swecon esitys alueiden valintakriteeristöstä sekä valinnan lopputuloksesta
- Lentotoiminta sekä alustavat lentoreitit
- Drone-tekniikka
- Kuljetusmäärien arviointi
- Melu- ja päästömallinnus tarkempaan tarkasteluun valittavista vaihtoehtoista
- Muut innovatiiviset ratkaisut: ”viimeisen kilometrin” hubit

Työhön liittyviä käsitteitä

Drone = ”drooni”, yleiskielinen ilmaisu, jolla tarkoitetaan kaikkia miehittämättömiä laitteita maalla, merellä ja ilmassa.

Työn kannalta keskeisiä käsitteitä:

- **UA (Unmanned Aircraft)** = miehittämätön ilma-alus; tarkoitettu lentämään ilman mukana olevaa ohjaajaa. Eri asia kuin ”lennokki”.
- **BVLOS (Beyond Visual Line-of-Sight)** = suoran näköyhteyden ulkopuolella. Toiminta, jossa kauko-ohjaaja tai lennättäjä pitää apuvälineiden avulla yhteyttä kauko-ohjattuun ilma-alukseen.
- **VTOL (Vertical Take-off and Landing)** = ilma-aluksen kyky nousta ja laskeutua pystysuoraan; lento vaakasuoraan energiatehokkaampaa
- **SORA** (Specific Operations Risk Assessment) = malli lentotoimintaan liittyvien riskien kartoitukseen ja pienentämiseen
- **u-Space** = EU-tasoinen sääntely droonien ilmatilaan pääsystä; palvelujen ja toimintatapojen määrittely, rajapinnat, turvallisuus...
huom. vielä luonnosvaiheessa



Hubityypit sekä aluevertailu

Tarjouspyynnössä ja tarjouksessa käytetty termejä

- a. **"Viimeisten kilometrien hub"** = runkokuljetus pääkaupunkiseutu → Porvoon-hub autolla, jatkokuljetus asiakkaalle dronella
- b. **"Pääkaupunkiseudulta tulevien rahtien hub"** = runkokuljetus suuremmilla droneilla, jatkokuljetus joko pienemmillä droneilla tai sähköisesti ja/tai autonomisesti liikkuvalla ajoneuvolla.

Työssä sovittu käytettäväksi:

- a. **Lopputoimitus dronella**; olennaista hubin saavutettavuus kumipyöräliikenteen näkökulmasta
- b. **Runkokuljetus dronella**; olennaista terminaalin sijainti mahdollisimman lähellä loppuasiakasta

Alueiden arviointikriteerejä

- Hubin toteutettavuus
 - Tilantarve, maanomistus (lähtökohtaisesti kaikki vertailtavat alueet kaupungin mailla), rakennettavuus
 - Laajentumisvara
- Logistiikka ja saavutettavuus -runkokuljetus
 - Lentotoiminnan edellytykset sekä runkokuljetuksen että viimeisen kilometrin osalta
 - Maaliikenne
- Logistiikka ja saavutettavuus -viimeinen kilometri
 - Sijainti suhteessa logistiikan loppukohteeseen (asukkaisiin)
- Rajoittavat ja poissulkevat tekijät
 - Lentokieltoalueet
 - Suojelu- ja luontoarvot
 - Nykyinen infrastruktuuri
- Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan
 - Tontin arvo: matala / korkea
 - Kaavavaraus: teollisuustontti / kaupan suuryksikkö tai muu kaupallinen toiminta
- Synergia muuhun toimintaan
 - Palo- ja pelastustoimi
 - Valvontatehtävät

Kohteiden osalta näitä kriteerejä on arvioitu karkeasti liikennevalomallilla:

Erinomainen/hyvä

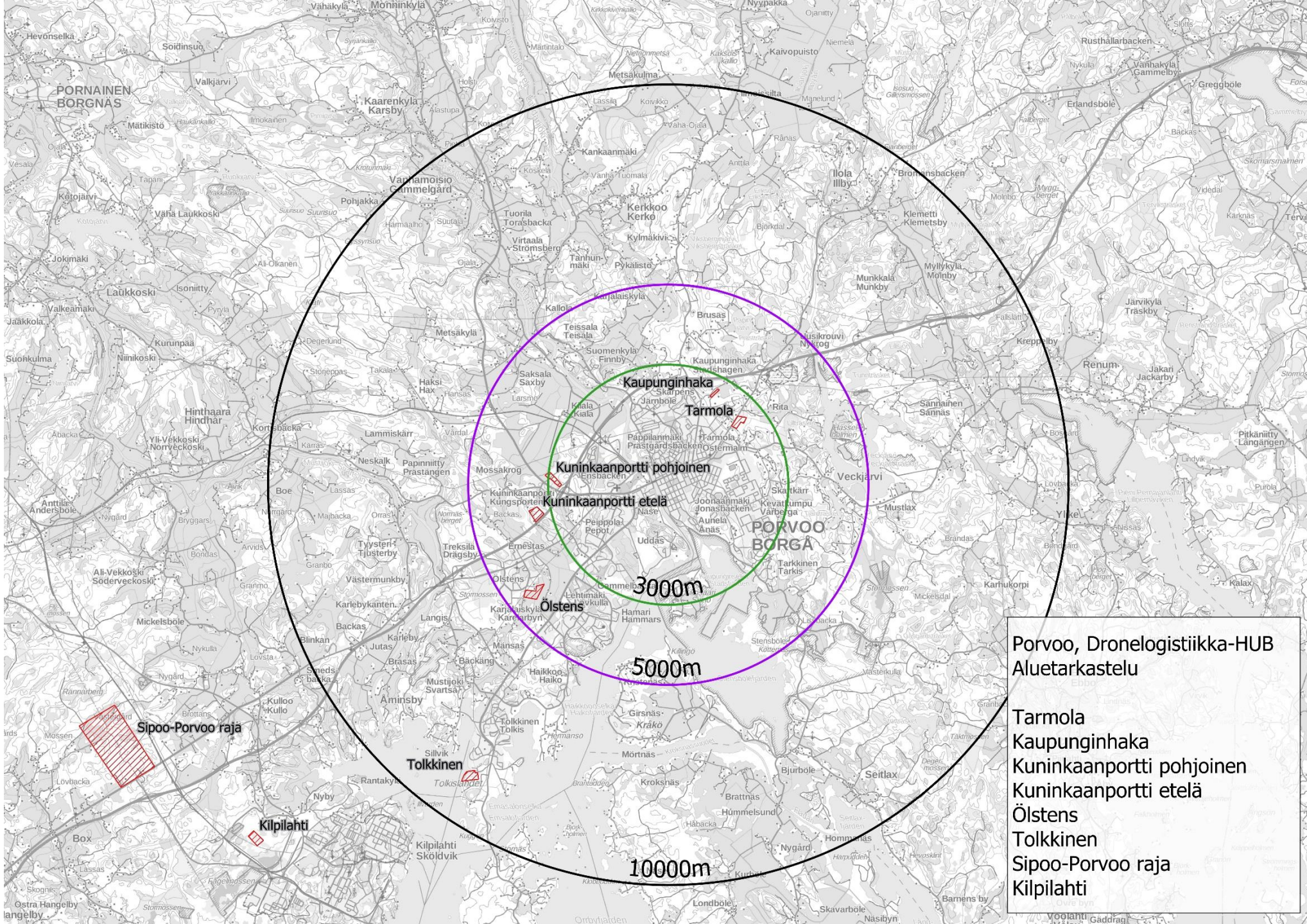


Kohtalainen/tydyttävä

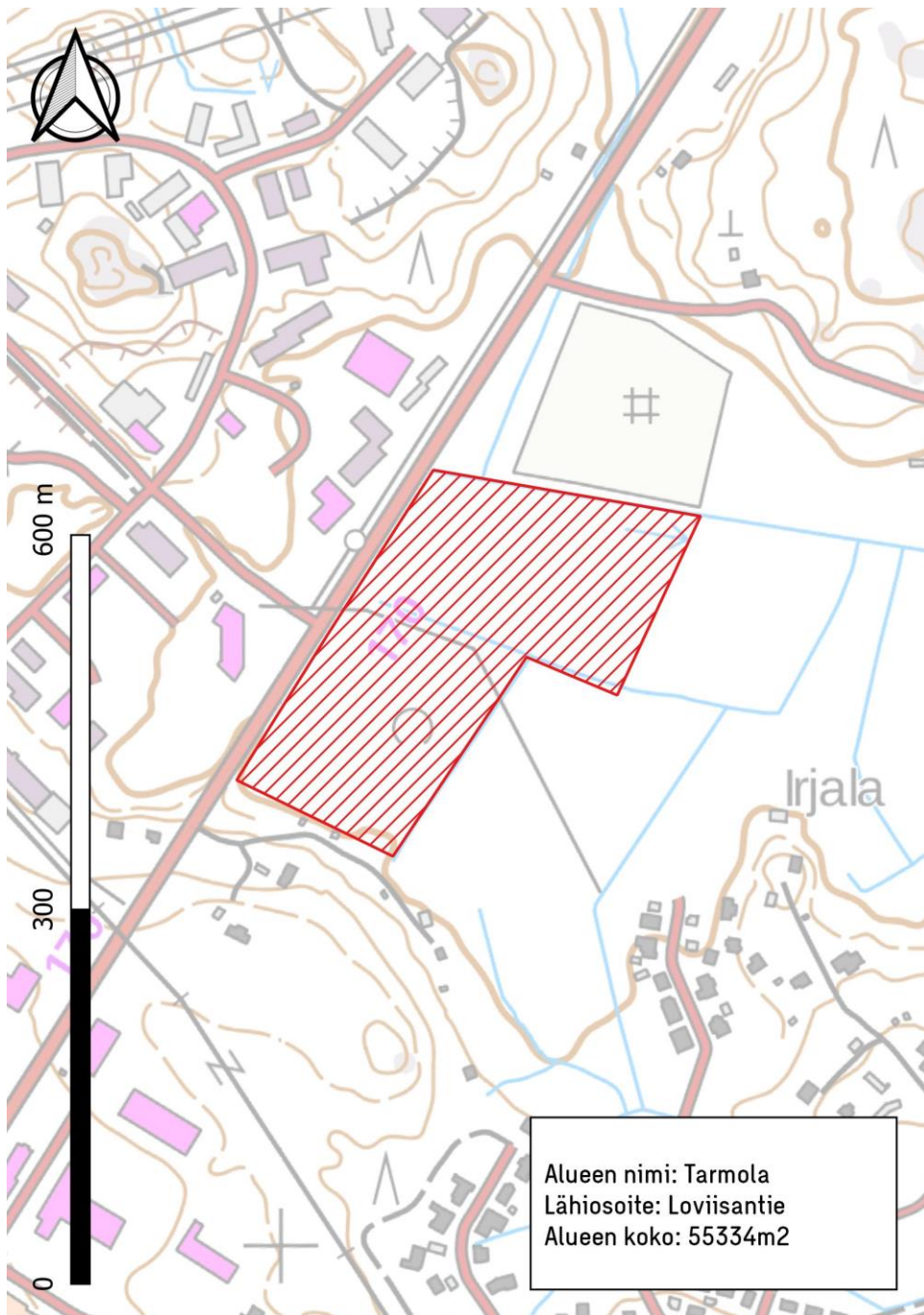


Välttävä/heikko





Alueiden arviointi on esitetty Porvoon keskustasta etääntyen.



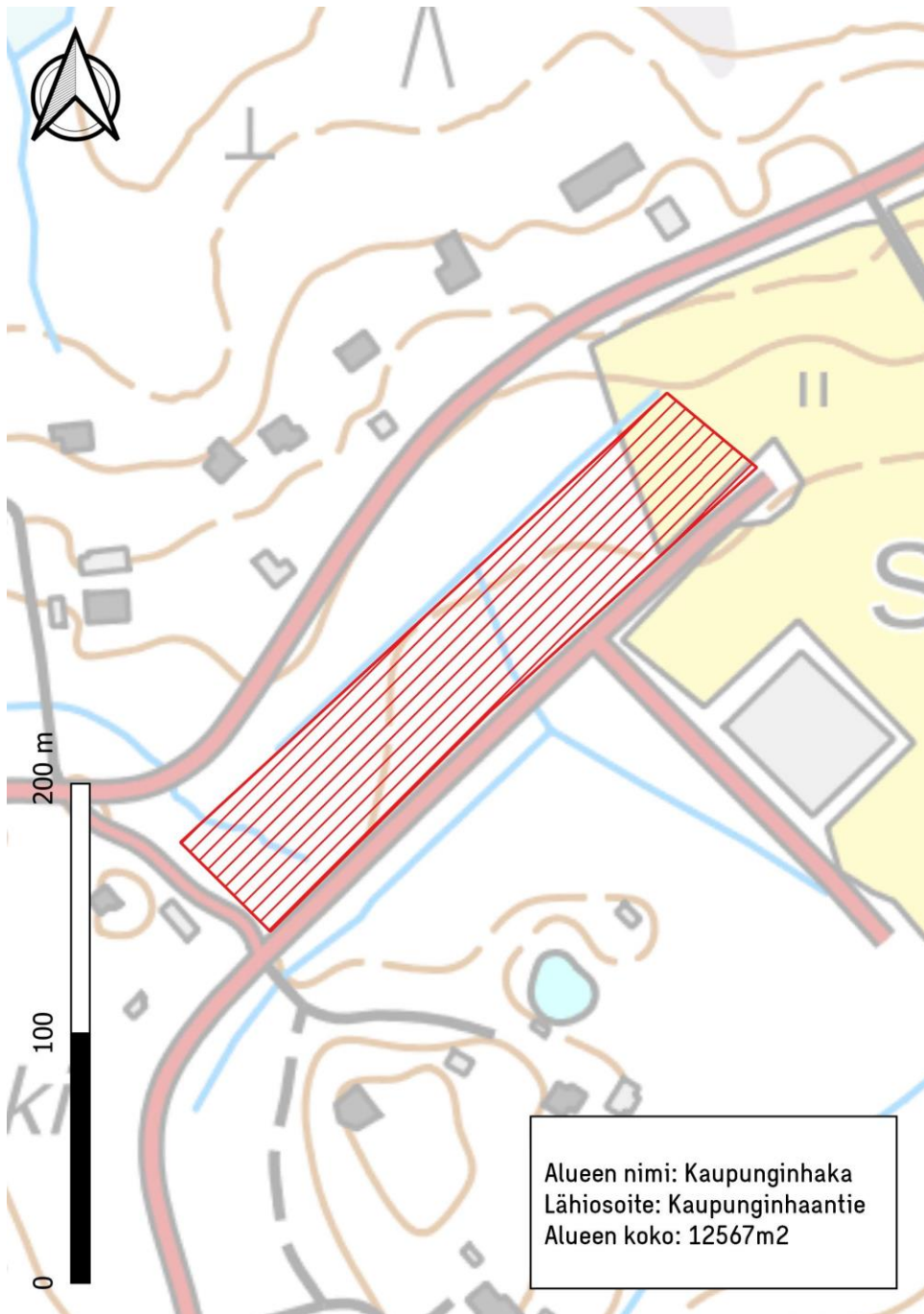
TARMOLA

Arviointi

- Hubin toteutettavuus**
 - Riittävä tila, pitkäkö tontti ei ole tehokas
 - Heikko rakennettavuus (savikkopeltoa)
- Logistiikka ja saavutettavuus - runko**
 - Moottoritien liittymä lähellä
 - Lentokäytävä moottoritien kautta
- Logistiikka ja saavutettavuus - viimeinen kilometri**
 - Lähellä loppuasiakasta
- Rajoittavat ja poissulkevat tekijät**
 - Asuinalueiden ylilento
- Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan**
 - Tontin arvo melko korkea, kaavoitettu kaupalliselle toiminnalle
- Synergia muuhun toimintaan**
 - Lähialueella ei synergiahyötyjä / tukipalveluita

TARMOLA





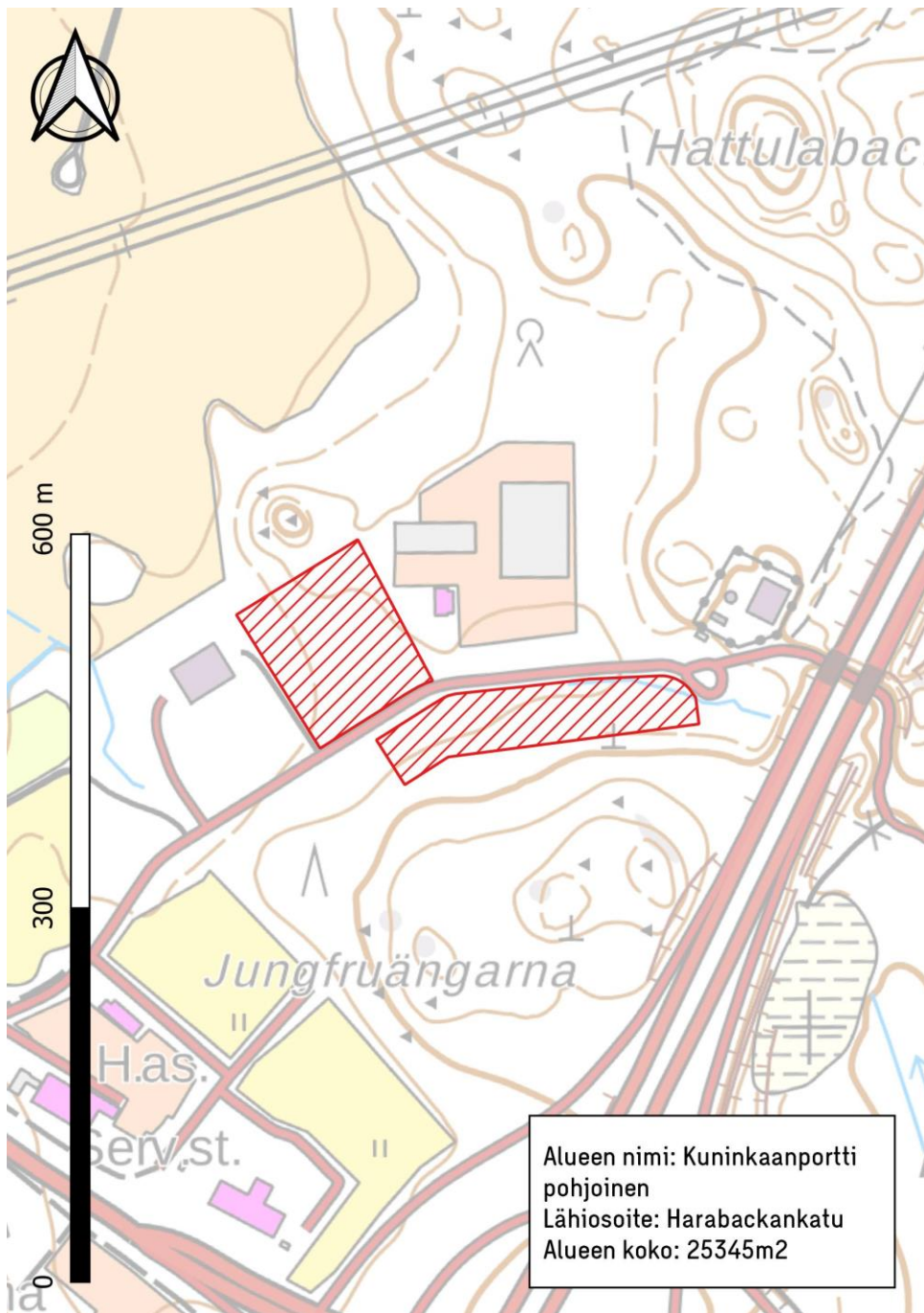
KAUPUNGINHAKA

Arviointi

- Hubin toteutettavuus**
 - Riittävä tila, pitkä tontti ei ole tehokas
- Logistiikka ja saavutettavuus - runko**
 - Moottoritien liittymä lähellä
 - Lentokäytävä moottoritien kautta
- Logistiikka ja saavutettavuus - viimeinen kilometri**
 - Melko lähellä loppuasiakasta
- Rajoittavat ja poissulkevat tekijät**
 - Asuinalueiden ylilento
- Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan**
 - Tontin arvo melko matala, kaavoitettu teollisuustontiksi
- Synergia muuhun toimintaan**
 - Lähialueella ei synergiahyötyjä / tukipalveluita

KAUPUNGINHAKA





KUNINKAANPORTTI POHJOINEN

Arviointi



Hubin toteutettavuus

- Pohjoisempi alue riittävän suuri, laajennusosa kuitenkin erillinen
- Kohtalainen rakennettavuus



Logistiikka ja saavutettavuus - runko

- Moottoritien liittymä lähellä
- Runkokuljetuksen lentokäytävä suotuisa ja ns. oikealla puolella kaupunkia



Logistiikka ja saavutettavuus - viimeinen kilometri

- Suotuisa kuljetuskäytävä keskustaan
- Etäisyys pienille droneille pitkäkö hubin ja keskustan välillä



Rajoittavat ja poissulkevat tekijät

- Ei rajoitteita



Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan

- Tontin arvo melko korkea, kaavoitettu kaupalliselle toiminnalle



Synergia muuhun toimintaan

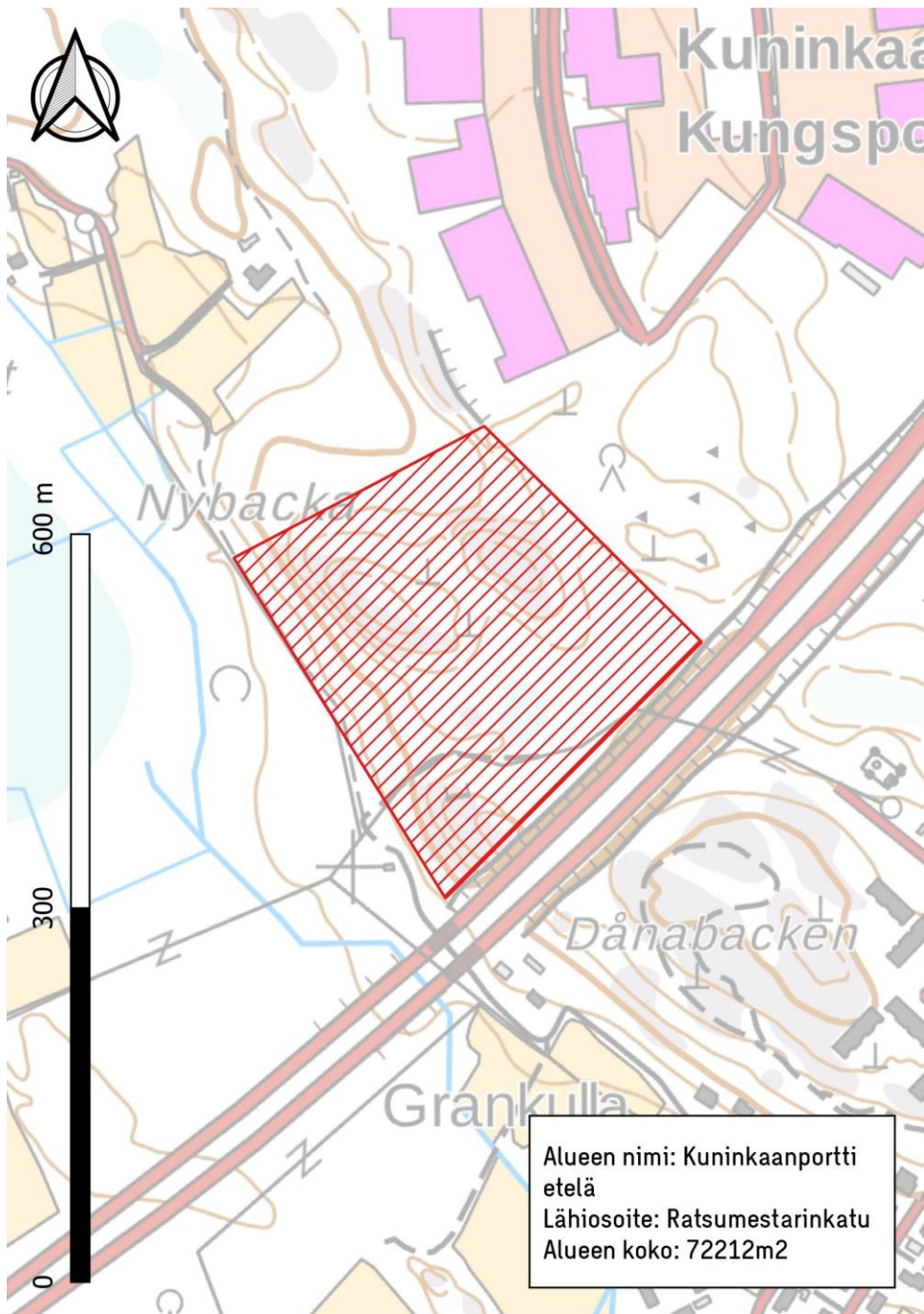
- Yhteistyömahdollisuus palo- ja pelastustoimen kanssa
- Muuta kaupallista toimintaa ja logistiikkaa runsaasti ympärillä

KUNINKAANPORTTI POHJOINEN



KUNINKAANPORTTI
POHJOINEN





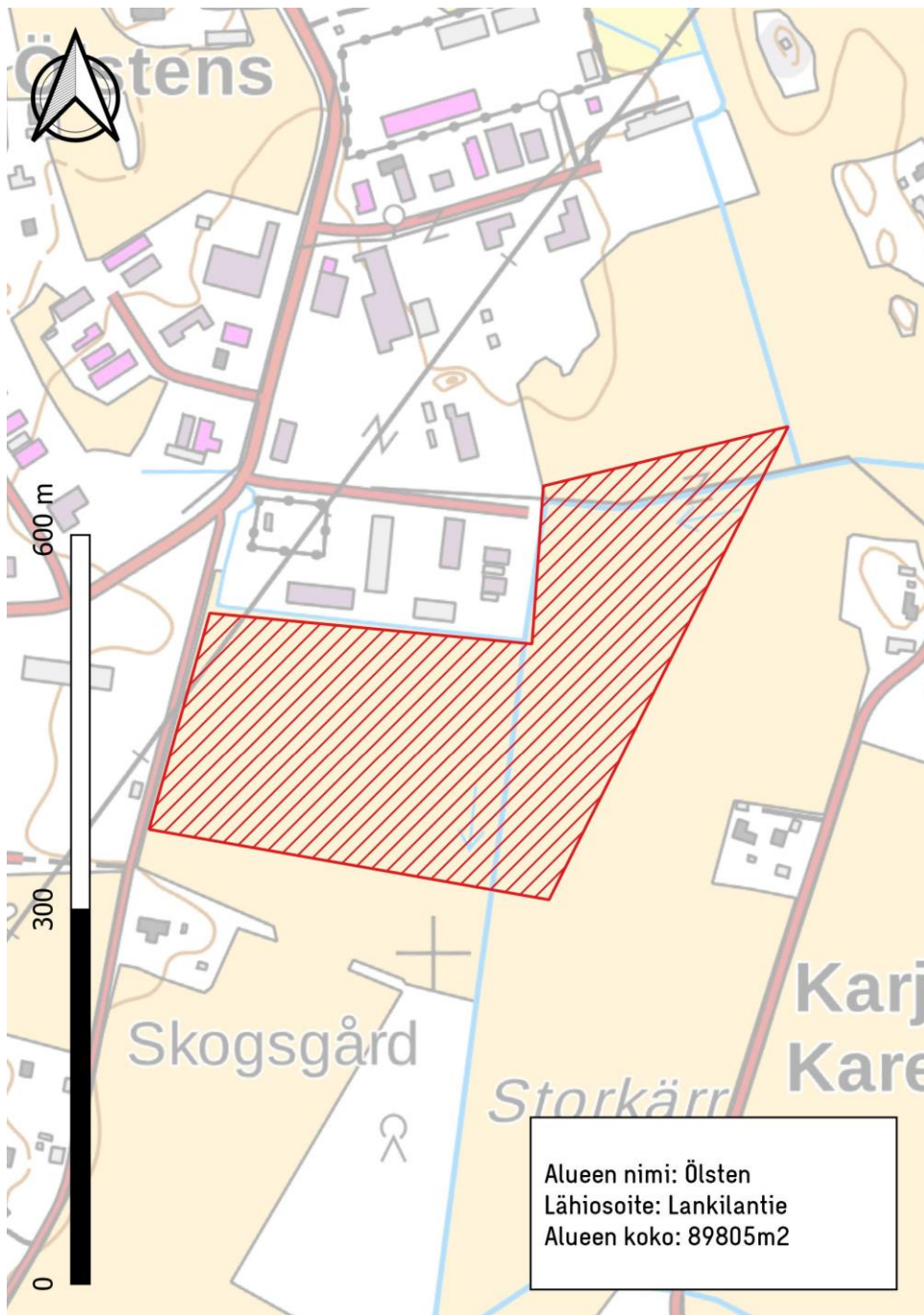
KUNINKAANPORTTI ETELÄINEN

Arviointi

- Hubin toteutettavuus**
 - Alue riittävän suuri, vaatii hieman uutta tieverkkoa
 - Kohtalainen rakennettavuus, vaatii tasaamista
- Logistiikka ja saavutettavuus - runko**
 - Moottoritien liittymä lähellä
 - Runkokuljetuksen lentokäytävä suotuisa ja ns. oikealla puolella kaupunkia
- Logistiikka ja saavutettavuus - viimeinen kilometri**
 - Suotuisa kuljetuskäytävä keskustaan
 - Etäisyys pienille droneille pitkäkö hubin ja keskustan välillä
- Rajoittavat ja poissulkevat tekijät**
 - Häiriöt ohikulkevalle liikenteelle mahdollisia
- Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan**
 - Tontin arvo melko korkea, kaavoitettu kaupalliselle toiminnalle
- Synergia muuhun toimintaan**
 - Yhteistyömahdollisuus palo- ja pelastustoimen kanssa
 - Muuta kaupallista toimintaa ja logistiikkaa runsaasti ympärillä

KUNINKAANPORTTI
ETELÄINEN

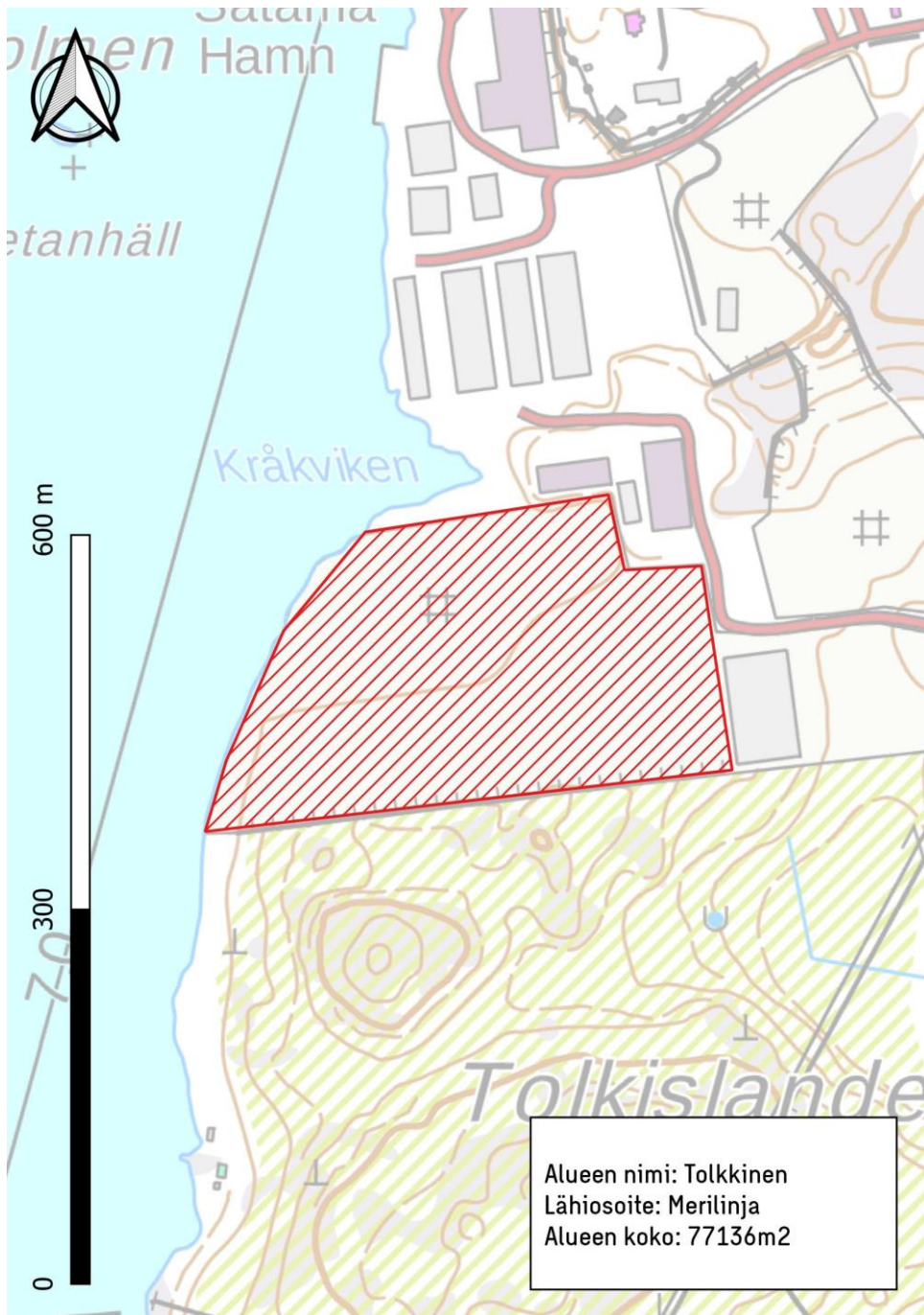




ÖLSTENS

Arviointi

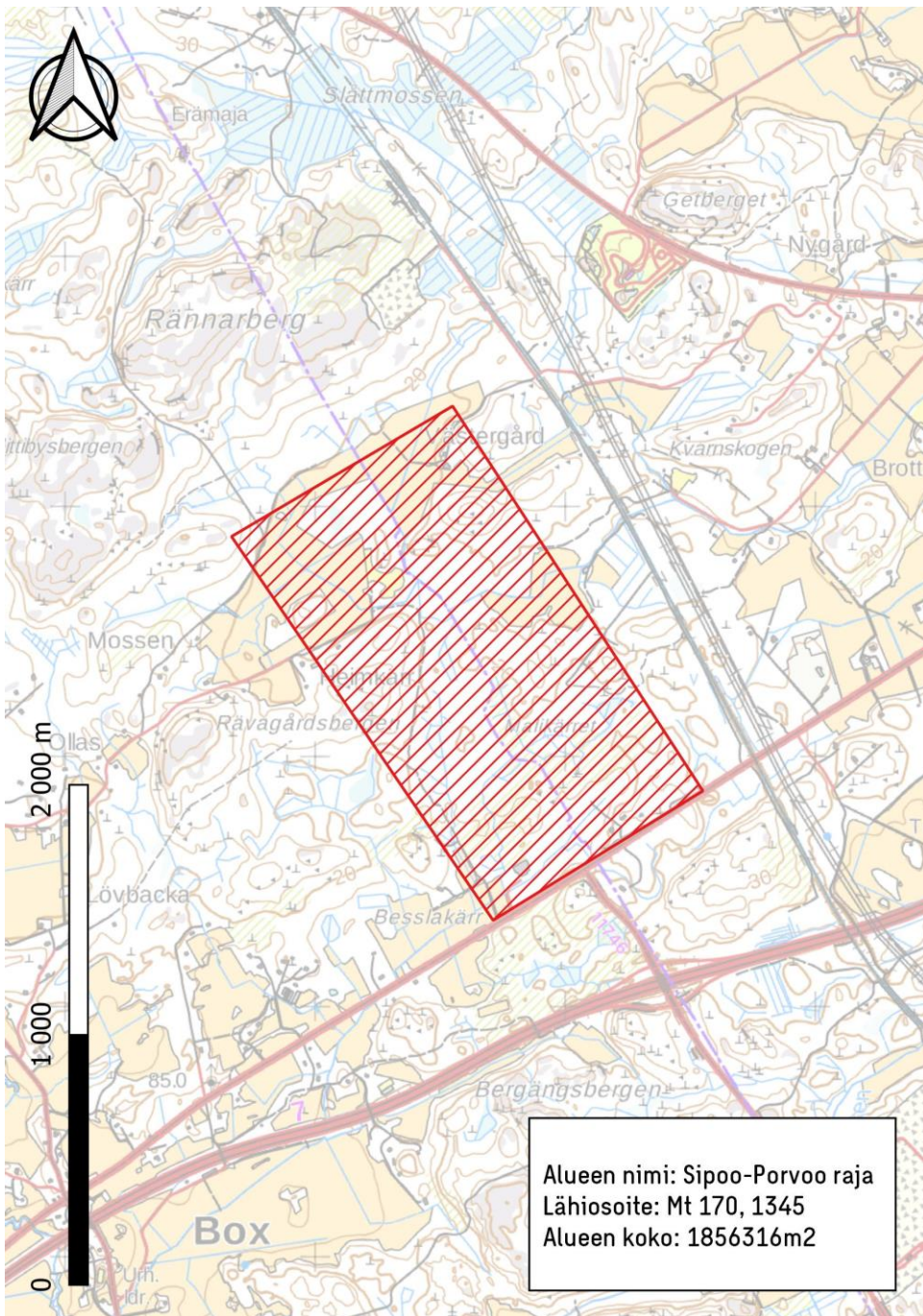
- Hubin toteutettavuus**
 - Alue riittävän suuri
 - Kohtalainen rakennettavuus, kaupungin maanomistus
- Logistiikka ja saavutettavuus - runko**
 - Moottoritien liittymä melko kaukana
 - Lentokäytävä toteutettavissa moottoritien kautta
- Logistiikka ja saavutettavuus - viimeinen kilometri**
 - Melko suotuisa kuljetuskäytävä keskustaan
 - Etäisyys pienille droneille pitkä hubin ja keskustan välillä
- Rajoittavat ja poissulkevat tekijät**
 - Ei häiriöitä tai rajoitteita tiedossa
- Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan**
 - Tontin arvo melko matala, kaavoitettu teollisuustontiksi
- Synergia muuhun toimintaan**
 - Pienteollisuutta lähellä
 - Ei merkittäviä kaupallisia tai logistiikkapalveluja lähellä



TOLKKINEN

Arviointi

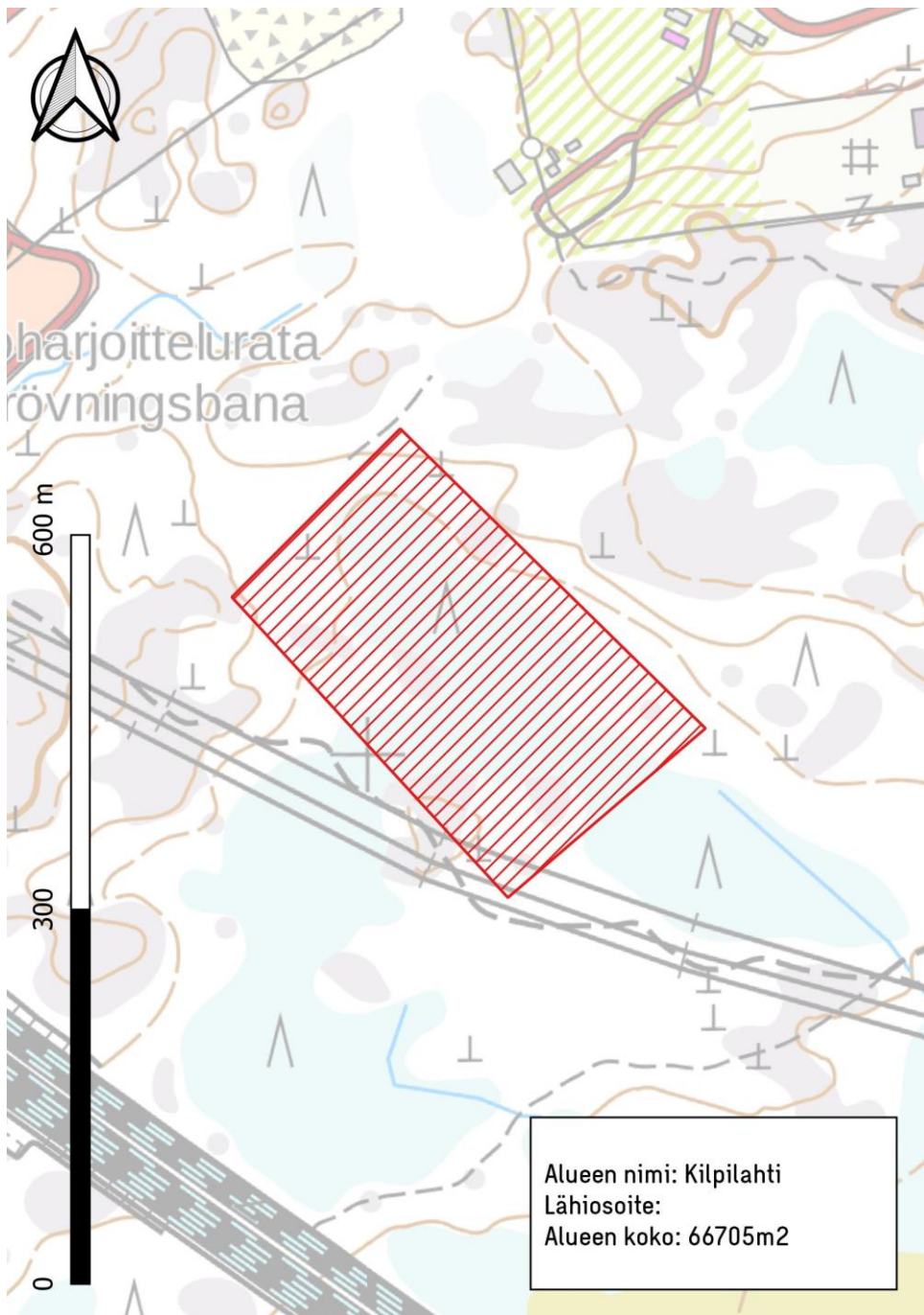
- Hubin toteutettavuus**
 - Alue riittävän suuri
 - Kohtalainen rakennettavuus, kaupungin maanomistus
- Logistiikka ja saavutettavuus - runko**
 - Moottoritien liittymä erittäin kaukana, heikko maaliikenneyhteys
 - Lentokäytävä toteutettavissa meren yli (suojeluarvot)?
- Logistiikka ja saavutettavuus - viimeinen kilometri**
 - Ei kovin suotuisaa kuljetuskäytävää keskustaan
 - Etäisyys pienille droneille pitkä hubin ja keskustan välillä
- Rajoittavat ja poissulkevat tekijät**
 - Ei häiriöitä tai rajoitteita tiedossa
- Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan**
 - Tontin arvo melko matala, kaavoitettu teollisuustontiksi
- Synergia muuhun toimintaan**
 - Teollisuutta lähellä
 - Ei merkittäviä kaupallisia tai logistiikkapalveluja lähellä



SIPOO-PORVOO RAJA

Arviointi

- Hubin toteutettavuus**
 - Alue riittävän suuri, kaupungin maanomistus
 - Vaatisi merkittävää infrarakentamista (alue nyt metsää)
- Logistiikka ja saavutettavuus - runko**
 - Moottoritien liittymä lähellä, tieyhteys tontin rajalle
 - Suotuisa lentokäytävä
- Logistiikka ja saavutettavuus - viimeinen kilometri**
 - Etäisyys pienille droneille todella pitkä hubin ja keskustan välillä
- Rajoittavat ja poissulkevat tekijät**
 - Pirstoo isohkon metsäisen alueen
- Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan**
 - Tontin arvo melko matala, kaavoitettu teollisuustontiksi
- Synergia muuhun toimintaan**
 - Ei merkittäviä kaupallisia tai logistiikkapalveluja lähellä



KILPILAHTI

Arviointi

- Hubin toteutettavuus**
 - Alue riittävän suuri, kaupungin maanomistus
 - Vaatisi runsaasti maanrakennustöitä ja infran rakentamista
- Logistiikka ja saavutettavuus - runko**
 - Melko kaukana moottoritien liittymästä
 - Haastava lentokäytävä
- Logistiikka ja saavutettavuus - viimeinen kilometri**
 - Etäisyys pienille droneille todella pitkä hubin ja keskustan välillä
- Rajoittavat ja poissulkevat tekijät**
 - Lähellä lentokieltoaluetta
- Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan**
 - Tontin arvo melko matala, kaavoitettu teollisuustontiksi
- Synergia muuhun toimintaan**
 - Teollisuutta lähellä
 - Ei merkittäviä kaupallisia palveluja lähellä

Yhteenveto aluevertailusta

	KAUPUNGIN- HAKA	TARMOLA	KUNINKAAN- PORTTI POHJOINEN	KUNINKAAN- PORTTI ETELÄINEN	ÖLSTENS	TOLKKINEN	SIPOO- PORVOO RAJA	KILPILAHTI
Hubin toteutettavuus								
Logistiikka ja saavutettavuus - runko								
Logistiikka ja saavutettavuus - viimeinen kilometri								
Rajoittavat ja poissulkevat tekijät								
Tontin arvo / käytettävyys muuhun toimintaan								
Synergia muuhun toimintaan								

Lentotoiminta sekä SORA-malli, drone-tekniikka ja drone-vertailut

SORA-malli eli riskianalyysiprosessi

SORA = Specific Operations Risk Assessment ja sen soveltaminen

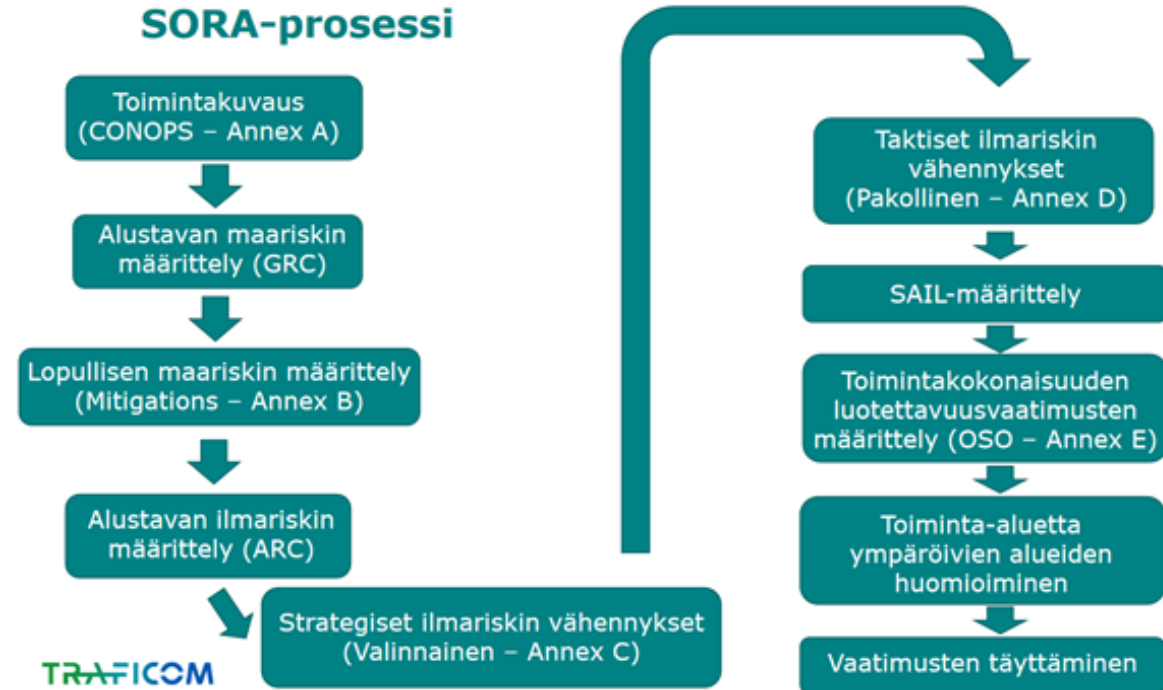
- Kategoriat ”Open”, ”Specific” ja ”Certified”
- Tämän tyyppinen drone-toiminta ”Specific” -kategoriassa (jokin näistä: BVLOS, kaupungissa > 4 kg, esineiden pudottaminen)
- Systemaattisesti läpikäytävät osiot.
- Lopuksi yhdistetään osioiden tulokset ja katsotaan niille tarvittavat vaatimukset (esim. maariskibufferi, koulutusvaatimukset...)

Kaksi perusperiaatetta:

1. Riskien vähentäminen (esim. ilmatilavaraukset)
2. Seurausten vähentäminen (esim. dronen laskuvarjo)

SORA-riskianalyysin avulla haetaan lentotoiminnalle lupaa Traficomilta.

- SORAssa viitataan viranomaisten hyväksymiin standardeihin, mutta näitä ei ole vielä kaikilta osin asetettu
- v.2022 alusta SORA-tarkastelu pakollinen



Lentotoiminta ja lentoreitit: alustava näkemys runkokuljetuksista

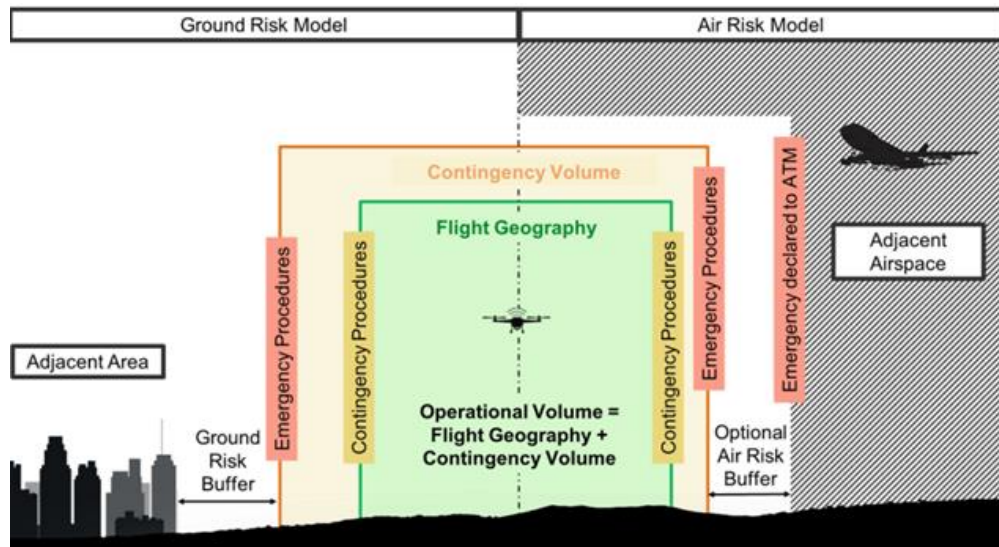
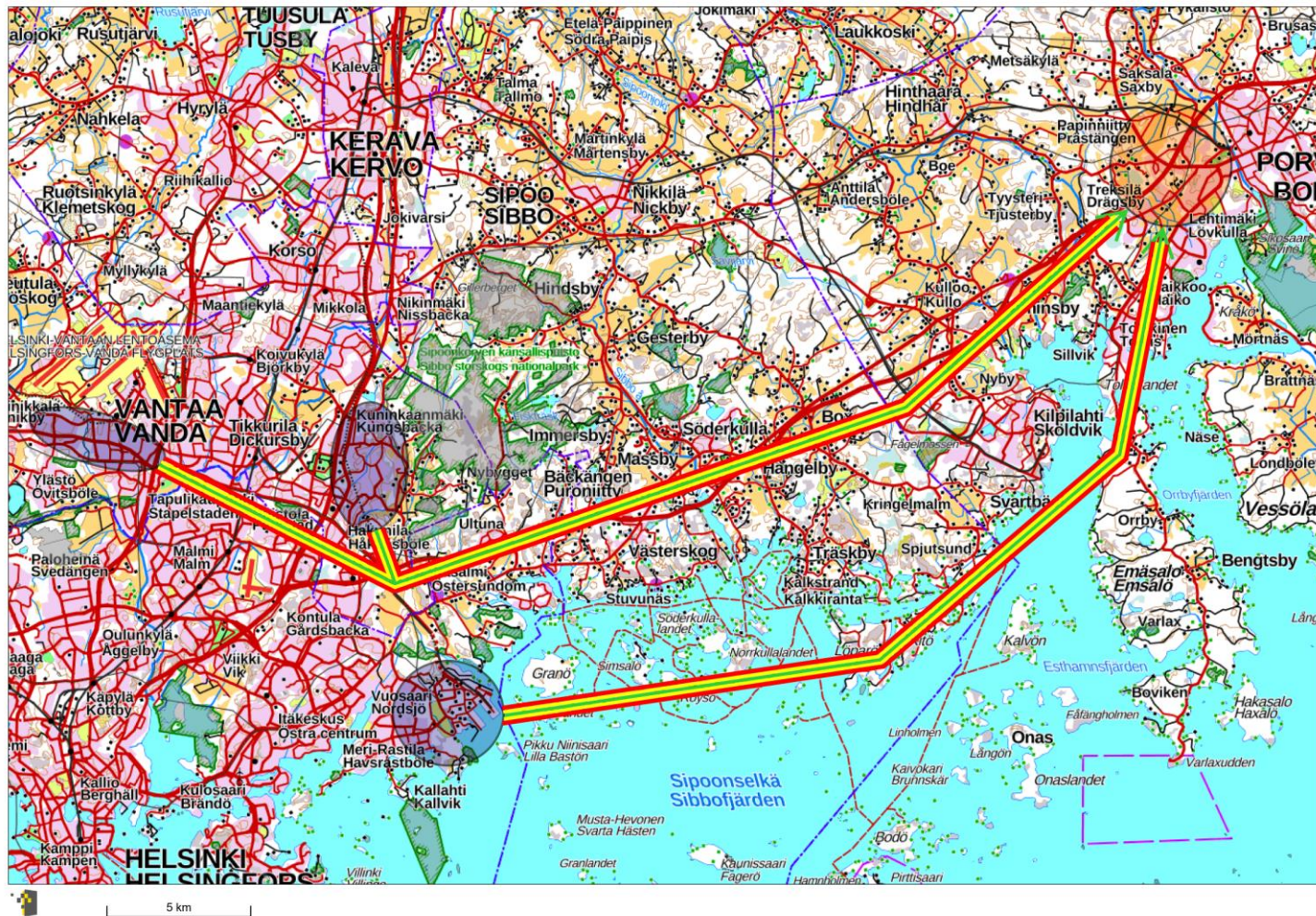


Figure 2 – Graphical Representation of SORA Semantic Model

Operational volume = normaalin toiminnan alue

Contingency volume = epänormaalin toiminnan alue

Emergency volume = onnettomuustilanteen alue, sisältäen riskibufferin.



Pilottitoiminnan kriteerejä mm.

- rajallinen alue, rajallinen toimintavolyymi, teknologian testaus.

Näkökulmia SORA-malliin

Runkokuljetus:

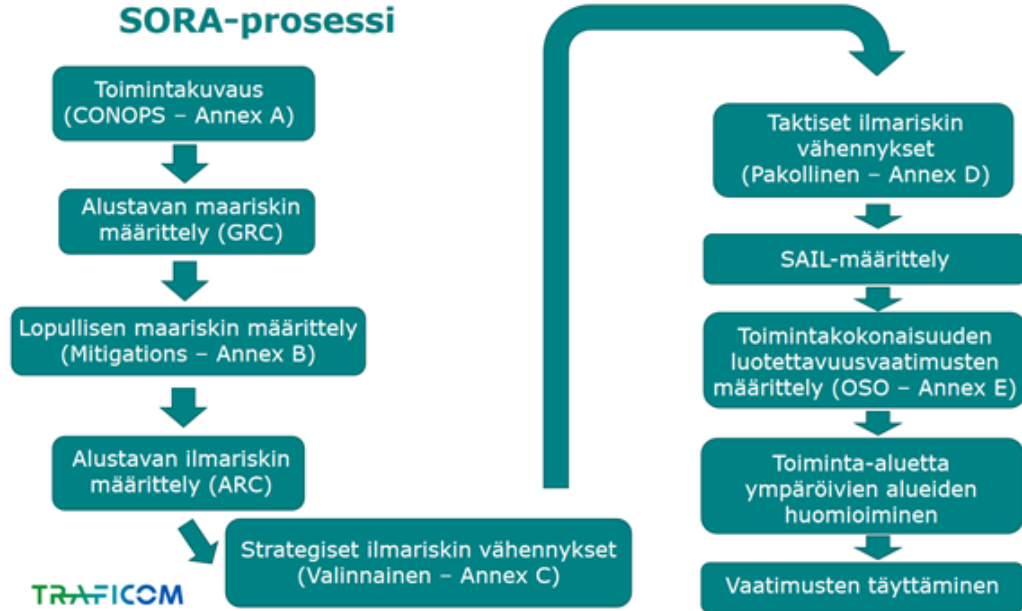
1. pieni hyötykuorma $\Rightarrow$ enemmän lentoja, suurempi ilmariski
2. suuri hyötykuorma $\Rightarrow$ vähemmän lentoja, suurempi maariski

Aluksi arvioimme, että olisi turvallisempaa lennättää isompaa dronea, raskaammalla kuormalla, pitemmillä matkoilla.

- Droonien keskinäinen ilmariski muodostuu lentojen määrän kasvaessa yhä merkittävämmäksi.
- Ilmariski korostuu hubien välittömässä läheisyydessä (nousut ja laskut, siirtymät).

Maariskiä ja sen seuraamuksia voidaan pienentää mm. seuraavin keinoin:

- dronen (tai järjestelmän) ominaisuudet (esim. laskuvarjo, liike-energian vähentäminen liitolennolla, pelastuskalusto, suunnitelma hätätilanteiden varalta...)
- todennetaan, että maassa olevat ihmiset olisivat suurimmaksi osaksi sisätiloissa (esim. lentoreitillä vain harva asutus, lento yöaikaan, toimisto- tai teollisuusalue...)



Näkökulmia SORA-malliin ja edelleen lentotoimintaan

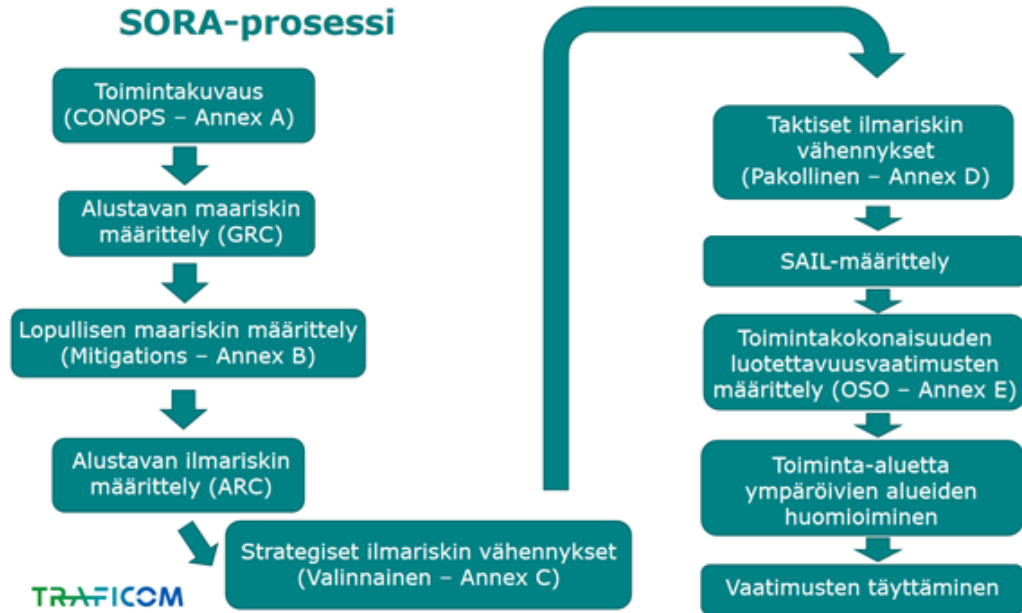
Eurooppalaisen tyyppihyväksynnän vaatimukset perustuvat SORA-arvioinnin tuloksiin (ns. SAIL-tasot, ”specific assurance and integrity level”)

- mitä korkeampi SAIL-taso, sen lähempänä miehitetyn ilmailun vaatimuksia ollaan.
- pieniä droneja jo käsittelyssä EASAn tyyppihyväksyntäprosessissa

Pysyväisluonteisessa liikenteessä järkevää odottaa EU-tasoista u-Space –regulaatiota, joka mahdollistaisi mm. lentokäytävien tilapäiset varaukset.

Ilmatilassa muiden käyttöoikeutta ei saa estää. Tämänhetkinen tilannearvio (voi muuttua sääntelyn täsmentyessä):

- ➔ todennäköisesti syntyy u-Space –palveluntarjoaja, joka valvoo ja ylläpitää u-Spacea.
- ➔ lentokäytävä varattaisiin palveluntarjoajan kautta tarpeen mukaan, ”muutokset mahdollisia” ⇔ droneilla oltava mahdollisuus muuttaa korkeutta tai nopeutta törmäysriskin pienentämiseksi
- ➔ ei takuuta siitä, että lentokäytävä olisi aina käytettävissä ”tiettyinä ajanhetkenä”, vaan vasta silloin kun se on vapaa



Laitteistoselvitys (drone-tekniikka ja –vertailut)

Laitteistoselvityksessä kartoitettiin aluksi markkinoilla olevia droneja yleisesti saatavilla olevan materiaalin perusteella. Laitteet on jaettu teknisiltä ominaisuuksiltaan runkokuljetukseen ja lopputoimitukseen sopiviin, rajana n. 100 km toimintasäde ja/tai yli 10 kg hyötykuorma.

Lisätietoja saatiin vain kahdelta laitevalmistajalta, päästöjen osalta vain yhdeltä.

		Toimintasäde ja kapasiteetti					
Kuljetusmuoto	Drone valmistaja/malli	Lentomatka ja hyötykuorman vaikutus	Toimintasäde	Lentoaika	BVLOS lentomatka	Nopeus ja hyötykuorman vaikutus	Autonominen lataus ja purku
Runkokuljetus	Elroy Air	100 - 225 kg ja 500 km	250 km				Autonominen lastaus ja purku
Runkokuljetus	Condor	180 kg - 200 km	100 km		BVLOS mahd., ei ilmoitettu	120 km/h	miehittämätön helikopteri
Lopputoimitus	DragoPod	6,5 kg -> 48 km; 35 kg -> 26 km; 50 kg -> 18 km	24 km	50 min	50 km		
Lopputoimitus	Wingcopter 178	6 kg -> 120 km	max 60 km	max 120 min		50 km/h multicopter mode 150 km/h fixed-wing mode	Vain autonominen lento
Lopputoimitus	Onyxstar hydra 12	maksimi 12 kg		25 min ilman kuormaa 15 min 7 kg kuormalla			
Lopputoimitus	Lentola	4 kg -> 40 km	n. 20 km			70 - 80 km/h, huippunopeus 160 km/h	Autonominen lento ja purku
Lopputoimitus	G4 Eagle cargo	2 kg			2 km	50 - 60 km/h	Etäohjattu lastaus ja purku
Lopputoimitus	Valkyrie heavy pro	10 kg -> 20 km; 15 kg -> 10 km; 30 kg -> 3 km	5 - 10 km	90 min ilman kuormaa		90 km/h ilman kuormaa	Autonominen purku

Laitteistoselvitys (drone-tekniikka ja –vertailut)

Kuljetusmuoto	Drone valmistaja/malli	Sääolojen vaikutus			Energia ja päästöt					Ympäristö ja turvallisuus	
		Lämpötila min-max	Tuuli (max)	Vesi- ja lumisade	Käyttö-voima	Latausaika ja -tapa	Akkuteknologia ja -kapasiteetti	Akkujen valmistuksen päästövaikutukset	Energiankulutus eri hyötykuormilla	Melutaso	Toiminta häiriö- ja vaaratilanteissa
Runkokuljetus	Elroy Air				Hybridi						
Runkokuljetus	Condor				Bensa						
Lopputoimitus	DragoPod		10 m/s		Sähkö						
Lopputoimitus	Wingcopter 178	0-40°C	15 m/s	ei	Sähkö	n. 60 min	LiPo, 4x 16.000 mAh			"alhainen kiinteäsiipilennossa"	"emergency procedures"
Lopputoimitus	Onyxstar hydra 12		12,5 m/s		Sähkö						
Lopputoimitus	Lentola				Sähkö					vaakalento 47 dB, lentoonlähtö max. n. 70 dB	
Lopputoimitus	G4 Eagle cargo		10 - 15 m/s		Sähkö						
Lopputoimitus	Valkyrie heavy pro				Sähkö						

Havainnot ja alustavat tulokset:

- Sähkö käyttövoimana ei vielä mahdollinen runkokuljetuksessa
- Yleensä dronet muuta tarkoitusta varten, tavarankuljetusta varten rakennettuja droneja vain vähän
- Siirtymävaihe ”kuluttajaelektroniikka” ➔ ”ilmailuvaatimukset täyttävät”

ESIMERKKI LOPPUTOIMITUSLAITTEESTA

WINGCOPTER -> <https://wingcopter.com/>



Yleistä

Wingcopterista saatiin parhaat tekniset tiedot, joiden avulla pystyttiin arvioimaan laitteen suorituskykyä Suomen olosuhteissa. Kyseessä on saksalainen yritys, joten laite todennäköisesti tulee soveltumaan EU-säännöksiin.

Laitteessa on kiinteät siivet, mikä parantaa vaakalennon energiatehokkuutta ja edistää näin myös vähähiilisyyttä. Tästä syystä se voi kuitenkin olla tiiviisti asutulla alueella kömpelö.

Valmistajan mukaan laite soveltuu logistiikkatoimituksiin, esimerkiksi terveydenhuollon sektorille, paketti- ja verkkokauppatoimituksiin, ruokalahetyksiin ja yritysten välisiin suoriin tavarantoimituksiin.

Tekninen valmius- ja kypsyysaste

Kaikki tutkitut laitteet ovat vielä kypsyysasteltaan vaiheessa. Tämä johtuu osin myös EU-tasonkin lainsäädännön ja standardoinnin puutteista. Wingcopterin osalta dokumentaatio ja saatavilla olevat tiedot olivat kuitenkin tämän selvityksen laitteista kattavimmat.

Laitteen soveltuvuus selvityksen käyttötarkoitukseen

- + Testattu eri käyttötarkoituksissa eri puolilla maailmaa
- + Pitkä toimintasäde
- + Kiinteäsiipinen, energiatehokas vaakalento
- Käyttölämpötilan rajoitus ulkolämpötilalle 0 °C.
- Kallis, arvioitu hankintahinta 75 000 €

ESIMERKKI LOPPUTOIMITUSLAITTEESTA

LENTOLA -> <https://www.lentola.com/fi-index.html>



Yleistä

Lentola Logistics on suomalainen yritys, joka kehittää pakettitoimituksiin sopivaa dronea. Laitteessa on kiinteät siivet, mikä parantaa vaakalennon energiatehokkuutta ja edistää näin myös vähähiilisyyttä. Lentolan laite soveltuisi myös lopputoimitukseen, mutta tiiviisti asutulla alueella se voi olla kömpelö kiinteiden siipien, suuren matkanopeuden ja suuren koon takia.

Lentola on kehittänyt myös sääsuojattua paketin vastaanottoratkaisua.

Lentolan keskeisenä etuna on, että se tuntee Suomen olosuhteet sekä markkinan ja lainsäädännön.

Valmiusaste

Lentolan laite on kehitysasteella ja rahoituksen salliessa kaupallisen tuotteen odotetaan valmistuvan lähivuosina. Teknologisiin haasteisiin on löydetty laadukkaita ratkaisuja, mutta tähänastisissa piloteissa kaikkien ilmailuun liittyvien viranomaismääräysten täyttäminen ei ole vielä ollut tarpeen.

Laitteen soveltuvuus selvityksen käyttötarkoitukseen

- + Suomalainen toimija.
- + Kehittää myös paketin vastaanottoratkaisuja
- + Kiinteäsiipinen, energiatehokas vaakalento
- Laite vielä kehitysasteella. Ei tarkkoja teknisiä tietoja eikä vahvoja kaupallisia referenssejä.
- Tiiviillä korttelialueella kömpelö

Runkokuljetus-toimintamalli ”Kehä II” – Porvoo edellyttäisi todennäköisesti vähintään kaikkea näistä:

- EASA-tyyppihyväksytty kalusto (= vastaa SORA-mallin maa- ja ilmariskeihin)
- merkittävästi suurempi kalustokoko kuin sähkökäyttöisesti on tällä hetkellä mahdollista
- merkittävästi suurempi kalustokoko kuin tiheästi asutulla alueella on todennäköisesti SAIL-tasojen perusteella toistaiseksi riittävän turvallista lentää
- myönteelliset lausunnonantajat lentokäytävistä ja/tai
- u-Space –regulaation täsmentyminen ja käyttöönotto.

Sekä ilmailun määräysten murrostilan että saatavilla olevien laitteiden kannalta on helpompaa edetä esimerkiksi alueellisesti rajattujen pilottien ja tilapäisten vaara-alueiden kautta.

Lopputoimitukseen löytyy soveltuvia laitteita, joita on kehitetty jo pidemmälle.

Standardoinnin ja lainsäädännön puutteiden vuoksi ”hyllyvalmiita” ratkaisuja, joita voisi ostaa suoraan käyttöön, ei kuitenkaan vielä ole saatavilla.

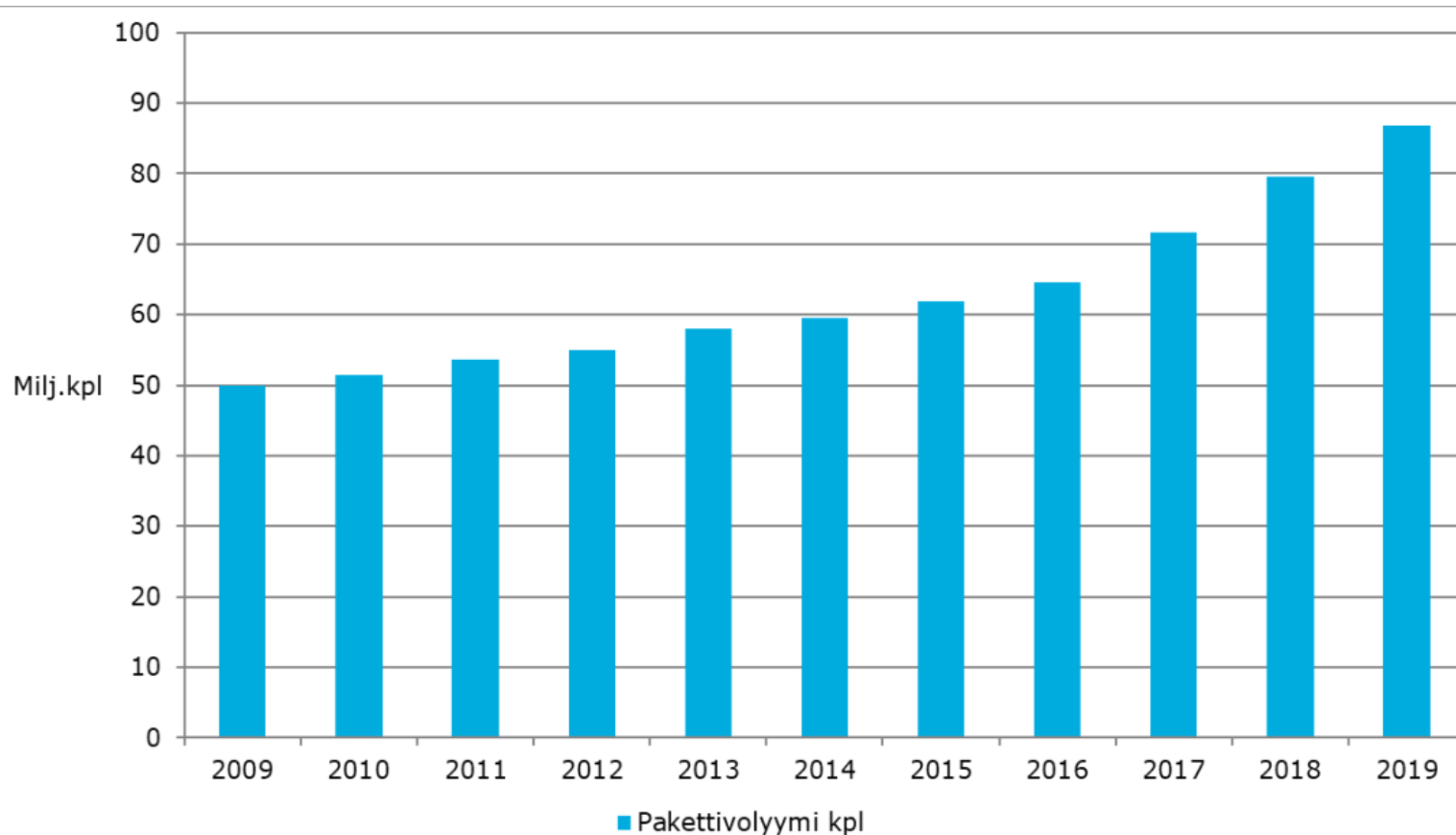
- Wingcopterin ja Lentolan laitteet ovat samankaltaisia, **kiinteillä siivillä** varustettuja, mikä tekee niiden vaakalennosta energiatehokasta. Tämä taas vastaa hyvin vähähiilisyystavoitteeseen. Kiinteäsiipiset laitteet soveltuvat hyvin toimittamaan paketteja **pidemmille etäisyyksille haja-asutusalueilla**.
- Tiiviisti asutuilla alueilla on suositeltavampaa käyttää **multikopteria**, jossa ei ole kiinteitä siipiä. Ne ovat nousuissa ja laskuissa sekä hitaassa vauhdissa **ketterämpiä ja tarkempia liikkeissään**. Näiden laitteiden toimintasäteet ovat kuitenkin lyhyempiä myös siksi, että niiden **vaakalento vaatii enemmän energiaa**.

Kuljetusmäärät,
layout-luonnostelu esimerkkialueella,
alueen varustelu

Kuljetusmäärät

Kuljetusmäärät liikesalaisuuden piirissä.

Keskeinen julkisesti saatavilla oleva, menetelmiltään vakiintunut lähde:
Traficomın postimarkkinaselvitys (2019). (alla yksikkö = milj. pakettia / v)



v	milj.	kasvu-%
2009	50,0	
2010	52,0	4,0 %
2011	53,5	2,9 %
2012	55,5	3,7 %
2013	58,0	4,5 %
2014	59,5	2,6 %
2015	62,0	4,2 %
2016	64,5	4,0 %
2017	72,0	11,6 %
2018	79,5	10,4 %
2019	87,0	9,4 %

Postin osuus noin 50 %
(vuosikasvu 2018...19 = 7 %)

Kuljetusmäärät

Arvio Suomen
paketti-
liikenteestä

Porvoon osuus
Suomen
asukasluvusta

= 87 milj. / v

= 0,91 %

Porvooseen
tulevat kaikki
paketit

= 2500 kpl / vrk

x %

Porvooseen
pks:lta tulevat
paketit

100 %

Maksimivolyymi
drone-
kuljetukseen

100 %

Potentiaalisimmat
kysyntäalueet
(Hki, Epo, Van;
asukasluvut)

y %

Max. 2,5 kg
paketit

z %

Alarajavolyymi
drone-
kuljetukseen

Potentiaalisimmat (15 % asukkaista)

Helsinki: Pohjoinen ja koillinen suuralue;

Vantaa: Aviapolis, Tikkurila, Hakunila

Keskimääräinen kysyntä (7,5 % asukkaista)

Muu Helsinki, Vantaa, Espoo

Vähäinen kysyntä:

Helsinki: Itäinen suuralue (lähellä Porvoota)

Kuljetusmäärät: esimerkkilaskenta



Potentiaalisimmat (15 % asukkaista)

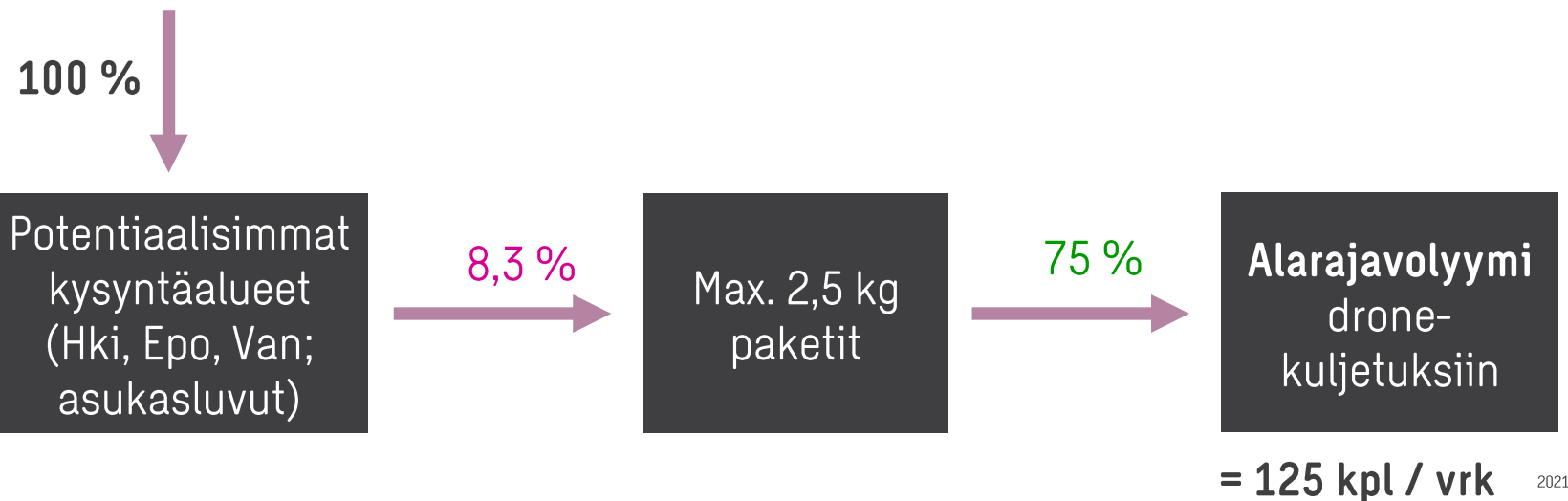
Helsinki: Pohjoinen ja koillinen suuralue;
Vantaa: Aviapolis, Tikkurila, Hakunila

Keskimääräinen kysyntä (7,5 % asukkaista)

Muu Helsinki, Vantaa, Espoo

Vähäinen kysyntä:

Helsinki: Itäinen suuralue (lähellä Porvoota)



Skenaariotarkastelu tilantarpeen ja laitteistomäärän arviointiin

Seuraavassa on arvioitu drone-logistiikkahubin tarvitseman tontin sekä alueen kokoa.

- Keskeiset lähtötiedot ovat **arvio pakettien määrästä** sekä **jakelun tehokkuustavoite**. Tilantarpeen lisäksi saamme karkean arvion myös **tarvittavasta drone-määrästä**.
 - Tarkastelussa on käytetty kuljetusmäärä-laskennasta saatua **maksimipakettimäärää**.
- Dronejen nousu- ja laskeutumisalustojen määrä määrittää jakelun tehokkuuden ja tilantarpeen.
- Drone-hubin laajennusmahdollisuus tulee huomioida. Pakettitoimitusten määrän arvioidaan kasvavan tulevaisuudessa ja jos dronetoimitusten osuus kasvaa, hubin laajennustarve voi tulla piankin vastaan. Tämä on syytä huomioida suunnittelussa alusta asti. → Skaalautuva ja modulaarinen suunnittelu ja toteutus ovat avainasemassa.
- Tarkastelussa ei ole arvioitu logistiikkarakennuksen tilantarvetta. Toiminnot on kuvattu alustavasti tarkastelun jälkeen.

Skenaariotarkastelu tilantarpeen ja laitteistomäärän arviointiin

- Tehty tarkastelu on ns. skenaariotarkastelu hyvin karkein lähtötiedoin. Tarkastelussa on ollut useita eri vaihtoehtoja. Näin saadaan kuva siitä, miten tilantarve vaihtelee logistiikkahubin tehokkuusvaatimusten myötä.
- Tarkastelun sivuilla **42-45** on esitetty arviot **lopputoimitus-hubin** koosta. Runkokuljetukset tapahtuisivat kumipyöräliikenteellä.
- Sivujen **46-49** vaihtoehdoissa **myös runkokuljetukset toteutetaan droneilla**. Näiltä sivuilta nähdään myös arvio pelkän runkokuljetushubin tilantarpeesta huomioimalla vain **vaalean sinisellä esitetyt** nousu- ja laskeutumisalustat.

Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin haarukointi

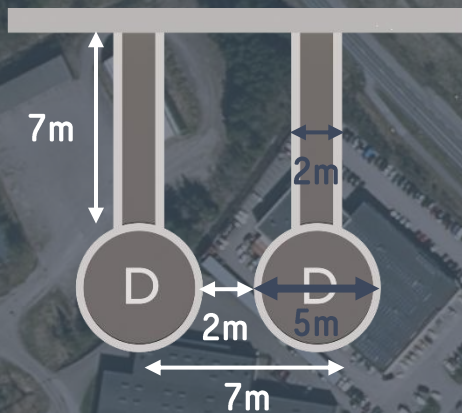
Esimerkkialue



Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin haarukointi

VIIMEISEN KILOMETRIN HUB 1 – yksi paketti per drone

Paketteja / vuorokausi	2000 kpl
Nousuun varattu aika	2 min
Laskeutumiseen varattu aika	2 min
Pakettien jakeluun kuluva aika / vrk	<u>23 tuntia</u>
Lähtöalustoja	<u>6 kpl</u>
Toimitukseen kuluva aika (meno-paluu)	30 min
Huolto- ja kuormausaika (esim. akun vaihto) ennen seuraavaa toimitusta	10 min
Tarvittava drone-määrä ml. 20 % varaus	<u>72 dronea</u>

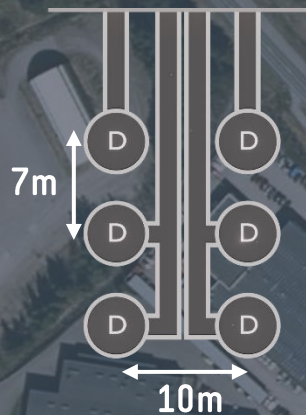


Lähtö- ja laskeutumisalueen arvioitu laajuus noin 500 m²

Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin haarukointi

VIIMEISEN KILOMETRIN HUB 2 – yksi paketti per drone

Paketteja / vuorokausi	2000 kpl
Nousuun varattu aika	2 min
Laskeutumiseen varattu aika	2 min
Pakettien jakeluun kuluva aika / vrk	<u>7 tuntia</u>
Lähtöalustoja	<u>20 kpl</u>
Toimitukseen kuluva aika (meno-paluu)	30 min
Huolto- ja kuormausaika (esim. akun vaihto) ennen seuraavaa toimitusta	10 min
Tarvittava laitteistokapasiteetti (20 % varaus)	<u>240 dronea</u>

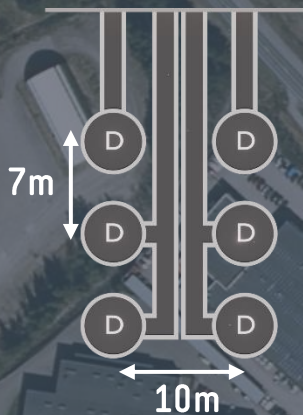


Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 1 300 m²

Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin haarukointi

VIIMEISEN KILOMETRIN HUB 3 – yksi paketti per drone

Paketteja / vuorokausi	2000 kpl
Nousuun varattu aika	2 min
Laskeutumiseen varattu aika	2 min
Pakettien jakeluun kuluva aika / vrk	<u>2 tuntia</u>
Lähtöalustoja	<u>70 kpl</u>
Toimitukseen kuluva aika (meno-paluu)	30 min
Huolto- ja kuormausaika (esim. akun vaihto) ennen seuraavaa toimitusta	10 min
Tarvittava laitteistokapasiteetti (20 % varaus)	<u>840 dronea</u>

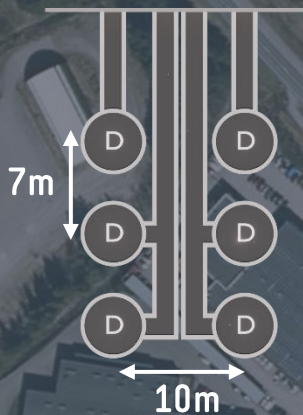


Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 5 200 m²

Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin haarukointi

VIIMEISEN KILOMETRIN HUB 4 – yksi paketti per drone

Paketteja / vuorokausi	2000 kpl
Nousuun varattu aika	2 min
Laskeutumiseen varattu aika	2 min
Pakettien jakeluun kuluva aika / vrk	<u>1 tunti</u>
Lähtöalustoja	<u>130 kpl</u>
Toimitukseen kuluva aika (meno-paluu)	30 min
Huolto- ja kuormausaika (esim. akun vaihto) ennen seuraavaa toimitusta	10 min
Tarvittava laitteistokapasiteetti (20 % varaus)	<u>1560 dronea</u>



Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 10 000 m²

Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin haarukointi

Viimeisen kilometrin hub 1 + RUNKOKULJETUSHUBI 1

Paketteja / vuorokausi	2000 kpl
Paketin keskimääräinen paino	2,5 kg
Dronen hyötykuorman kantokyky	50 kg
Pakettien määrä per kuljetus	20 kpl
Nousuun varattu aika	3 min
Laskeutumiseen varattu aika	3 min
Pakettien jakeluun kuluva aika	<u>15 tuntia</u>
Lähtöalustoja	<u>1 kpl</u>
Toimitukseen kuluva aika (meno-paluu)	100 min

Huolto- ja kuormausaika (esim. akun vaihto)
ennen seuraavaa toimitusta

20 min

Tarvittava laitteistokapasiteetti

5 dronea

4m

D

10m

Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 500 m²

Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 200 m²

Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin haarukointi

Viimeisen kilometrin hub 2 + RUNKOKULJETUSHUBI 2

Paketteja / vuorokausi	2000 kpl
Paketin keskimääräinen paino	2,5 kg
Dronen hyötykuorman kantokyky	50 kg
Pakettien määrä per kuljetus	20 kpl
Nousuun varattu aika	3 min
Laskeutumiseen varattu aika	3 min
Pakettien jakeluun kuluva aika	<u>5 tuntia</u>
Lähtöalustoja	<u>3 kpl</u>
Toimitukseen kuluva aika (meno-paluu)	100 min

Huolto- ja kuormausaika (esim. akun vaihto)
ennen seuraavaa toimitusta

20 min

Tarvittava laitteistokapasiteetti

16 dronea

4m

D

10m

Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 1 300 m²

Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 700 m²

Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin haarukointi

Viimeisen kilometrin hub 3 + RUNKOKULJETUSHUBI 3

Paketteja / vuorokausi	2000 kpl
Paketin keskimääräinen paino	2,5 kg
Dronen hyötykuorman kantokyky	50 kg
Pakettien määrä per kuljetus	20 kpl
Nousuun varattu aika	3 min
Laskeutumiseen varattu aika	3 min
Pakettien jakeluun kuluva aika	<u>2 tuntia</u>
Lähtöalustoja	<u>8 kpl</u>
Toimitukseen kuluva aika (meno-paluu)	100 min

Huolto- ja kuormausaika (esim. akun vaihto)
ennen seuraavaa toimitusta

20 min

Tarvittava laitteistokapasiteetti

43 dronea

4m

D

10m

Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 5 200 m²

Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 3 200 m²

Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin haarukointi

Viimeisen kilometrin hub 4 + RUNKOKULJETUSHUBI 4

Paketteja / vuorokausi	2000 kpl
Paketin keskimääräinen paino	2,5 kg
Dronen hyötykuorman kantokyky	50 kg
Pakettien määrä per kuljetus	20 kpl
Nousuun varattu aika	3 min
Laskeutumiseen varattu aika	3 min
Pakettien jakeluun kuluva aika	<u>1 tuntia</u>
Lähtöalustoja	<u>15 kpl</u>
Toimitukseen kuluva aika (meno-paluu)	100 min

Huolto- ja kuormausaika (esim. akun vaihto)
ennen seuraavaa toimitusta

20 min

Tarvittava laitteistokapasiteetti

80 dronea

4m

D

10m

Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 10 000 m²

Esimerkiksi alikulku

Lähtö- ja laskeutumisalueen
arvioitu laajuus noin 7 000 m²

Tilantarpeen ja laitteistokapasiteetin arviointi

Tilantarpeeseen vaikuttavat tekijät:

- Pakettien määrä / vrk (laskennassa käytetty 2000 kpl)
- Vaadittu toimitusaika, ääripäät:
 - Vuorokauden kaikki toimitukset tehtävä 1 tunnin aikana
 - Tasainen toimitusrytmi koko vuorokauden aikana
- Nousu- ja laskeutumisalustojen määrä = todennäköinen pullonkaula
 - Tarpeeseen vaikuttaa, a) kuinka pitkään yksi drone varaa alustaa nousun ja laskeutumisen yhteydessä sekä b) siirtymät akunvaihtoon ja kuormattavaksi.

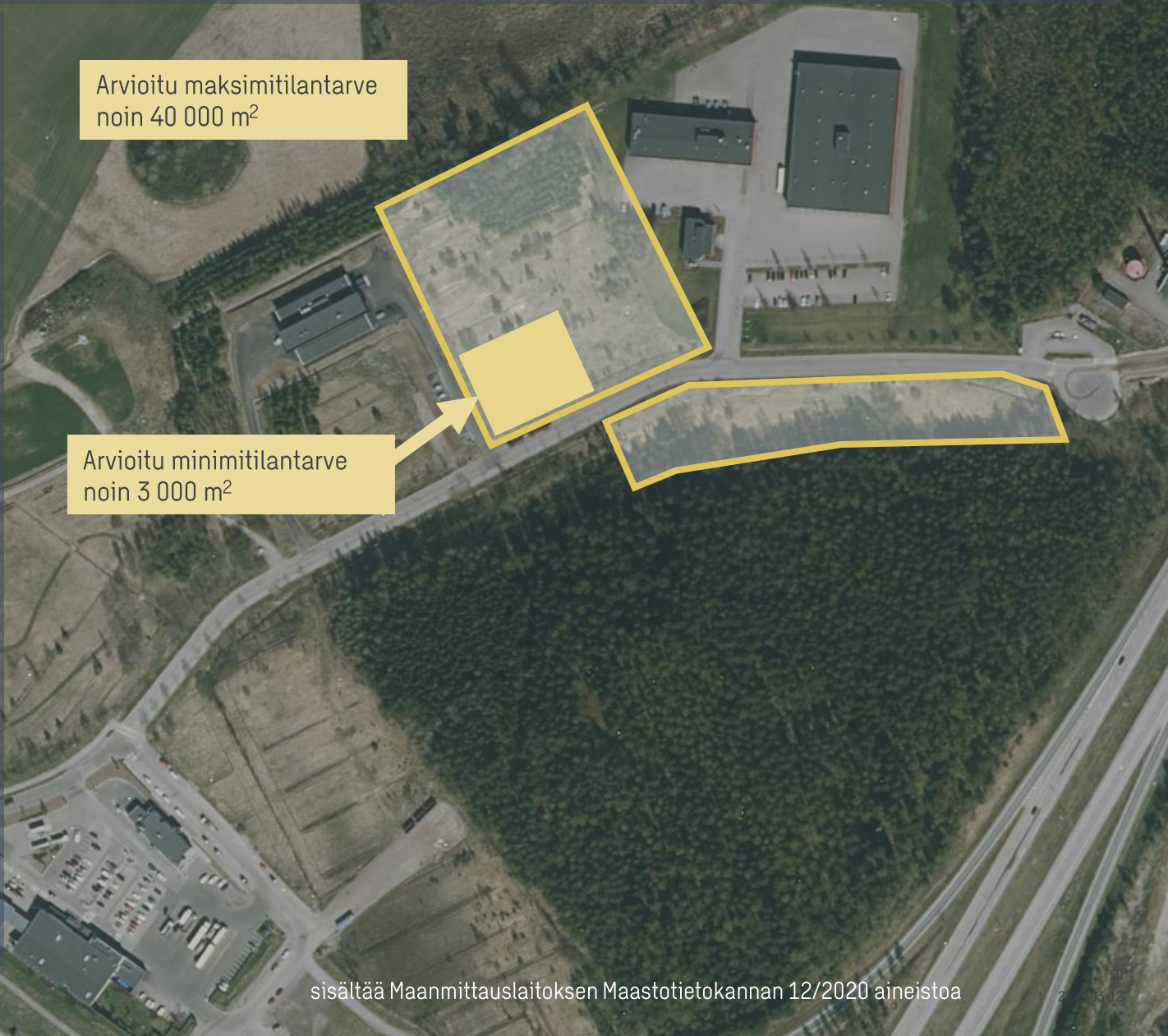
Toimituskapasiteettiin vaikuttavat tekijät:

- Lopputoimitusten määrä / vrk (oletus: yksi drone kuljettaa kerrallaan vain yhden paketin)
- Runkokuljetuksessa dronen hyötykuorman kantokyky (dimensiot ja paino) määrittää tarvittavan laitteiston määrän
- Varalaitteiden määrä (rikkoutumisten/toimitushäiriöiden varalle).
- Vaadittu toimitusaika.

Lopputoimitushubi, 2000 pakettia / vrk = tasaisesti jaettuna noin 70 dronea. Jos kaikki 2000 pakettia tulisi toimittaa 1 h sisällä, tarvittaisiin noin 1500 dronea.

Runkokuljetuksen laitteistokapasiteettivaatimukset ovat samoilla reunaehdoilla 5...80 dronea (oletettu hyötykuorma = 50 kg).

Alustavan selvityksen perusteella näyttää siltä, etteivät suurten kuormien miehittämättömät ilma-alukset pääsääntöisesti olisi sähkökäyttöisiä.

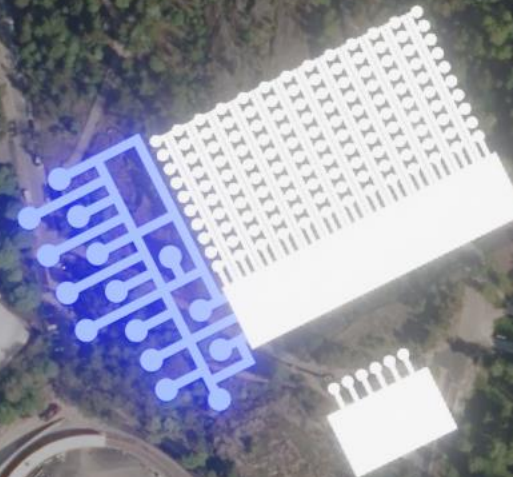


Arvioitu maksimitilantarve
noin 40 000 m²

Arvioitu minimi-tilantarve
noin 3 000 m²

Tilantarpeen havainnollistaminen

Isoimman ja pienimmän tarkastellun drone-logistiikkahubin suhteuttaminen Helsingin olympiastadionin lähiympäristöön.



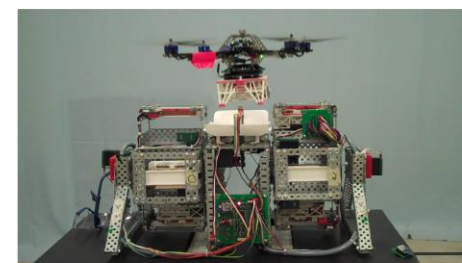
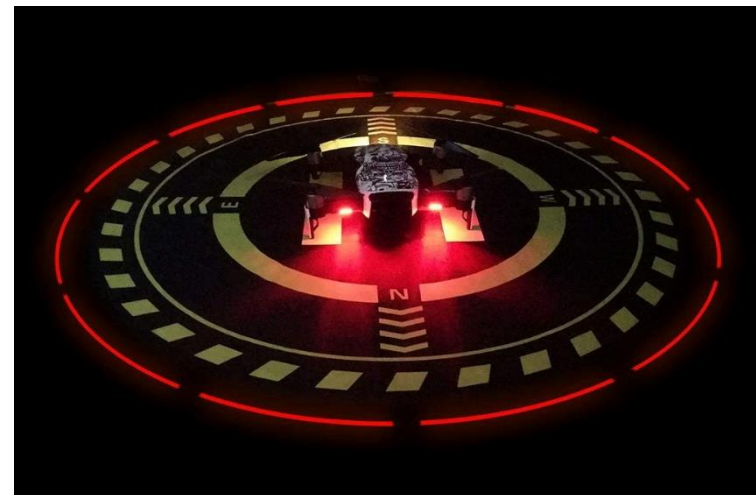
Alueen varustelu ja toiminnot

Kenttätoiminnot

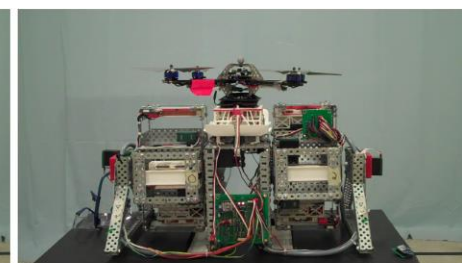
- laskeutumis- ja nousupaikat merkintöineen
 - lähtökohtaisesti ihmiset eivät liiku kenttäalueella

Hubin muut toiminnot

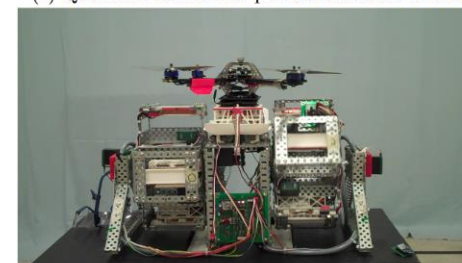
- dronejen ja lisälaitteiden säilytysalue
 - sekä käytössä olevat että varalaitteet
- pakettivarasto
- operatiiviset toiminnot:
 - akunvaihto- ja kuormauspiste (ihmisen tekemä, drone lentää autonomisesti lähelle)
 - akunlatauspiste vara-akkuineen (paloturvallisuus -> erillinen tila)
- jos myös runkokuljetus dronella -> kenttätoiminnot, latauspiste jne. erityyppisille droneille
- henkilöstötilat



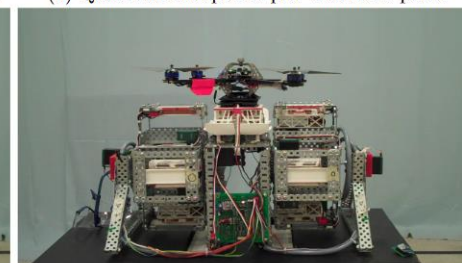
(a) Quadrotor hovers over pad and descends to land



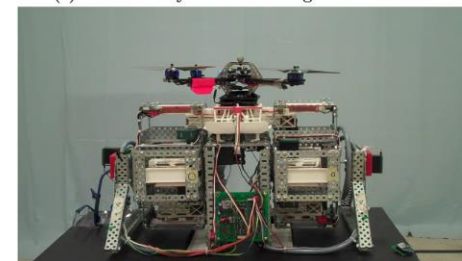
(b) Quadrotor clamped to pad with shore power



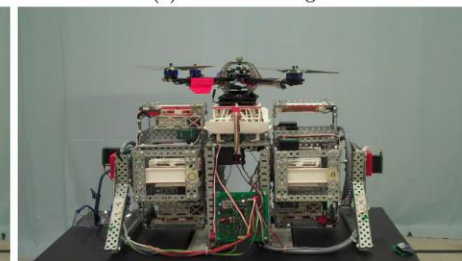
(c) New battery chosen and right drum rotates



(d) Drums now aligned



(e) Replacement battery pushed into place (right to left),



(f) After the battery swap is finished, the clamps are released

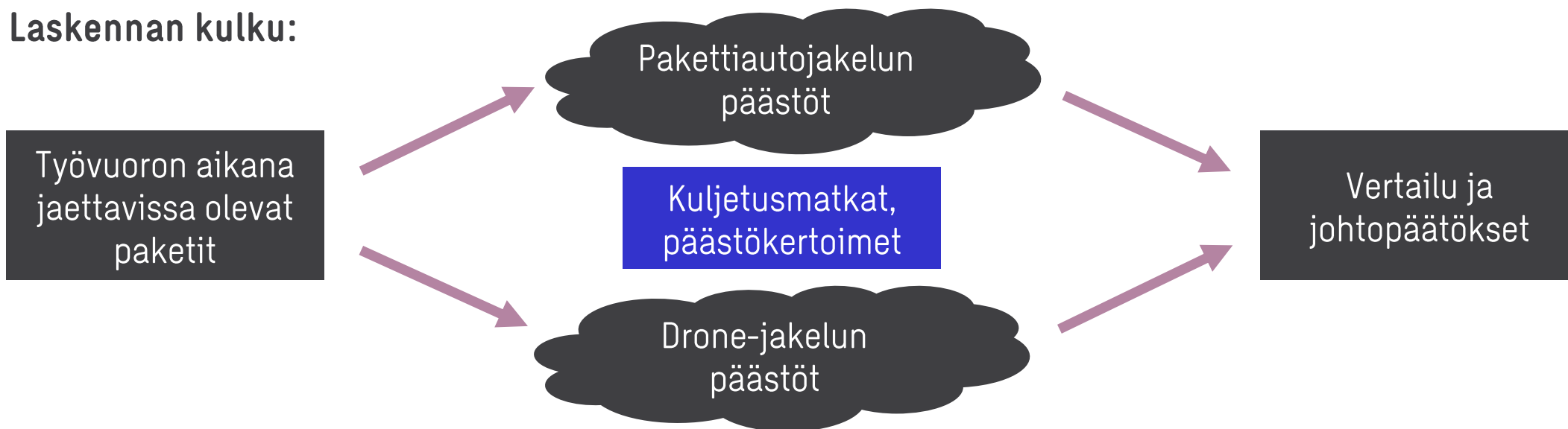
CO₂-päästöläskenta, muut innovatiiviset ratkaisut

CO₂ -päästölaskenta

CO₂-laskenta on tehty pelkästään **lopputoimitus dronella** –hubityypille, sillä runkokuljetuksen dronella ei arvioitu olevan tällä alueella toteuttamiskelpoinen vaihtoehto.

CO₂-päästöjä tarkasteltiin näin tilanteessa, jossa pakettien **lopputoimitus tapahtuisi dronella**. Tarkastelussa vertailtiin yhden pakettiautolla tehdyn työvuoron kuljetettavaa pakettimäärää ja syntyviä CO₂-päästöjä siihen, kuinka suuri CO₂-päästö aiheutuu vastaavan pakettimäärän kuljettamisesta dronella. Muuttujina olivat **kuljetusmatka** sekä **CO₂-päästökertoimet**.

Laskennan kulku:



CO₂ –päästölaskenta, laskennan lähtöoletukset

Pakettien määräksi yhden työvuoron aikana arvioitiin **30** (= 7,5 h / 0,25 h toimitusaika per paketti).
Hubin arvioitiin sijaitsevan Kuninkaanportissa ja kohteen Porvoon keskusta-alueella.

Kuljetusmatka pakettiautolla

30 pakettia mahtuu tarvittaessa yhteen pakettiautoon, jolloin kokonaismatka muodostuisi yhteensä 30 kohteessa käynnistä. Toimittaessa kaksi pakettia yhdellä ajolla arvioitiin kokonaisajomatkaksi työvuoron aikana **120 km** (8 km meno-paluu)

Kuljetusmatka dronella

Dronella paketit kuljetettaisiin yksitellen. Dronejen kokonaiskuljetusmatka olisi n. **210 km** (7 km meno-paluu).

Päästökertoimet

Kumipyöräkuljetus laskettiin dieselkäyttöiselle EURO6-pakettiautolle, jonka kuljetuksen päästökertoimena käytettiin jakeluajon arvoa **192 g/km CO_{2ekv}**. Kerroin on tyhjän jakeluauton päästökerroin ja se ottaa huomioon vain kuljetuksesta aiheutuvat päästöt. Maantieajon osuus kertoimessa on 30 % ja päästökerroin sisältää polttoaineen bio-osuuden (diesel = 11,5 % lämpöarvosta).

Dronekuljetuksen laskennassa käytettiin erään valmistajan ilmoittamaa päästökerrointa **3 g /km CO_{2ekv}**. Dronen hyötykuorma on tällöin 4 kg. Päästökerroin sisältää lentämisen aiheuttamat CO₂-päästöt.

Saman valmistajan ilmoittamat elinkaarenaikaiset päästöt ovat noin **10 g /km CO_{2ekv}** eli **lentämisen osuus on noin 25 % kokonaispäästöistä**. Merkittävä osa elinkaaripäästöistä muodostuu akkujen valmistuksesta sekä dronen lyhyestä elinkaaresta (noin yksi vuosi).

Laskenta

Pakettiautokuljetusten aiheuttama CO₂-päästö oli näillä lähtöoletuksilla yhteensä **23,0 kg CO_{2ekv}** 30 paketin kuljetuksen sisältävän työvuoron aikana.

Dronekuljetusten kuljetusmatka oli pitempi, mutta merkittävästi pienemmän päästökertoimen ansiosta 30 paketin kuljetus aiheutti vain **2,1 kg CO_{2ekv}** elinkaaripäästön. Pelkän kuljetuksen osalta tulos oli **0,6 kg CO_{2ekv}**

Pelkkä kuljetustapahtuma huomioiden drone-kuljetusten päästöt olisivat **alle 3 %** kumipyöräkuljetuksista. Jos droneissa huomioidaan lisäksi elinkaarenaikaiset päästöt, päästökuormitus olisi **noin 9 %** kumipyöräkuljetuksista.

Laskennan tulokset ovat pakettimäärän ja kuljetusten yhdistelyn suhteen lineaarisia.

CO₂ –päästölaskenta: tulosten arviointi 1/2

Pakettiautokuljetuksen ja dronekuljetuksen aiheuttamia CO₂-päästöjä on jossain määrin hankalaa verrata:

- Pakettiautokuljetuksen aikana voidaan toimittaa useita paketteja, ja reittioptimoinnilla voidaan vaikuttaa kuljetuksesta aiheutuviin päästöihin. Reittioptimointia tosin rajoittaa kuljetuksiin usein liittyvä toimitusaikavaatimus.
- Lyhyen matkan dronekuljetuksissa toimitetaan usein vain yksi paketti kerrallaan. Tällöin hubin sijainnilla on merkittävä vaikutus kuljetuksista aiheutuviin päästöihin.

Dronen elinkaarenaikaisista päästöistä kuljetusten osuus on tämän laskelman perusteella vain noin 25 % kaikista CO₂-päästöistä. Merkittäviä päästöihin vaikuttavia tekijöitä ovat **rungon ja moottorien valmistus (akkuineen) sekä niiden kestävyys, huollettavuus sekä varaosien saatavuus.**

Dronekuljetusten CO₂-päästöjen minimoinnissa laitteiston kunnosta ja mahdollisimman pitkästä käyttöiästä huolehtiminen vaikuttaisi tärkeämmältä kuin itse käyttövoiman CO₂-päästön arviointi.

CO₂ –päästölaskenta: tulosten arviointi 2/2

Myös drone-hubin rakentamisesta ja hubin operoinnista syntyy CO₂-päästöjä. Näitä päästöjä ei ole otettu huomioon tässä vertailussa.

Drone-hubin rakentamisen aiheuttama CO₂-päästö riippuu karkeasti rakennuksen ja alueen koosta. Rakentamisen aiheuttama CO₂-päästö on noin **400 kg CO_{2ekv}/m²netto**. Tässä työssä arvioidun dronehubin pinta-ala olisi ilman rakennusta 500 ... 10 000 m² riippuen halutusta lentokapasiteetista. Tällöin kenttäalueen rakentamisesta aiheutuisi kertaluonteinen 200 000 – 4 000 000 kg CO_{2ekv} –päästö. Dronehubin operoinnista aiheutuva CO₂-päästövaikutus arvioidaan pieneksi.

Herkkyystarkastelussa tarvittaisiin useampien drone-valmistajien päästötietoja sekä käytön että valmistuksen (= elinkaaren) osalta.

Innovatiivisia ratkaisuja on käyty työn aikana läpi seuraavasti:

- Keskitettyjen hubien sijaan (tai lisäksi) hajautettu malli -> *kuvataan seuraavissa kalvoissa*
- Henkilö- ja tavaraliikenteen yhdistäminen -> *SORA-mallin Certified –kategoriaan, ”haastavaa”*
- Muu palveluntarjonta hubien yhteydessä -> *mahdollisuudet riippuvat valittavasta liiketoimintamallista*
- Laajempi drone-toiminta (viranomaistehtävät) -> *laitteistot usein erikoistuneita tiettyyn käyttöön*
- Vaihtoehtoiset drone-teknologiat, esim. Zeppelin-tyyppiset laitteet -> *ei nähty markkinapotentiaalia lyhyellä matkalla*

Hajautettu malli eli ”viimeisen kilometrin hubit”

- Vaiheistus

- Todennäköisesti toteutettavissa siinä vaiheessa kun droneja on testattu ja otettu käyttöön (runkokuljetuksen tai) lopputoimituksen osalta
 - Ns. 2. vaiheen hubi-ratkaisu
- Porvoossa viimeisen kilometrin hubit sijoittuisivat enintään 1,5 kilometrin päähän keskustasta ja lähelle asutusta

- Palvelutaso

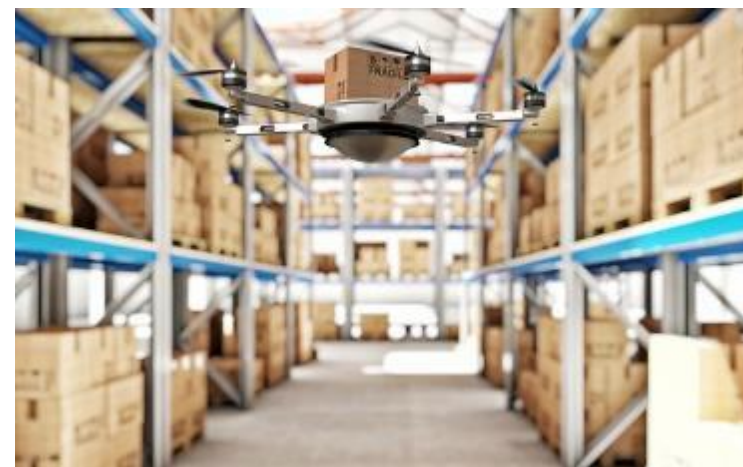
- Ratkaisu parantaa palvelutasoa siten, että toimitus on loppuasiakkaan tilattavissa juuri haluttuna aikana esimerkiksi mobiiliapplikaation avulla
- Etuna palveluntarjoajalle myös tila- ja toimitusviestien kytkentä automatisoituun palveluketjuun

- Rajoittavat ja poissulkevat tekijät

- Lentoreitit pyritään riskienhallintasyistä ohjaamaan pois asutuksen päältä, samalla minimoidaan melu- ja muu häiriövaikutus
 - Reitteinä liikenneväylät, Porvoonjoki, viher- ja puistoalueet, muut maastokäytävät
 - Tarkastelu SORA-mallilla

- Synergia muuhun toimintaan

- Keskustan toiminnot ja palvelut, keskustan kehityshankkeet
- Muu logistiikka, kaupunkipyörät, älyliikenne, pysäkit
- Muut palvelut, kaupallinen toiminta, vuokrauspalvelut, matkailu jne.



Viimeisen kilometrin hubit, alustavat toteutusvaihtoehdot

1. Automatisoitu malli

- Pakettiautomaatti, johon yhdistetään dronen tarvitsemat paketin käsittely- ja lokeroititoiminnot ja/tai
- Applikaatiolla toimiva kiosk, josta voi hakea tai tilata kuljetettavan tuotteen suoraan kotiosoitteeseen
- Jakelu voidaan hoitaa loppuasiakkaalle myös maakuljetuksena

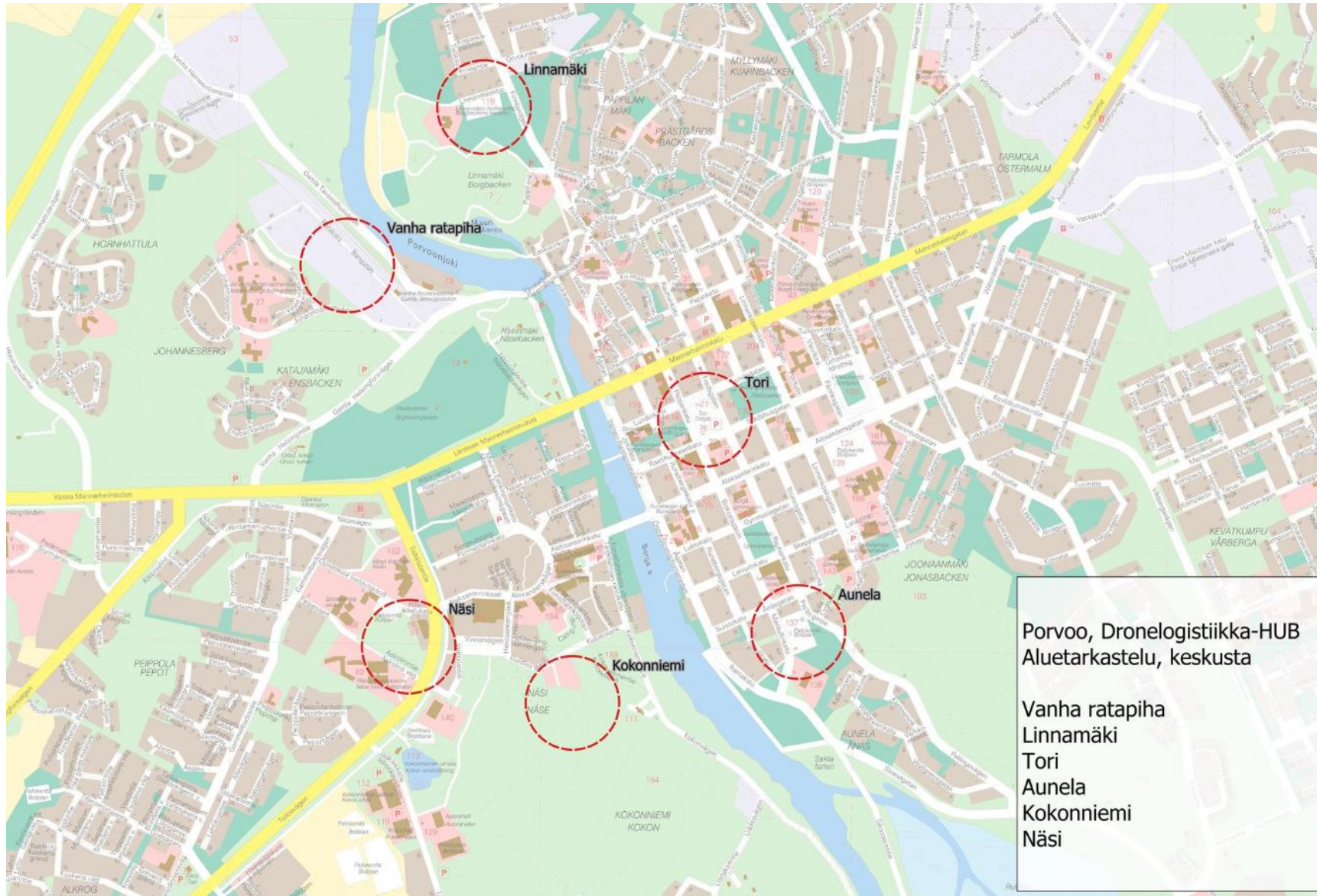


2. Palvelumalli

- Jonkin olemassa olevan palvelun tai uuden, perustettavan palvelun yhteydessä toimiva jakelupiste
- Edellyttää henkilökuntaa
- Jakelupiste voi olla myös palvelujen yhdistelmä, kuten infopiste, vuokrauspalveluja, lähikauppa...
- Hubin varustelu voi olla riittävän kysynnän vallitessa teemoitettu, esim.
 - Matkailuun liittyvä
 - Hyvinvointiin ja terveydenhuoltoon liittyvä
 - Teollisuustoimintoihin liittyvä
 - Ns. "City-Hub"



Viimeisen kilometrin hubit, sijaintiehdotuksia



Kriteeristö viimeisen kilometrin hubien sijoittamiselle:

- Etäisyys keskustasta enintään 1,5 kilometriä
- Sijoittuminen lähelle loppuasiakkaita
- Sijoittuminen väylien ja muiden luontevien maastokäytävien varten tai läheisyyteen
- Lentokäytävä ei asutusalueiden yli (SORA-mallin tarkastelu)
- Teemoittelu mahdollinen

Viimeisen kilometrin hubit, teemalliset painotukset



- Julkiset palvelut (terveydenhuolto)



- Vapaa-aika ja virkistyspalvelut, matkailu



- Asukkaat, kulutustavarat, ruoka



- Asukkaat, kulutustavarat, ruoka



- City-Hub, kulutustavarat, viihdepalvelut



- Matkailu

[illegible]

