



Vaasan yliopisto  
UNIVERSITY OF VAASA

Vili Ampuja

# **Aluetason toimijoiden rooli lentoliikenteen hiililukkiutuman purkamisessa**

Johtamisen yksikkö  
Aluetieteen pro gradu -tutkielma  
Hallintotieteiden koulutusohjelma

Vaasa 2024

---

**VAASAN YLIOPISTO****Johtamisen yksikkö**

<b>Tekijä:</b>	Vili Ampuja		
<b>Tutkielman nimi:</b>	Alueason toimijoiden rooli lentoliikenteen hiililukkiutuman purkamisessa		
<b>Tutkinto:</b>	Hallintotieteiden maisteri		
<b>Oppiaine:</b>	Aluetiede		
<b>Työn ohjaaja:</b>	Helka Kalliomäki		
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2024	<b>Sivumäärä:</b>	69

---

**TIIVISTELMÄ:**

Sähköinen lentoliikenne on herättänyt laajaa kiinnostusta, joka juontaa juurensa sähköisen ilmailuteknologian innovaatioihin, tiukentuneisiin päästötavoitteisiin sekä alueiden kehitystarpeisiin. Esimerkiksi Suomessa, jossa on alhainen väkiluku ja pitkät etäisyydet, sähköinen lentäminen tarjoaa houkuttelevan vaihtoehdon tulevaisuuden kestäväälle liikkumiselle. Maailmanlaajuiset muutokset, kuten COVID-19-pandemia ja ilmastotietoisuus, ovat muokanneet ihmisten asenteita lentomatkestamista kohtaan, mikä heijastuu myös matkustajamääriin niin kansainvälisillä, kuin kotimaan lennoilla. Lentoliikenteen hiilipäästöjen vähentämiseen tähtäävät tavoitteet ovat vauhdittaneet sähköisen lentämisen kehitystä, joka tarjoaa mahdollisuuden vähentää päästöjä ja riippuvuutta fossiilisista polttoaineista.

Tutkielmassa haastateltiin maakuntien liikennejärjestelmäasiantuntijoita, joiden roolia pyritään ymmärtämään hiililukkiutuman purkamisessa monitasoisen näkökulman (Multi-level perspective, MLP) teorian avulla. MLP auttaa ymmärtämään hiililukkiutuman kompleksisia vuorovaikutuksia teknologisten, institutionaalisten ja sosiaalisten vaikutusten välillä. Sosiotekniset systeemit, MLP, hiililukkiutuma ja liikennejärjestelmät muodostavat tutkielman teoreettisen viitekehyksen. Tutkielmassa on tunnistettu MLP:n mukaiset kolme tasoa (mikro-, meso- ja makrotaso), joiden avulla yhteiskunnallista muutosta tarkastellaan. Sähköiset lentokoneet (mikrotaso) nähdään tutkimuksessa innovaationa, joka pyrkii tulevaisuudessa vakiinnuttamaan paikan liikennejärjestelmässä (mesotaso). Jotta murtautuminen liikennejärjestelmään on mahdollista, tulee liikennejärjestelmän sekä toimintaympäristön (makrotaso) oltava valmiina tukemaan sähköisten lentokoneiden käyttöönottoa esimerkiksi regulaation ja infrastruktuurin osalta. Haastatteluaineisto analysoitiin teema-analyysin keinoin.

Tutkielman tulosten perusteella maakuntien ja valtion roolit sähköisen lentoliikenteen kehittämisessä ja hiililukkiutuman purkamisessa ovat keskeisiä. Maakunnat nähdään tärkeinä alueellisen liikennejärjestelmän kehittäjinä, jotka voivat edesauttaa sähköisten lentokoneiden implementointia. Valtion tehtävänä nähtiin suotuisan toimintaympäristön luominen innovaatioille ja osallistuminen aktiivisesti kansainvälisen regulaation kehittämiseen. Molemmat tasot ovat alkaneet reagoida tarpeeseen kehittää infrastruktuuria ja sääntelyä sähköisen lentämisen edistämiseksi.

Odotukset sähköistä lentämistä kohtaan olivat realistisia, ja niissä painottui saavutettavuuden parantuminen ja kestävä liikenteen edistäminen. Tutkimustulosten perusteella sähköinen lentäminen vaikuttaa jo makro- ja mesotason päätöksentekoon Suomessa, mutta riskinä nähtiin se, ettei innovaation kaikkia mahdollisuuksia tunnisteta, joka saattaa vaikuttaa sen implementointiin.

---

**AVAINSANAT:** Liikennejärjestelmä, innovaatio, sähköinen lentäminen, monitasomalli

**Opinnäytteessäni käytetyt tekoälytyökalut ja niiden käyttötarkoitukset on kuvailtu alla:**

**Työkalun nimi (ja versio):** ChatGPT 3.5

**Käyttötarkoitus ja osio, jossa työkalua käytettiin:** Tekoälytyökalua on käytetty tutkielmassa kieliasun sujuvoittamiseen sekä korjaamiseen.

## Sisällys

1	Johdanto	7
1.1	Tutkielman tavoite ja tutkimuskysymykset	11
2	Teoreettinen viitekehys	12
2.1	Sosiotekniset systeemit	12
2.2	Carbon lock-in, hiililukkiutuma	14
2.3	Geelsin monitasoinen näkökulma (MLP)	16
2.4	Liikennejärjestelmä	23
2.4.1	Hub-and-spoke & Point-to-point	24
3	Sähköinen lentäminen: nykytila ja haasteet	26
3.1	Sähköinen lentäminen: nykytila ja haasteet	26
3.2	Lentoliikenne maakunnissa	26
3.3	Maakuntien rooli lentoliikenteessä	29
3.3.1	Lentorahdin rooli kotimaan lennoilla	30
3.4	Lentoliiketeen sähköistymistä ohjaavat dokumentit	30
3.4.1	Pariisin ilmastopimus	31
3.4.2	Fossiilittoman liikenteen tiekartta	31
3.4.3	Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia	32
3.4.4	Liikenne 12 – Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma	33
3.4.5	Valtioneuvoston periaatepäätös lentoliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä	34
3.5	Lentoliikenteen regulaatio Suomessa	35
4	Metodologia	38
4.1	Tutkimusmenetelmät	38
4.1.1	Aineistonkeruu asiantuntijahaastatteluilla	38
4.1.2	Asiantuntijahaastattelut	38
4.2	Haastatteluaineiston analyysi	39
4.3	Haastateltavien valinta	40
4.4	Haastattelujen etiikka	42

5	Haastatteluiden tulokset	43
5.1	Haastattelujen tulokset	43
5.1.1	Saavutettavuus	44
5.1.2	Kysyntä	46
5.1.3	Aluekehitys	47
5.1.4	Infrastruktuuri	48
5.1.5	Kestävyys	48
6	Analyysi	50
6.1	Aluetasojen toimijoiden rooli lentoliikenteen hiililukkiutuman purkamisessa	51
7	Johtopäätökset	59
7.1	Yhteenveto	59
7.2	Jatkotutkimusaiheet	61
	Lähteet	62
	Liitteet	68
	Liite 1. Haastattelukysymykset	68

## Kuvat

Kuva 1: Lentoliikenteen henkilömatkustajamäärät Pohjoismaissa vuosina 2012–2023. (Eurostat, 2024a)	9
Kuva 2: Geelsin monitasoisen näkökulman kolme tasoa. (Geels 2012, s. 473)	18
Kuva 3: Monitasoisen näkökulman kuvaus innovaation kehittymisestä mikrotasolta makrotasolle. (Geels, 2012, s. 474)	21
Kuva 4: Geelsin MLP:n mukainen luokittelu tutkimuksen kontekstissa.	23
Kuva 5: Liikennejärjestelmät (Rodrigue & Ducruet, 2017)	25
Kuva 6: Lentorahti Suomen lentoasemilla. (Traficom 2024B.)	30

## Taulukot

Taulukko 3: Suomen kenttien kvartaalien matkustajamäärät vuonna 2023. Eurostat, 2024b	29
---	----

## Lyhenteet

MLP – Multi-level perspective

HS – Hub and spoke

PP – Point to point

## 1 Johdanto

Sähköiseen lentämiseen on herännyt kasvava kiinnostus, joka liittyy paitsi ilmailualan teknologisiin innovaatioihin myös ympäristövaikutuksiin ja alueelliseen kehitykseen. Kiinnostuksen voi havaita esimerkiksi sähkölentokoneyhtiöiden uusina aiesopimuksina sekä alan regulaation ja selvitysten lisääntymisenä (Heart Aerospace, 2023). Suomen kaltaisessa maassa, jossa on pitkät välimatkat, tarve alueelliselle liikkumiselle ja samalla kasvava huoli ympäristövaikutuksista, sähköinen lentoliikenne herättää erityistä kiinnostusta. Sähköinen lentäminen edustaa odotettua teknologista edistystä, kun valtioissa etsitään kestäviä ratkaisuja liikenteen päästöjen vähentämiseksi. Tämä muutos ei kuitenkaan tapahdu tyhjiössä, vaan se on osa laajempaa sosioteknistä järjestelmää, jossa teknologia ja yhteiskunta ovat keskenään jatkuvassa vuorovaikutuksessa.

Traficom (2022B) mukaan liikenteen kokonaispäästöt ovat noin 22 % koko Suomen hiilidioksidipäästöistä. Suomen on EU-lainsäädännön mukaan vähennettävä kasvihuonekaasupäästöjään taakanjakosektorilla 39 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Liikenteen osuus taakanjakosektorin päästöistä on noin 40 %, ja sen päästövähennykset ovat avainasemassa tavoitteen saavuttamisessa. Kansallisesti Suomi on sitoutunut vähentämään kotimaan liikenteen päästöjä vähintään 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Traficom selvityksessä kerrotaan valtioneuvoston hyväksyneen fossiilittoman liikenteen tiekartan, joka pyrkii puolittamaan kotimaan liikenteen päästöt vuoteen 2030 mennessä ja muuttamaan liikenteen nollapäästöiseksi vuoteen 2045 mennessä. Lisäksi valtioneuvosto on tehnyt erilliset periaatepäätökset lentoliikenteen sekä meri- ja sisävesiliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä. (Traficom, 2022B)

Tutkielmassa tarkastellaan sähköistä lentämistä sosioteknisen systeemisteorian näkökulmasta, joka tarjoaa kehyksen ymmärtää teknologisten innovaatioiden ja yhteiskunnallisten tekijöiden vuorovaikutusta. Samalla tutkimus ennakoii asiantuntijahaastatteluiden myötä sitä, mitä sähköiseltä lentämiseltä odotetaan siitä kiinnostuneilla alueilla. Uuden innovaation käyttöönotto saattaa vaikuttaa paikalliseen

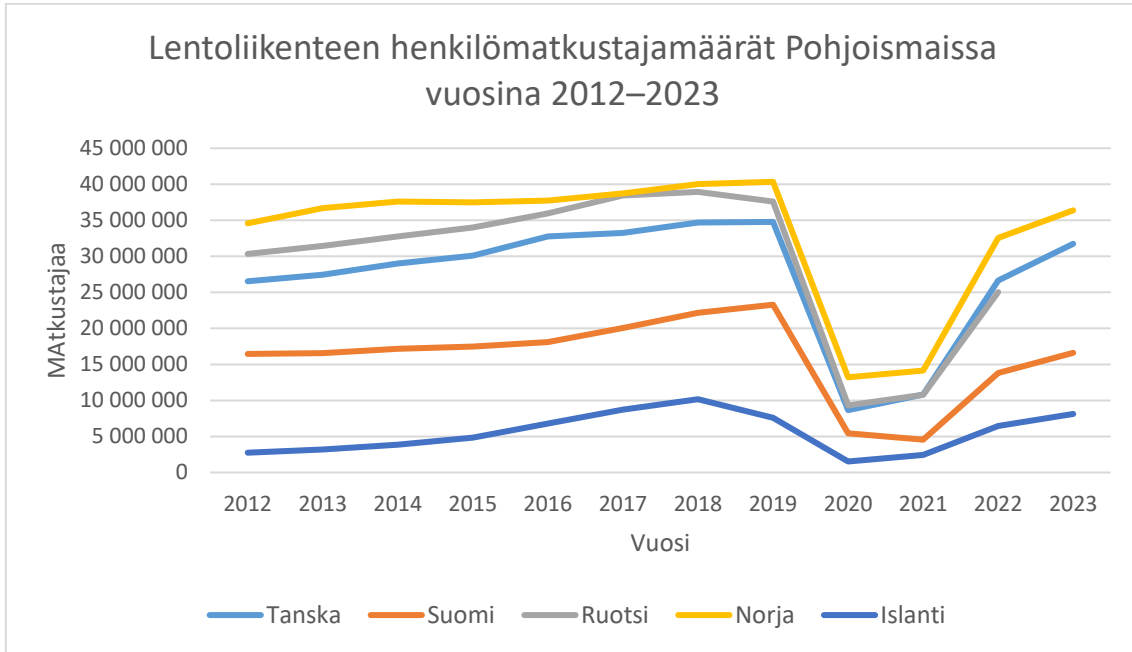
liikennejärjestelmään, talouteen, infrastruktuuriin ja työvoiman tarpeeseen. On tärkeää ymmärtää, miten sähköinen lentäminen voi tarjota mahdollisuuksia tai asettaa haasteita eri alueille Suomessa, ja miten tämä vaikuttaa alueiden kestäväan kehitykseen.

Hollannissa tehdyssä pro gradu tutkielmassa havaittiin siirtymistä negatiivisempiin asenteisiin lentomatkestamista kohtaan, erityisesti ilmastovaikutusten tiedostamisen lisääntyessä. Tuki politiikkatoimille lentomatkestamisen vähentämiseksi ja vaihtoehtoisten matkestustapojen houkuttelevammaksi tekemiseksi on kasvanut. Pandemian myötä lentämisen normaalius ja sen koettu välttämättömyys, erityisesti liikematkestuksen osalta, on kyseenalaistettu. Ihmiset ovat tulleet kriittisemmiksi lentomatkestamista ja omaa lentokäyttämistään kohtaan. (Buteyn, 2022). Myös Bristolin yliopiston vuonna 2021 toteuttamassa kyselyssä ihmisten asenteet olivat muuttuneet lentämistä kohtaan. Yli puolet aikuisista aikoi lentää tulevaisuudessa joko vähemmän tai paljon vähemmän koronaa edeltävään aikaan verrattuna. Kyselyssä suurimmat ajurit muutokseen olivat vielä pandemia vaiheessa ollut COVID-19 sekä ilmastomuutos. (University of Bristol, 2021)

Kuvasta 1 on nähtävissä viime vuosikymmenen lentoliikenteen henkilömatkestajamäärien muutos pohjoismaissa. COVID-19 aiheutti merkittävän pudotuksen lentojen määrään, josta alalla on kestänyt vuosia toipua. Ala ei ole täysin vielä palautunut tästä, ja esimerkiksi Suomessa lentoliikenteeseen vaikuttaa edelleen myös Venäjän ilmatilan sulkeminen, ja näin itään suuntaavien lentojen pidentyneet reitit.

Tilastokeskuksen yliaktuaari Kiiia Lempinen (Stat, 2024) kertoo, että viime vuosina ulkomaanlentojen osuus on kasvanut, ja ne kattavat nyt yli 80 prosenttia kaikista lennoista. Kotimaanlentojen osuus sen sijaan on laskenut. Matkestajamäärät ulko- ja kotimaanlennoilla vaihtelevat kuitenkin vuodenaikojen mukaan niin, että talvikuukausina kotimaanlennoilla matkestajien määrä kasvaa, kun taas ulkomaanlennoilla se laskee. Pohjois-Suomessa palautuminen koronanpandemiasta on

ollut nopeampaa kuin muualla Suomessa, ja Enontekiön, Kuusamon ja Rovaniemen lentokentillä on ollut jopa puolet enemmän lentomatikustajia talvikuukausina kuin vuonna 2019. (Stat, 2024)



**Kuva 1: Lentoliikenteen henkilömatkustajamäärät Pohjoismaissa vuosina 2012–2023. (Eurostat, 2024a)**

Tässä kontekstissa sähköinen liikenne on noussut merkittäväksi vaihtoehdoksi, sillä se tarjoaa mahdollisuuden vähentää hiilidioksidipäästöjä ja riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Esimerkiksi Heart Areospacen ES-30 koneen esittelyn yhteydessä kerrotaan, että lentokentillä ja lyhyillä reiteillä, joiden pituus on enintään 200 kilometriä, pyritään koneen osalta nollapäästöihin. Lisäksi uudet lentokoneet vähentävät päästöjä yli 50 prosenttia matkustajaa kohden verrattuna 50-paikkaisiin turbopropelleihin pitkillä lentomatkoilla ja jopa yli 90 prosenttia, jos käytetään uusiutuvaa lentopolttoainetta (SAF). (Heart Aerospace, 2024)

Vuonna 2000 Gregory Unruh tarkasteli tutkimuksessaan teknologisia, institutionaalisia ja sosiaalisia aspekteja, jotka hidastavat ilmastonmuutoksen torjuntaan tähtääviä poliittisia toimia. Unruh esitti teollisuusmaiden lukittautuneen fossiilipohjaiseen

teknologiaan, mikä vahvistaa riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja vaikeuttaa siirtymistä kestävämpiin vaihtoehtoihin. Tätä tilannetta hän kutsuu hiililukkiutumaksi.

Tässä tutkielmassa liikennejärjestelmän on esitetty omaavan hiililukkiutuman piirteitä, joihin syvennytään tarkemmin Geelsin (2002) monitasoisen näkökulman avulla. Tutkielmassa on tunnistettu teorian mukaiset kolme tasoa, joissa innovaatio syntyy, leviää ja vakiintuu. Ensimmäinen taso (mikrotaso) on tutkielman kontekstissa sähköinen lentokone innovaationa ja sitä kehittävät yhtiöt. Toisella tasolla (mesotaso) käsitetään liikennejärjestelmä ja siihen liittyvät toimijat. Kolmas ja ylin taso on makrotaso, joka on toimintaympäristö, johon vaikuttavat ihmisten mielipiteet, poliittiset päätökset sekä globaalit ilmiöt.

Tutkielmassa tarkastellaan ensin teoreettista viitekehystä, joka koostuu sosioteknisten innovaatioiden käsitteestä, hiililukkiutumasta, monitasoisesta näkökulmasta sekä liikennejärjestelmästä. Tämän jälkeen tutkimuksessa esitellään Suomen sähköisen lentämisen kontekstia, josta muodostuu kuva toimintaympäristöstä, eli makrotasosta. Haastattelin tutkielmaa varten liikennejärjestelmän, eli mesotason toimijoita. Mesotason toimijoista valikoitui haastateltaviksi niiden maakuntien liikennejärjestelmäasiantuntijoita, jotka osoittivat vuoden 2023 hallitusohjelmataavoitteissaan kiinnostusta sähköistä lentämistä kohtaan. Näiden maakuntien liikennejärjestelmäasiantuntijoiden näkemykset ovat erityisen kiinnostavia siitä syystä, että he mahdollisesti ovat etujoukoissa sähköisen lentämisen implementoinnissa osaksi liikennejärjestelmää.

Tutkielma jatkuu haastatteluiden tuloksien esittämisellä, joita analysoidaan tarkemmin analyysikappaleessa. Tässä haastateltavien näkemyksiä ja odotuksia peilataan työn teoreettiseen viitekehukseen ja arvioidaan toimintaympäristön ja sen reunaehtojen pohjalta. Viimeiseksi esitellään työn johtopäätökset, joissa on vastattu tutkielman tutkimuskysymyksille.

## 1.1 Tutkielman tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkielmassa pyritään parantamaan ymmärrystä siitä, kuinka valtio ja maakunnat voivat vaikuttaa lentoliikenteen hiililukkiutumisen purkamiseen Suomessa. Koska sähköinen liikenne on vasta yrittämässä markkinoille, oli mielestäni oleellista ymmärtää sekä mesotason että makrotason vaikutusmahdollisuuksia. Asiaa lähestytään selvittämällä relevanttien liikennejärjestelmätoimijoiden odotuksista ja näkemyksiä innovaatioon liittyen, jonka avulla voidaan arvioida innovaation mahdollisuuksia murtautua liikennejärjestelmään.

Liikennejärjestelmätoimijat ovat rajattu tutkimuksessa maakuntien liikennejärjestelmäasiantuntijoihin, jonka vuoksi täydellistä kokonaiskuvaa mesotason odotuksista ei pystytä muodostamaan. Mesotason toimijajoukko on kuitenkin laaja, jonka vuoksi on arvokasta saada tietoa heiltä, joilla on merkittävä asema liikennejärjestelmien suunnittelussa. Valtion roolia arvioidaan toimintaympäristön kuvauksen kautta.

Tutkimus pyrkii vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- T.1 Mikä on maakuntien ja valtion rooli lentoliikenteen hiililukkiutuman purkamisessa?
- T.2 Mitä alueelliset toimijat odottavat sähköiseltä lentämiseltä ja mitkä ovat sen edistämismahdollisuuksiin vaikuttavat tekijät?

## 2 Teorettinen viitekehys

Tutkielmassa on haastateltu maakuntien liikennejärjestelmäasiantuntijoita, joiden roolia ja vastauksia hiililukkiutuman purkajana arvioidaan Frank Geelsin monitasoisen näkökulman (Multi-level perspective) teorian avulla. Geelsin teoria auttaa jäsentämään ja ymmärtämään paremmin hiililukkiutuman (carbon lock-in) sidonnaisuuksia yhteiskunnassa ja toisaalta eri toimijoiden roolia sen purkamisessa. Sekä MLP että hiililukkiutuman teorit pohjautuvat sosioteknisiin systeemeihin, jonka vuoksi aloitan teoreettisen viitekehysten esittelyn kertomalla sosioteknisistä systeemeistä. Tämän jälkeen syvennyttään hieman hiililukkiutuman teoriaan, jonka jälkeen tarkennetaan teoriaa vielä MLP:n avulla. Tutkimuksen kannalta on myös oleellista ymmärtää lentoliikenteen kannalta oleelliset liikennejärjestelmäteoriat, jonka vuoksi nämä esitellään luvun lopussa.

### 2.1 Sosiotekniset systeemit

Günter Ropohl käy läpi vuonna 1999 julkaistussa ” Philosophy of Socio-Technical Systems” sosioteknisen systeemin syntyä 1950-luvun Englannissa. Sosiotekniset systeemit ovat käsitteellinen kehys, joka syntyi työelämä tutkimuksen yhteydessä 1950-luvun lopulla. Alun perin sosiotekniset systeemit korostivat ihmisten ja teknologisten järjestelmien välistä vuorovaikutusta työympäristössä. Sosiotekninen järjestelmä käytti yleisen järjestelmäteorian periaatteita ymmärtämään monimutkaisia todellisia tilanteita, jolloin teknologian ja ihmisen vuorovaikutuksen dynamiikkaa voitaisiin käsitellä tehokkaammin. Ropohlin mukaan sosiotekninen lähestymistapa pyrki tasapainottamaan tehokkuuden ja inhimillisyyden vaatimukset työympäristössä. Tätä ajatusta laajentaen, sosiotekniset järjestelmät voidaan nähdä teoreettisena kehyksenä, joka kuvaa ja selittää teknologiaa yleisesti. Sosioteknisiä järjestelmiä tutkimalla pyritään ymmärtämään, miten teknologia vaikuttaa ihmisten toimintaan ja päinvastoin. (Ropohl, 1999 s. 186).

Sosiotekniset järjestelmät pyrkivät integroimaan erilaisia tieteenaloja ja näkökulmia käsittelemään monimutkaisia ongelmia, jotka liittyvät teknologian vaikutuksiin

yhteiskuntaan ja ihmisten toimintaan (Ropohl, 1999 s. 186–187). Ropohl esittelee tekstissään vuonna 1999 jaottelun, jossa sosiotekniset systeemeistä on kolme erilaista tulkintaa, rakennekäsite, toiminnallinen käsite ja hierarkkinen käsite. Rakennekäsitteen mukaan systeemi koostuu joukosta elementtejä ja näiden välisistä suhteista. Toiminnallisen käsitteen mukaan systeemi on kokonaisuus, joka muuntaa syötteitä tuloksiksi systeemin ominaisuuksien perusteella. Rakennekäsite voi muuttua hierarkkiseksi käsitteeksi, jos elementit nähdään alijärjestelminä. Alkuperäistä systeemiä voidaan pitää alijärjestelmänä laajemmasta yläjärjestelmästä. Ropohl kuitenkin huomauttaa, että nämä kolme käsitettä johtivat alun perin erilaisiin ja erikoistuneisiin teorioihin, mutta ne voidaan yhdistää ja yhdistää yleisen systeemiteorian sisällä. (Ropohl 1999, s. 187–188).

Roba Abbas ja Katinka Michael koostivat vuonna 2023 kirjallisuuskatsauksen sosioteknisestä teoriasta sekä sen kehittymisestä. Tutkimuksessa nostetaan esiin se, että sosiotekninen lähestymistapa määrittelee sosiaaliset ja tekniset ulottuvuudet, jotka muodostavat alijärjestelmiä (subsystems). Alijärjestelmät muodostavat pienemmän systeemin tai laajemman järjestelmän, jota kutsutaan yläjärjestelmäksi (suprasystem). Abbasin ja Michaelin (2023, s. 2–5) mukaan sosioteknisessä teoriassa järjestelmän menestys on näiden alijärjestelmien välisen vuorovaikutuksen tuote. Teoriassa on nähtävissä hierarkkisia elementtejä, sillä alatasolla tapahtuvien muutosten nähdään vaikuttavan laajempaan ylätasoon.

Abbas ja Michael (2023) koosteessa on käyty läpi teorian kehittymistä vuosien aikana. Sosiotekninen teoria on muuttunut ajan myötä vastauksena muuttuviin organisaatio- ja teknologisiin ympäristöihin ja konteksteihin. Vaikka perusfilosofia on pysynyt samana, teoria on sopeutunut uusiin haasteisiin ja kehityksiin, kuten teknologisten innovaatioiden ja teollisuussovellusten esittelyyn eri aikakausina. 1980-luvun loppupuolella ja 1990-luvun alussa sosiotekninen teoria sai vähemmän huomiota, kun organisaatiot alkoivat kiinnostua vaihtoehtoisista lähestymistavoista, kuten leanista ja liiketoimintaprosessien uudelleensuunnittelusta. (Abbas & Michael 2023, s.8).

Sosioteknisen tutkimuksen painopiste on siirtynyt alkuaikojen raskaasta teollisuudesta kohti edistyneitä valmistusteknologioita, toimistopohjaista työtä, palveluita ja suuria tietotekniikkaprojekteja työelämän muutoksen seurauksena. Lisäksi sosiotekninen teoria on laajentanut näkökulmaansa sosioteknisten suunnitelmien ja interventioiden osalta. Nykypäivän sosioteknisten systeemien tutkimus on integroinut useita näkökulmia, kuten yhteiskuntatieteet, hallintotieteet, insinööritieteet ja kompleksiset järjestelmänäkökulmat. Poikkitieteellinen lähestymistapa tarjoaa kattavan lähestymistavan sosioteknisten järjestelmien monimutkaisuuteen ja niiden vuorovaikutukseen ympäristön kanssa. (Abbas, Michael 2023, s.8).

Kuten Roba ja Katinka mainitsevat (2023, s. 8), on sosiotekninen systeemiteoria kehittynyt vuosien varrella ja muuttunut poikkitieteellisemmäksi kokonaisuudeksi. Tämän työn pääteoria, monitasoinen näkökulma, on mainittu heidän toimestaan yhtenä teorian uusista suuntauksista.

## **2.2 Carbon lock-in, hiililukkiutuma**

Gregory Unruh esitteli vuonna 2000 artikkelissaan Understanding carbon lock-in hiililukkiutuman käsitteen. Artikkelissa käsitellään teknologisten, institutionaalisten ja sosiaalisten voimien roolia, jotka hidastavat politiikkatoimia ilmastonmuutoksen lieventämiseksi. Unruhin mukaan teollisuusmaat ovat lukkiutuneet fossiilipohjaisiin teknologisiin järjestelmiin, joita kehittämällä sitoudumme entisestään fossiilisista polttoaineista riippuvaiseen järjestelmään. Tätä tilannetta kutsutaan hiililukkiutumaksi (Unruh, 2000, s. 817–818).

Unruhin (2000, s. 818) nostaa itse erityisesti esille sen huomion, että hiililukkiutuma syntyy monimutkaisten vuorovaikutusten tuloksena teknologioiden ja instituutioiden välillä, muodostaen niin kutsutun teknoinstituutiokompleksin (Techno-Institutional Complex, TIC). Unruh korostaa, että olennaisena oivalluksena TICissä on se, että esimerkiksi suuret teknologisia järjestelmiä, kuten sähköntuotantoa ja -jakelua, ei voida

täysin ymmärtää erillisinä toimijoina. Sen sijaan niitä on tarkasteltava monimutkaisina järjestelminä, jotka ovat osa sosio-institutionaalista kontekstia, johon kuuluvat julkiset ja yksityiset instituutiot. Kun TICit on vakiintunut, se muodostuu sitkeäksi ja vastustuskykyiseksi syrjäyttämislle, usein estäen vaihtoehtoisten teknologioiden murtautumisen markkinoille. Teknologian murtautuminen ei välttämättä onnistu, vaikka vaihtoehdot olisivat osoittautuneet parannuksiksi vallitsevaan TICiin verrattuna. (Unruh, 2000, s.818). Unruh nostaa myös Farrellin ja Salonerin tutkimuksen vuodelta 1986, jossa TIC nähdään tuovan myös ennustettavuutta, stabiiliutta ja luotettavuutta systeemiin, jonka vuoksi se on erityisen haastava syrjäyttää. Julkiset politiikkapäätökset ja yksityiset sijoitukset tehdään usein rajallisella näkemyksellä tulevista riskeistä ja haitoista, mikä voi johtaa ei-toivottuihin seurauksiin, jotka lukkiutuvat TIC:n mukana (Unruh, 2002, s. 317–318).

Unruh nostaa artikkelissaan (2002 s. 318) kolmea lähestymistapaa, joilla vallitsevaa TIC pystytään haastamaan:

1. Päätäjät voivat olla tekemättä muutoksia järjestelmään, mutta käsitellä päästöjä
2. Päätäjät voivat muokata valittuja osia tai prosesseja järjestelmässä, mutta säilyttää itse systeemin
3. Korvata koko systeemin kokonaan.

Ympäristöhaittojen johtuessa TICistä, ensimmäiset ratkaisut pyritään löytämään muuttamatta järjestelmää itsessään. Yleisin lähestymistapa ympäristöhaittojen käsittelemiseen on lisätä lisäteknologioita järjestelmään, jotka vähentävät päästöjä. Tämän vuoksi ensimmäinen listattu lähestymistapa on myös käytetyin. (Unruh, 2002, s. 318)

Jos ensimmäisessä vaiheessa tehdyt ratkaisut eivät riitä, etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuja, jotka jättävät suuren osan systeemistä vielä muutoksien ulkopuolelle mikä voi auttaa vähentämään sosiaalista vastustusta ja käyttää hyväksi olemassa olevaa infrastruktuuria. Tämä lähestymistapa pyrkii muuttamaan joitakin teknologisen

järjestelmän osia tai prosesseja siten, että ympäristöhaitat vähenevät. Tämä voi sisältää esimerkiksi tekniikan puolella olevien komponenttien päivittämisen ympäristöystävällisempiin versioihin tai prosessien uudelleenjärjestelyn ekologisemmaksi. (Unruh, 2002, s. 318)

Viimeinen ja äärimmäinen politiikkavaihtoehto on olemassa olevan järjestelmän täydellinen hylkääminen tai korvaaminen. Nämä vaihtoehdot voidaan katsoa "katkaiseviksi" (discontinuity) lähestymistavoiksi, koska ne pyrkivät katkaisemaan siirtymän erilaiseen, toivottavasti parempaan järjestelmään. (Unruh, 2002, s. 317–318)

Unruhin vuonna 2002 kirjoittamassa jatkoartikkelissa ehdotetaan, että järkevät politiikkatoimet sisältäisivät vääristävien tukien poistamisen ja ympäristövaikutusten sisäistämisen fossiilisten polttoaineiden käytöstä aiheutuvista kustannuksista. Lisäksi todetaan, että hallitukset usein pahentavat markkinoiden ja politiikan epäonnistumisia tukien ja institutionaalisten politiikkojen avulla. (Unruh, 2002, s. 318–320)

Hiililukittuminen rajoittaa politiikkatoimia ja jättää tällä hetkellä päättäjille vain rajalliset vaihtoehdot, joita voidaan todella toteuttaa (Unruh, 2002). Yhtenä vaihtoehtona on, että näiden niche ratkaisujen avulla teknologiat muuttuvat kestävämmiksi ennen kuin peruuttamatonta vahinkoa ilmastolle ja ympäristölle ehtii tapahtumaan. Toisena on päättäjien lisätä ympäristötietoisuutta eri keinoin, esimerkiksi tutkimusta edistämällä, ja luoda täten vastustusta nykyiselle järjestelmälle, joka oikeuttaa muutoksen läpiviemistä. Unruh nostaa myös viimeisenä vaihtoehtona esiin sen, että on vain odotettava kriittistä tapahtumaa tai rajaa, joka saavutetaan, jonka jälkeen tämä pystytään valjastamaan kestävämmän ympäristöpolitiikan tekemistä. (Unruh, 2002, s. 324–325)

### **2.3 Geelsin monitasoinen näkökulma (MLP)**

Frank Geels on hollantilainen ympäristötutkija, ja hän kehitti MLP-teorian (Multi-level perspective) erityisesti teknologian leviämisen ja yhteiskunnallisen muutoksen ymmärtämiseksi. Kuten aikaisemmassa kappaleessa tuotiin esille, teoria mainitaan

siirtymäteorioiden yhteydessä, erityisesti kun tarkastellaan energijärjestelmien muutosta ja kestäväen kehityksen siirtymiä. MLP pyrkii selittämään, miten teknologiset muutokset leviävät ja saavuttavat laajemman hyväksynnän yhteiskunnassa. Siinä otetaan huomioon eri tasoilla tapahtuvat vuorovaikutukset ja niiden vaikutus siirtymiseen kohti uusia teknologisia järjestelmiä. Teorian avulla voidaan analysoida, miten teknologiset muutokset voivat muokata yhteiskunnallisia rakenteita ja päinvastoin.

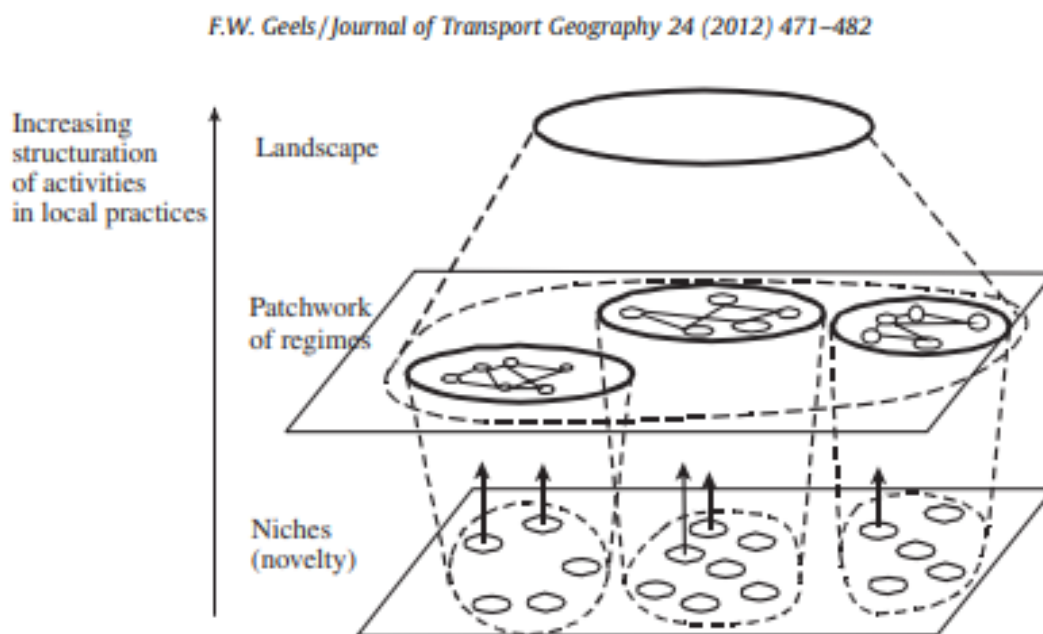
MLP tarjoaa tavan tarkastella hiililukkiutumaa monitasoisena ilmiönä, joka käsittää teknologiat, instituutiot ja kulttuuriset käytännöt. Tämä viitekehys auttaa hahmottamaan, miten eri tasojen välinen vuorovaikutus vaikuttaa muutoksen mahdollisuuksiin ja rajoituksiin. MLP auttaa ymmärtämään, miksi hiililukkiutuma voi olla vaikea murtaa kompleksisuuden vuoksi ja miten erilaiset muutosvoimat voivat vaikuttaa tähän prosessiin. Lisäksi se tarjoaa näkökulman siihen, miten innovaatiot voivat syntyä ja levitä vallitsevan TIC puitteissa. (Geels, 2002, s. 1257–1274)

Monitasoinen näkökulma on hierarkkinen teoria, joka jakautuu kolmeen tasoon; mikrotasoon (micro level), mesotasoon (meso level) ja makrotasoon (macro level). Tasoilla viitataan eri toimijoihin tai toimintaympäristöihin riippuen tutkittavasta asiasta (Geels, 2002, s. 1257–1279). Mikrotasolla (niches), syntyvät nykyistä järjestelmää horjuttavat innovaatiot. Mesotasoo (regime) käsittää joukon erilaisia säännöksiä ja toimijoita, jotka vaikuttavat alueella. Makrotasoo (landscape) muodostuu esimerkiksi globaaleista ilmiöistä ja mielipideilmastosta.

Tässä tutkimuksessa mikrotasoo viittaa innovaatioon, eli sähköisiin lentokoneisiin ja niiden valmistajiin. Mesotasolla käsitetään liikennejärjestelmä ja siihen liittyvät toimijat. Makrotasolla taas ymmärretään toimintaympäristö ja käyttäjät.

Teknologisella tasolla MLP voi tarkastella nykyisiä hiilipohjaisia energiateknologioita, ja niiden kehityksen suuntaa kohti vähähiilisiä vaihtoehtoja. Instituutioiden tasolla MLP voi analysoida vallitsevia ohjeistuksia, säädöksiä ja taloudellisia rakenteita, jotka saattavat

tukea tai estää siirtymistä kohti vähähiilistä energiajärjestelmää. Kulttuurisella tasolla MLP voi tutkia ihmisten arvoja, asenteita ja käyttäytymistä, jotka voivat vaikuttaa siihen, miten nopeasti ja laajasti uusia energiaratkaisuja hyväksytään ja omaksutaan.



**Kuva 2: Geelsin monitasoisen näkökulman kolme tasoa. (Geels 2012, s. 473)**

MLP:n mukaan uudet innovaatiot syntyvät mikrotasolla niin kutsutuissa nicheissä, jotka toimivat suojattuina tiloina, kuten tutkimus- ja kehityslaboratorioina, tuettuina pilottiprojekteina, tai pieninä innovaatioina, joissa käyttäjillä on erityistarpeita ja halukkuutta tukea uusia innovaatioita. Mikrotason toimijat pyrkivät saamaan oman innovaationsa lopulta mukaan järjestelmän osaksi tai jopa korvaavan sen nykyisen kilpailijan. Tämä ei kuitenkaan ole helppoa, koska olemassa oleva järjestelmä on vakiintunut erilaisten sidonnaisuuksien kautta. Nichet ovat kuitenkin ratkaisevan tärkeitä siirtymille, koska ne tarjoavat siemenet systeemiselle muutokselle. (Geels, 2002, s. 1260–1261). Tässä tutkimuksessa mikrotasoa edustavat innovaatiot ja niiden hautomot, eli tässä kontekstissa sähköiset lentokoneet ja niiden kehittäjät.

Mikrotason toimijasta esimerkkinä voidaan nostaa ruotsalainen Heart Aerospace, joka on yksi alan merkittävistä sähköisen lentokonetekniikan kehittäjistä. Yhtiö pyrkii saamaan ensimmäisen kaupalliseen käyttöön tarkoitetun, 30 paikkaisen sähkölentokoneen hyväksytyä vuoteen 2028 mennessä (Heart Aerospace, 2024). Heart Aerospace on edennyt merkittävästi kehityksessään ja on saanut paljon huomiota alan sisällä ja ulkopuolella. Tästä kertoo esimerkiksi aiesopimukset, joita solmittu jo useamman lentoyhtiön kanssa. (Heart Aerospace, 2023). Heidän suunnittelemansa sähkökäyttöinen lentokone, ES-30, on herättänyt kiinnostusta lentoyhtiöiden ja matkustajien keskuudessa, ja se on saanut useita tilauksia eri puolilta maailmaa. Heart Aerospace tarina kuvastaa pyrkimystä kehittää kestävämpiä vaihtoehtoja ilmailualalle ja osoittaa, miten innovaatio ja teknologia voivat muuttaa alan käytäntöjä ja haastaa perinteisiä toimintatapoja.

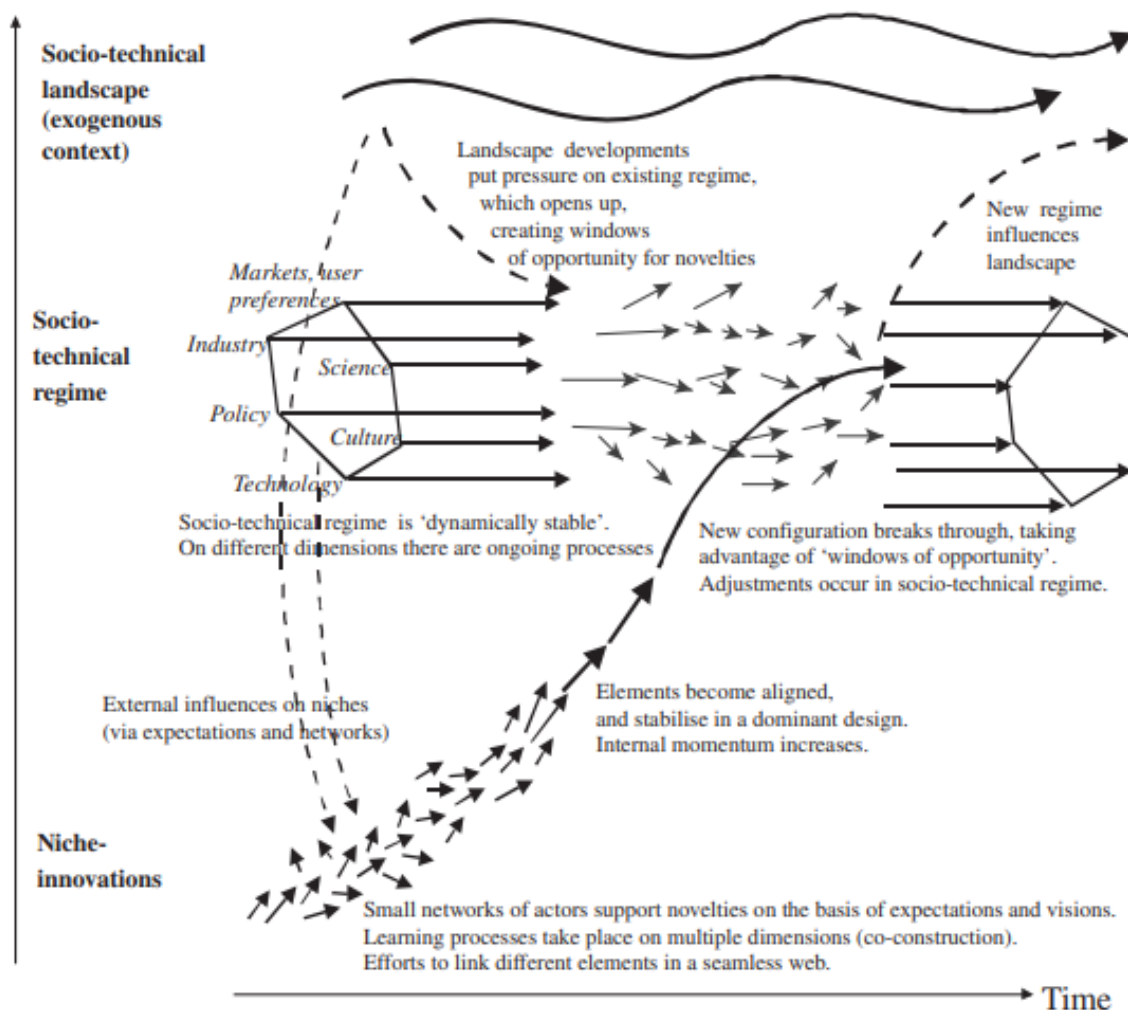
Mesotaso käsittää yksittäiset toimijat ja teknologiat. Se tarkastelee käytännössä niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat yksittäisten toimijoiden käyttäytymiseen ja teknologian omaksumiseen. Geels (2011, s. 27) tarkentaa tätä tarkoittamaan osittain yhtenäistä joukkoa sääntöjä, jotka ohjaavat ja järjestävät sosiaalisten ryhmien toimintaa, jotka ylläpitävät monenlaisia sosioteknisiä järjestelmiä. Tämän työn kontekstissa mesotaso kuvaa liikennejärjestelmää. Geelsin (2011) mukaan sosioteknisen järjestelmän säännöt ohjaavat toimijoita ja vaikuttavat heidän käytökseensä. Toisaalta mesotason sääntöjä sovelletaan ja integroidaan jokapäiväisessä toiminnassa. Näistä esimerkkinä Geels esittelee kognitiiviset rutiinit ja jaetut uskomukset, taidot ja kyvyt, elämäntavat ja käyttäjäkäytännöt sekä institutionaaliset järjestelyt ja määräykset, kuten myös oikeudellisesti sitovat sopimukset. Nykyisessä ympäristössä innovaatioiden kehitys tapahtuu hitaasti jossain määrin vakiintuneita polkuja pitkin. Polut ovat nähtävissä teknologisissa ratkaisuissa kuin yhteiskunnallisissa, kulttuurisissa, poliittisissa, taloudellisissa ja teollisissa ulottuvuuksissa. Vaikka jokaisella näistä osa-alueista on omat erityiset dynamiikkansa, jotka ovat hallinnassa erilaisissa alijärjestelmissä, ne myös vuorovaikuttavat ja kehittyvät keskinäisessä riippuvuudessa toisiinsa.

Mikrotaso on taso tai ”tila”, joka tarjoaa kasvualustan radikaalille innovaatiolle ja kokeilulle. Tämä taso on vähemmän altis markkina- ja sääntelyvaikutuksille ja voi helpottaa toimijoiden välisiä vuorovaikutuksia, jotka tukevat tuoteinnovaatiota. Radikaalit innovaatiot tapahtuvat mikrotasolla, jotka toimivat turvallisina ympäristöinä, joissa läpimurtokehitys voi kasvaa, suojattuna hallinnon tasolla tapahtuvasta valintaprosessista (Geels, 2002 s. 1260–1270).

Uudet innovaatiot joutuvat kilpailemaan vakiintuneiden teknologioiden kanssa, jotka ovat hyödyntäneet ympärilleen muodostuneita vahvoja järjestelmiä. Säädökset, käyttäjäkäyttäytyminen, infrastruktuuri ja kulttuuriset asenteet yhdessä muodostavat sosiotekniset järjestelmät. Näitä järjestelmiä ylläpitävät ja muokkaavat erilaiset sosiaaliset ryhmät ja toimijat. Innovatiiviset muutokset näissä järjestelmissä ovat usein inkrementaalisia johtuen lukitsemismekanismeista ja polkuriippuvuudesta, mutta muutosta tapahtuu silti suhteellisen ennustettavissa oleviin suuntiin, mikä synnyttää vakaan kehityksen. Esimerkkejä lukitsemismekanismeista ovat jaetut uskomukset, markkinoille pääsyn esteet luovat säännöt ja lait sekä kiinteät investoinnit infrastruktuuriin. Sosiotekniset järjestelmät eivät koostu pelkästään yrityksistä ja insinööritoiminnasta vaan myös muista yhteiskuntaryhmistä, kuten käyttäjistä, päättäjistä ja kansalaisyhteiskunnan toimijoista. Näiden käsitteiden avulla voidaan tarkastella syvärakenteita ja toimintaa sekä tunnistaa, miten toimijoiden käyttäytymistä ohjaavat säännöt kollektiivisella tasolla. (Geels, 2012, s. 471–482.)

Geels nostaa vuoden 2014 (s. 35–40) tutkimuksessaan esille mesotason dynamiikan kriittisen tarkastelun innovaation leviämisen kannalta. Joissakin tapauksissa on havaittu, että mesotason toimijat ovat pyrkineet hidastamaan muutosta omien etujensa vuoksi. Tämän takia Geels pitääkin tärkeänä sitä, että kestävien teknologioiden edistäminen ei ole ainoa toimi, vaan muutos tarvitsee laajempaa tukea vallanpitäjiltä. (Geels 2014, s. 35–40)

Increasing structuration  
of activities in local practices



**Kuva 3: Monitasoisen näkökulman kuvaus innovaation kehittymisestä mikrotasolta makrotasolle. (Geels, 2012, s. 474)**

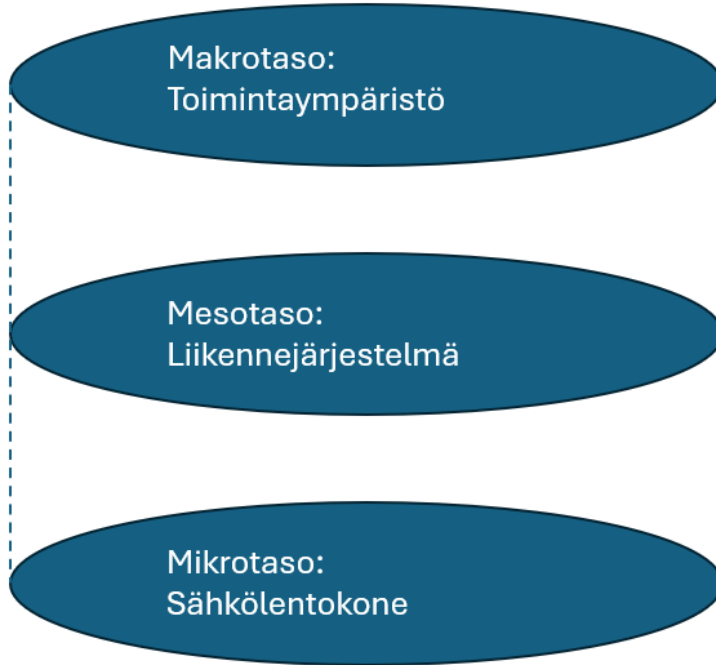
Makrotaso tarkastelee laajempia yhteiskunnallisia, kulttuurisia ja taloudellisia rakenteita. Maisema viittaa kokonaisvaltaiseen sosiotekniseen ympäristöön, joka kattaa sekä sosiaalisten arvojen, poliittisten uskomusten ja maailmankuvien että rakennetun ympäristön näkökohdat. Tämä sisältää myös instituutiot ja markkinoiden toiminnot, kuten hinnat, kustannukset, kaupankäyntimallit ja tulot. Nämä prosessit tapahtuvat laajemman poliittisen, kulttuurillisen ja taloudellisen taustan sisällä, jota kutsutaan sosiotekniseksi maisemaksi (landscape). Maisema toimii ulkoisena taustana meso- ja mikrotasojen välisessä vuorovaikutuksessa. Muutokset voivat tapahtua maisemassa,

mutta paljon hitaammin kuin hallinnon tasolla. Esimerkkinä muutoksesta maisemassa on ympäristötietoisuuden lisääntyminen. Tämä sosiokulttuurinen prosessi johtaa paineisiin lukuisille hallinnoille samalla kun se tarjoaa mahdollisuuksia uusille teknologioille vakiinnuttaa asemansa. Sosiotekninen maisema edustaa laajinta tasoa siinä mielessä, että se on yksittäisten toimijoiden hallinnan ulkopuolella. (Geels, 2002, s.1260–1262; Geels, 2012, s.471–473).

Makrotaso sisältää joukon heterogeenisiä tekijöitä. Geels (2002, s. 1260) antaa esimerkiksi näistä öljyn hinnan, talouskasvun, sodat, siirtolaisuuden, laajat poliittiset koalitiot, kulttuuriset ja normatiiviset arvot, ympäristöongelmat. Makrotason toimii ulkoisena rakenteena tai yhteytenä toimijoiden vuorovaikutuksille. Kun järjestelmät viittaavat sääntöihin, jotka mahdollistavat ja rajoittavat toimintaa yhteisöjen sisällä, maisemataso viittaa laajempiin teknologian ulkoisiin tekijöihin. Makrotason konteksti on vieläkin vaikeampaa ja hitaampaa muuttaa kuin mesotason. (Geels, 2002 s. 1260). Tässä tutkimuksessa maisemalla viitataan toimintaympäristöön.

Tutkielman kontekstissa voidaan tarkastella esimerkinomaisesti aiempaan esimerkkiin liittyen mesotason toimijoiden joukkoa, joka on osallistunut sähköisen lentämisen kehittämiseen. Ruotsin valtio on ollut aktiivisesti mukana tukemassa uusiutuvan energian ja ympäristöystävällisten teknologioiden kehittämistä, mikä on luonut suotuisan ilmapiirin yrityksille, kuten Heart Aerospace, jotka pyrkivät vähentämään hiilidioksidipäästöjä ilmailualalla. Ruotsissa käynnistettiin vuonna 2018 sähköistä lentämistä edistävä projekti ELISE, joka jatkuu edelleen kolmannessa vaiheessaan. Tällä hetkellä ELISE-vaihe 3 keskittyy toteutukseen tavoitteenaan luoda täysimittainen Heart ES-30 -demonstraattori, jolla testataan rullaus- ja latausjärjestelmää (Vinnova, 2023). Samalla Heart Aerospace on tehnyt yhteistyötä useiden ruotsalaisten yliopistojen ja teknologiayritysten kanssa ELISEn yhteydessä kehittääkseen innovatiivisia ratkaisuja sähkökäyttöisten lentokoneiden suunnitteluun ja valmistukseen. Yhteistyössä näiden toimijoiden kanssa Heart Aerospace on pystynyt hyödyntämään uusinta tutkimustietoa

ja teknologisia läpimurtoja saavuttaakseen tavoitteensa kestävämmän lentoliikenteen edistämisestä.



**Kuva 4: Geelsin MLP:n mukainen luokittelu tutkimuksen kontekstissa.**

## 2.4 Liikennejärjestelmä

Liikennejärjestelmä on tapa, jolla liikenne järjestetään ja muotoillaan. Rodrigue ja Ducruet (2017) toteavat, että verkostojärjestelmät ovat useiden strategioiden yhteistulos. Toimintaympäristö voi muuttua uusien mahdollisuuksien ja investointien myötä, joten liikennejärjestelmä saattaa muuttua samanaikaisesti. Yleinen tapa kuvata sitä on verkostona, jossa nähdään rakenteet ja virtaukset. Paikat nähdään solmuina ja yhteydet paikkojen välillä ovat reitit. Reitit voivat olla näkyviä, kuten tiet ja rautatiet, tai ne voivat olla näkymättömiä, kuten ilman tai meren käytävät. Myös yhteyksien luonteessa on eroja. Ne voivat kuvailla pysyvää reittiä, jota kaikki voivat käyttää tarvittaessa, tai sitten ne voivat olla aikataulutettuja palveluja. (Rodrigue, Ducruet 2017, s. 28–29)

Sentripetaaliset ja sentrifugaaliset verkostot ovat esimerkkejä siitä, miten liikennejärjestelmä voisi olla järjestetty. Sentripetaaliset verkostot suosivat vähemmän sijainteja, kun taas sentrifugaaliset verkostot eivät nosta yhtään sijaintia toisen yläpuolelle. Liikennejärjestelmissä on kaksi mallia, jotka käyttävät tätä verkostoajattelua. Hub – and - Spoke (HS) ja Point-to-point (PP) ovat malleja, jotka edustavat näitä verkostorakenteita, joista aion kertoa seuraavaksi (Rodrigue, Ducruet 2017, s. 28–29).

#### **2.4.1 Hub-and-spoke & Point-to-point**

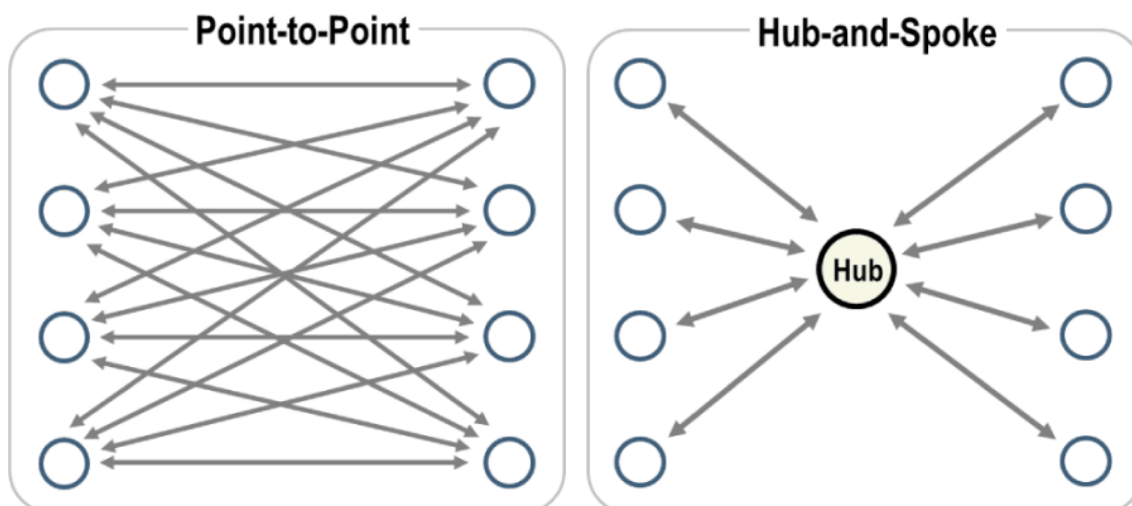
Hub-and-Spoke (HS), eli hubikeskein verkosto on liikennejärjestelmän malli, jossa liikenne järjestetään yhden hubin kautta, joka yhdistää muut solmut. Se on tehokas tapa organisoida liikennettä rajallisten resurssien puitteissa. Hubikeskeistä järjestelmää käytetään yleisesti esimerkiksi ilmaliikenteessä ja rahtipalveluissa. Kustannustehokkuus näkyy palvelun lyhyempänä vuorovälinä verrattuna Point-to-Point (PP) -malliin, joka on nähtävissä esimerkiksi kuvassa 5. Point-to-Point -malli voi tarjota yhden matkan päivässä solmusta toiseen, kun taas hubikeskeisessä mallissa matkojen määrä voi olla samalla kustannuksella 4 (Rodrigue, Ducruet 2017, s. 28–29).

Liikenteen keskittäminen yhteen hubiin on hyödyllistä jakelujärjestelmille ja siirtoasemille. Yhteen kohteeseen keskittäminen voi johtaa esimerkiksi edullisempiin hintoihin ja korkealaatuisempaan infrastruktuuriin. Heikkous tässä mallissa on suorien reittien puute yhdestä solmusta toiseen ja häiriöherkkyys yhden koostavan hubin vuoksi, joka voi aiheuttaa viivästyksiä ja ruuhkia (Rodrigue, Ducruet, 2017, s. 29–30). Hubikeskeisen järjestelmän toinen haavoittuvuus on vastaamiskyky kasvavaan kysyntään aiheuttaen mahdollisesti pullonkaulan kehitykselle. Kun tarkastellaan hubikeskeistä järjestelmää enemmän käyttäjälähtöisesti, voi järjestelmällä havaita olevan mahdollisesti kielteisiä vaikutuksia matkustajiin ja lentoyhtiöihin. Matkustamiseen käytetty kokonaismatka ja aika voivat olla paljon suurempia verrattuna pisteestä pisteeseen -malliin. Matkoilla saattaa olla myös enemmän välilaskuja, mikä on kallista lentoyhtiöille, koska nousut ja laskut johtavat suurempaan polttoaineen kulutukseen matkan ollessa lyhyt. (Marti, Puertas, Calafat, 2015, s. 158). Koska hubikeskeisessä

järjestelmässä ei kuljeta suoraan määränpäähän, tarkoittavat pidemmät kokonaismatkat myös suurempaa ympäristökuormitusta.

Markkinat ovat pääosin lentoyhtiöiden hallinnassa, jotka toimivat HS-järjestelmällä korkean frekvenssin vuoksi. HS:n sanotaan olevan erityisen tehokas tapa järjestää valtameren ylittäviä lentoja, kun pienemmät lentokoneet voivat kerätä matkustajia useista kohteista. HS:n tehokkuus perustuu saapumisten ja lähtöjen koordinointiin ja pyrkimykseen minimoida odotusaika navassa. (Marti, Puertas, Calafat 2015, s. 157–158)

Point-to-Point järjestelmässä ei ole hubeja eikä välilaskuja, vaan ainoastaan suoria lentoja. PP-järjestelmästä on myös löydettävissä omia kustannustehokkaita näkökohtia, vaikka lähtökohtaisesti se on kustannusten näkökulmasta tehottomampi. Lentoyhtiöt, jotka toimivat PP-järjestelmällä, käyttävät yleensä toissijaisia lentokenttiä, joissa toiminta on halvempaa ja työvoimakustannukset ovat alhaisemmat. (Marti, Puertas, Calafat, 2015, s. 158.) Suorat lennot koetaan myös miellyttävämmiksi matkoiksi. (Rodrigue & Ducruet, 2019, s. 29)



**Kuva 5: Liikennejärjestelmät (Rodrigue & Ducruet, 2017)**

### **3 Sähköinen lentäminen: nykytila ja haasteet**

Tässä luvussa tarkastellaan sähköistä lentämistä ja sen mahdollista roolia Suomessa. Luvussa on myös esitelty sähköisen lentämisen kehitystä ohjaavia dokumentteja, ja pyritty luomaan lukijalle kuvaa siitä toimintaympäristöstä (makrotasosta), jonka raameissa nykyinen lentoliikennejärjestelmä on järjestetty.

#### **3.1 Sähköinen lentäminen: nykytila ja haasteet**

Tällä hetkellä sähkökäyttöisiä lentokoneita pidetään houkuttelevana vaihtoehtona lyhyille matkoille niiden teknisten etujen vuoksi, joihin muun muassa lukeutuvat koneen koko ja käytön hinta. Lyhyistä matkoista huolimatta kehitys on merkittävää peilaten nykyisiin lentoliikenteen päästöihin, kuten Baumeister (2020, s. 1) huomauttaa. Grimme ja Jung (2018, s. 7) tutkivat vuonna 2016 lentopäästöjä erityyppisten lentojen välillä, kuten kotimaan-, kansainvälisen- ja mantereiden välisillä lennoilla havaiten, että mantereiden välillä lennettävien lentojen päästöt olivat yli puolet pienempiä kuin kotimaan lennoilla. Euroopan sisäiset lennot tuottivat lähes puolet vähemmän päästöjä kuin kotimaan lennot. Vaikka tutkimus ei tarkemmin eritellyt lentomatkojen etäisyyksiä, on todennäköistä, että suurin osa kotimaan lennoista on lyhyempiä kuin 1000 kilometriä. Tämä päästöero lyhyiden ja pitkien matkojen välillä on merkittävä. Siksi sähköisen lentoliikenteen potentiaalinen vaikutus on huomionarvoinen.

Luottamus sähkölentämiseen on merkittävää Pohjoismaissa. Ruotsi on asettanut tavoitteen saavuttaa hiilineutraalit kotimaan lennot vuoteen 2030 mennessä (Swedavia, 2024). Vuoteen 2045 mennessä kaiken ilmaliikenteen tulisi olla hiilineutraalia. Norja pyrkii sähköistämään kaikki kotimaan lennot vuoteen 2040 mennessä (Toi 2024).

#### **3.2 Lentoliikenne maakunnissa**

Traficom (2022C) mukaan ennen koronapandemiaa kotimaan reittilentoliikenne pääosin toimi markkinaehtoisesti, useimmiten kahden markkinaehtoisin operaattorin

välityksellä. Pandemian aikana viiden lentokentän markkinaehtoinen liikenne lakkautui, ja se korvattiin valtion tilapäisellä ostoliikenteellä. Säännöllistä ostoliikennettä on ollut aiemmin ainoastaan Savonlinna-Helsinki-reitillä, jota valtio ja Savonlinnan kaupunki ovat hankkineet yhteisvoimin, sekä Pori-Helsinki-reitillä, jonka ostoliikenteestä vastaa Porin kaupunki. Lisäksi Ahvenanmaan maakuntahallitus on hankkinut liikennettä Maarianhaminasta Tukholmaan. (Traficom, 2022C). Vuoden 2023 syyskuussa hallituksen budjettiriihessä päätettiin myöntää 38 miljoonan euron määräraha maakuntalentoliikenteen hankkimiseksi maaliskuuhun 2026 saakka. Reittejä kilpailutettiin Helsingistä ja Joensuuhun, Jyväskylään, Kajaaniin, Kokkola-Pietarsaareen sekä Kemi-Tornioon. Lisäksi on päätetty tukea Porin ja Helsingin välistä lentoyhteyttä vuonna 2025. (Traficom, 2024)

Helsinki-Vantaan lentokenttä on Suomen ilmailuliikenteen keskipiste (hub). Suomessa on 17 kotimaan reittiä, joista jokainen suuntautuu pääkaupunki Helsinkiin (Baumeister, 2020, s. 2). Liikenne on pääsääntöisesti järjestetty hubikeskeisen järjestelmän mukaisesti. On olemassa muita lentokenttiä, jotka ovat kaupalliseen käyttöön soveltuvia, mutta niiden alhaisen kannattavuuden vuoksi niitä ei ole otettu käyttöön liikennejärjestelmään. Nykyiseen Helsingin kautta kulkevaan kotimaanlentoliikenteeseen tuli poikkeus vuonna 2023, kun Tampereelta avattiin Kittilään uusi lentoreitti talvisesongin ajaksi (Mansikka, 2023).

Finavia hallinnoi ja kehittää 20 lentokenttää Suomessa. (Finavia, 2023) Näistä 17 on kaupalliseen käyttöön tarkoitettuja ja kaksi vain sotilas- ja yleisilmailua varten. Lisäksi on noin 70 virallista valvomatonta lentokenttää, joiden laatu vaihtelee. Nämä lentokentät ovat eri yhdistysten, yksityisten omistajien ja kuntien omistuksessa. Karkeasti voidaan sanoa, että puolet näiden lentokenttien kiitoteistä on asfalttia ja loput tietä tai nurmikkoa. (Lentopaikat, 2024)

Baumeister, Leung ja Ryley (2020) tunnistivat 47 lentokenttää Suomessa, jotka voisivat olla potentiaalisia sähkökoneille. Näillä lentokentillä on tarvittavat ominaisuudet

kiitotielle, vähintään 10 000 asukkaan väestö tai matkailukohde, joka saattaa herättää alueen kiinnostusta. Tätä arviointia varten he käyttivät tietoja kahdesta eri sähkölentokoneesta: Heart Aerospace ES-19, jossa on 19 istuinta, ja pienemmästä versiosta, Eviation's Alice, joka voi kuljettaa yhdeksää henkilöä. Tämän tutkimuksen jälkeen Heart Aerospace on nostanut kehittämänsä sähkölentokoneen, ES-30 paikkamäärän kolmeenkymmeneen.

Lentokenttäinfrastruktuuri ja siihen liittyvät palvelut on suunniteltu perinteisille lentokoneille, jotka käyttävät fossiilipolttoaineita. Muutos sähköiseen lentämiseen vaatii investointeja uuteen infrastruktuuriin, mikä voi olla taloudellisesti ja teknisesti vaativa tehtävä. Lentoyhtiöt ovat tehneet merkittäviä investointeja perinteisiin lentokoneisiin ja niihin liittyvään huoltoon. Siirtyminen sähköiseen lentämiseen vaatii uusia investointeja ja mahdollisesti vanhan kaluston käyttöiän lyhentämistä, mikä voi olla taloudellisesti haasteellista.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom (2023) tilastoista on nähtävissä kasvua valtion tukemissa maakuntalentoyhteyksien matkustajamäärissä vuonna 2023. Tavoitteena on ollut palauttaa markkinaehtoinen reittilentoliikenne koronapandemian aiheuttaman kysynnän laskun jälkeen. Vuonna 2023 valtion keskimääräinen tuki matkustajaa kohden on laskenut merkittävästi edellisvuodesta, ollessaan nyt 100 euroa, kun se oli vielä 280 euroa vuotta aiemmin. Tästä huolimatta tuetuilla reiteillä lennetyistä lennoista 20 % oli täyttöasteeltaan alle 25 %. Suurin täyttöaste on ollut välillä Helsinki – Kajaani (56 %) ja matalin Helsingin ja Savonlinnan välillä (12 %). Traficomilla johtajana toimiva Pipsa Eklund huomauttaa, että maakuntalentoliikenteessä on tyypillistä, että matkustajat lähtevät alueelta viikon alussa kohti ulkomaan kohteita ja palaavat takaisin viikon lopulla. Tämä aiheuttaa haasteita täyttää lentokoneita päivittäisillä edestakaisilla lennoilla. (Traficom, 2023)

**Taulukko 1: Suomen kenttien kvartaalien matkustajamäärät vuonna 2023. Eurostat, 2024b**

Lentokenttä	2023 Q1	2023 Q2	2023 Q3	2023 Q4	Yhteensä
Helsinki - Vantaa	628 618	359 771	309 373	494 008	1 791 770
Ivalo	81 721	13 725	15 389	45 553	156 388
Joensuu	8 940	10 381	9 217	9 821	38 359
Jyväskylä	5 491	6 559	3 944	5 930	21 924
Kajaani	9 311	10 558	9 864	10 246	39 979
Kemi - Tornio	9 120	9 832	8 432	8 571	35 955
Kittilä	106 824	22 915	10 777	45 198	185 714
Kokkola - Pietarsaari	6 478	7 125	5 748	6 603	25 954
Kuopio	32 775	33 280	28 338	31 449	125 842
Kuusamo	32 593	9 059	5 762	17 250	64 664
Maarianhamina	4 459	5 373	5 736	4 629	20 197
Oulu	144 819	130 267	110 604	128 589	514 279
Pori	2 280	2 316	1 069	2 200	7 865
Rovaniemi	160 626	71 726	71 104	154 049	457 505
Savonlinna	156	694	567	733	2 150
Tampere - Pirkkala	47	35	15	433	530
Tuku	1 787	1 748	2 038	1 732	7 305
Vaasa	25 535	27 874	24 824	25 552	103 785

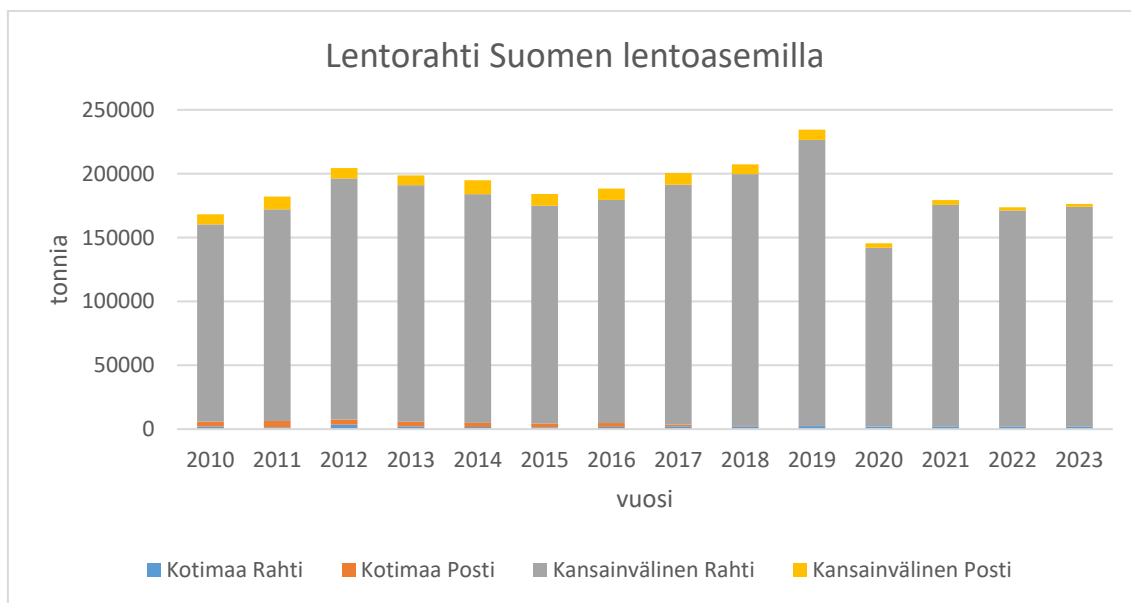
### 3.3 Maakuntien rooli lentoliikenteessä

Maakunnat ovat keskeinen toimija alueiden kehittämisessä, jolla voidaan vaikuttaa merkittävästi alueiden suunnitteluun. Maakuntakaavan ja maakuntaohjelman avulla maakunnat voivat ohjata alueiden käyttöä ja kehitystä pitkäjänteisesti. Nämä suunnitelmat tarjoavat kehyksen alueiden maankäytön, asumisen, liikenteen ja ympäristön kehittämiseksi. Erityisesti maakunnallisella liikennejärjestelmäsuunnittelulla on keskeinen rooli liikenteen kehittämisessä ja ohjauksessa maakuntatasolla. Strategisen suunnittelun avulla voidaan asettaa liikenteelle kehittämistavoitteita, jotka vastaavat alueen tarpeisiin ja haasteisiin yhteistyössä kuntien, liikenneviranomaisten ja muiden sidosryhmien kanssa. Esimerkiksi tiivistä ja sekoittunutta yhdyskuntarakennetta voidaan edistää suunnittelemalla liikennejärjestelmää siten, että se tukee kaupunkiseutujen tiivistymistä ja keskustojen elinvoimaisuutta. Lisäksi toimintoja voidaan keskittää strategisesti asemaseuduille ja joukkoliikenteen solmukohtiin, mikä edistää kestävä

liikkumista ja vähentää liikenteen päästöjä. (Syke, 2022, s. 12–14). Näissä suunnitelmissa tarkastellaan kokonaisvaltaisesti eri liikennemuotojen, kuten kävelyn, pyöräilyn, joukkoliikenteen, henkilöautoliikenteen ja tavaraliikenteen, tarpeita ja kehitysnäkymiä.

### 3.3.1 Lentorahdin rooli kotimaan lennoilla

Lentoliikenteen kuljetusmäärät ovat vaihdelleet 140 000 ja 235 000 tonnin välillä vuosittain. Suurin osa lentoliikenteen kuljetuksista on kansainvälisiä ja erilaisia rahtikuljetuksia. Kotimaan rahdin ja postikuljetusten (kuva 6) osuus on ollut laskusuunnassa ja viime vuosina ne ovat laskeneet lähes olemattomaksi. Helsinki-Vantaan lentoasema vastaa lähes 100 prosentista Suomen lentorahdista. Useilla muilla lentoasemilla oli pienempiä määriä lentorahtia, ja Turun lentoaseman osuus koko lentorahdista on vaihdellut vajaasta prosentista reiluun kahteen prosenttiin. (Traficom, 2024B).



Kuva 6: Lentorahti Suomen lentoasemilla. (Traficom 2024B.)

### 3.4 Lentoliiketeen sähköistymistä ohjaavat dokumentit

Suomessa liikenteen sähköistymistä ohjaavat useat dokumentit. Tutkimukseen on kerätty tärkeimpien tunnistettujen dokumenttien keskeiset sisällöt. Traficom (2022) selvityksessä nostettiin vaikuttaviksi dokumenteiksi 12-vuotinen

liikennejärjestelmäsuunnitelma (Liikenne 12), Valtioneuvoston periaatepäätös lentoliikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä ja fossiilittoman liikenteen tiekartta. Näiden lisäksi nostin tarkasteluun Pariisin ilmastopimuksen sekä Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallisen ilmasto- ja energiastrategian. Tarkastelen seuraavaksi näiden dokumenttien sisältöä.

#### **3.4.1 Pariisin ilmastopimus**

Vuonna 2015 solmitun Pariisin ilmastopimuksen mukaan tavoitteena on rajoittaa maapallon keskilämpötilan nousu 1,5 asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna. Tämän tavoitteen saavuttaminen edellyttää nopeita ja radikaaleja päästövähennyksiä kaikilla yhteiskunnan sektoreilla. Globaalien hiilidioksidipäästöjen tulisi puolittua vuoteen 2030 mennessä, ja nettonollapäästöt olisi saavutettava vuosisadan puolivälin tienoilla. (Fossiilittoman liikenteen tiekartta, 2021 s.7)

#### **3.4.2 Fossiilittoman liikenteen tiekartta**

Fossiilittoman liikenteen tiekartassa Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään taakanjakosektorilla 39 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasosta, mikä vastaa EU-lainsäädännön vaatimusta. Lisäksi kansallisella tasolla Suomi on asettanut tavoitteeksi vähentää kotimaan taakanjakosektorille kuuluvien liikenteen päästöjä vähintään 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. (Fossiilittoman liikenteen tiekartta, 2021, s. 7)

Liikenne- ja viestintäministeriön vuonna 2021 julkisemassa Fossiilittoman liikenteen tiekartassa on tunnistettu tarve kestävämmälle lentoliikenteelle. Raportin keinot painottuvat biopolttoaineisiin sekä vedyn potentiaaliin, mutta myös sähköisen lentämisen mahdollisuus on huomioitu. Sähköinen lentäminen nähdään kuitenkin vielä pienemmässä roolissa selvityksen aikajänteellä (2035). Suomessa on käynnissä useita selvitys- ja tutkimushankkeita vedyn ja synteettisten polttoaineiden kehittämisen ja käytön parissa. Erilaiset teknologiat sähköpolttoaineiden valmistukseen ovat

kehitysvaiheessa, ja laajemman kaupallisen tuotannon arvioidaan alkavan 5–10 vuoden kuluessa. Vaikka valmistuskustannukset ja investointitarpeet ovat tällä hetkellä merkittäviä, teknologisten innovaatioiden myötä potentiaalia on paljon. Suomessa on vahvaa osaamista biopolttoaineiden, vedyn ja sähköpolttoaineiden osalta. Erityisesti biopolttoaineiden jalostuksessa ollaan pitkällä, mutta myös vedyn ja sähköpolttoaineiden valmistuksen osalta odotetaan suuria mahdollisuuksia. Biopolttoaineet voivat tarjota vaihtoehdon perinteisille fossiilisille polttoaineille ja vähentää siten lentämisen hiilidioksidipäästöjä. Autokannan sähköistyessä biopolttoaineita voi vapautua myös lentoliikenteen käyttöön. (Fossiilittoman liikenteen tiekartta, 2021, s. 48–49)

### **3.4.3 Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia**

Valtioneuvoston selonteossa (2022, s. 7–8.) pääministeri Orpon hallitus päätyi käyttämään Sanna Marinin hallituksen ohjelmaan asettua tavoitetta saavuttaa hiilineutraali Suomi vuoteen 2035 mennessä lähtökohtana kansalliselle ilmasto- ja energiastrategialle. Tämä strategia kattaa kaikki yhteiskunnan kasvihuonekaasupäästöt ja nielujen aiheuttamat poistumat. Sen tavoitteena on muodostaa kattava toimintaohjelma, jonka avulla voidaan edetä kohti hiilineutraalia ja myöhemmin hiilnegatiivista yhteiskuntaa. Painopiste on kustannustehokkaissa, vaikuttavissa ja kestävässä ratkaisuissa. Sekä strategiassa että sen pohjalta laadituissa skenaarioissa keskitytään EU:n vuodelle 2030 asettamien ilmasto- ja energiatavoitteiden ja -velvoitteiden sekä hallitusohjelman hiilineutraaliuden tavoitteeseen vuodelle 2035. Uusien politiikkatoimien ja muiden ohjauskeinojen tavoitteena on varmistaa oikeudenmukainen ja kestävä siirtymä kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa vuoteen 2035 mennessä. (Valtioneuvosto, 2022, s. 97–98)

Suomen kansallisen ilmasto- ja energiastrategian mukaan tavoitteena on saavuttaa hiilineutraali Suomi vuoteen 2035 mennessä. Strategiassa korostetaan tarvetta tehdä nopeita ja radikaaleja päästövähennyksiä kaikilla yhteiskunnan sektoreilla. Pariisin ilmastopimuksen mukaisesti maapallon keskilämpötilan nousu halutaan rajoittaa 1,5

asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna, mikä edellyttää merkittäviä toimia päästöjen vähentämiseksi. Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään taakanjakosektorilla 39 prosentilla vuoteen 2030 mennessä EU-lainsäädännön vaatimusten mukaisesti. Lisäksi kotimaan liikenteen päästöjen vähentämistavoite on vähintään 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. (Valtioneuvosto, 2022, s. 97–98)

Valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä 2021 on Suomen hallituksen strateginen suunnitelma kotimaan liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Sähkölentämiseen liittyen nähdään suurta potentiaalia sekä sähköpolttoaineilla että suoran vedyn käytöllä liikenteessä pitkällä aikavälillä. Erityisesti raskaassa liikenteessä sekä lento- ja meriliikenteessä, joissa suora sähköistyminen ei ole vielä mahdollista, vety tai sähköpolttoaineet voivat olla tärkeitä vaihtoehtoja fossiilisille polttoaineille. Arvioiden mukaan näillä vaihtoehdoilla voitaisiin vuoteen 2045 mennessä korvata noin 4 TWh fossiilista energiaa. (Valtioneuvosto, 2022, s. 97–98)

#### **3.4.4 Liikenne 12 – Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma**

Liikenne 12-suunnitelma on 12-vuotinen strateginen asiakirja, joka kattaa koko Suomen liikennejärjestelmän valtakunnallisella tasolla kaikissa liikenneväylämuodoissa. Suunnitelmassa käsitellään verkkoja, liikenteen palveluita ja liikenteen tietonäkökulmia. Tarkastelussa ovat sekä matkustaja- että tavaraliikenne. (Valtioneuvosto, 2023.)

Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma on strateginen asiakirja, joka ohjaa liikennejärjestelmän kehittämistä tulevina vuosina. Sen laadinta perustuu liikennejärjestelmästä ja maanteistä annettuun lakiin, ja se kattaa kauden 2021–2032. Suunnitelmaan sisältyy kattava kuvaus nykytilanteesta ja toimintaympäristön muutoksista, visio tulevaisuuden liikennejärjestelmästä vuoteen 2050 asti, asetetut tavoitteet ja niihin liittyvät strategiset linjaukset sekä toimenpiteet, joilla näihin tavoitteisiin pyritään valtion ja kuntien tasolla. Lisäksi suunnitelma sisältää valtion

rahoitusohjelman ja vaikutusten arvioinnin tiivistelmän. (Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma vuosille 2021–2032. Valtioneuvosto Helsinki, 2021.)

### **3.4.5 Valtioneuvoston periaatepäätös lentoliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä**

Valtioneuvosto teki periaatepäätöksen lentoliikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä vuonna 2021. Periaatepäätöksellä oli tarkoitus täsmentää toimia päästövähennyksien saavuttamiseksi fossiilittoman liikenteen tiekarttaan. (Valtioneuvosto, 2021, s.4)

Periaatepäätöksessä asetetut toimenpiteet pyrkivät vähentämään päästöjä 15 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja 50 prosenttia vuoteen 2045 mennessä, huomioiden vain lentotoiminnan CO<sub>2</sub>-päästöt ja uusiutuvien lentopolttoaineiden vaikutukset. Tavoitteiden saavuttamista seurataan tiiviisti varmistaen, että toimet ovat yhdenmukaisia Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteiden kanssa. (Valtioneuvosto, 2021, s. 7–8)

Sähkölentämisen kannalta kiinnostava kirjaus periaatepäätöksessä oli vaihtoehtoisten käyttövoimien edistämisen nostaminen tärkeäksi lyhyen aikavälin toimeksi, sillä sähköistymisen hitaus ja akkujen energiatiheyden riittämättömyys nähtiin korostavavan uusiutuvien lentopolttoaineiden merkitystä. Oletuksena päätöksessä oli, että nestemäisiä lentopolttoaineita käytetään laajasti ainakin 2050-luvulle saakka, ja siten on välttämätöntä korvata fossiilinen kerosiini uusiutuvilla vaihtoehdoilla päästöjen vähentämiseksi. ICAO on kehottanut jäsenvaltioita ottamaan käyttöön tehokkaita politiikkatoimia uusiutuvien lentopolttoaineiden käytön lisäämiseksi, mutta globaaleja velvoitteita niiden käyttöönottoon ei odotettu vielä lähivuosina. (Valtioneuvosto, 2021, s. 12–16)

Päätöksessä myös korostettiin, että kansallisesti tulisi arvioida uusiutuvien lentopolttoaineiden jakeluvaihtoehtojen taso, sen vaikutukset toimialaan ja kansainvälinen

kehitys. Lisäksi nähtiin tärkeänä seurata tarkoin velvoitteen vaikutuksia ja pandemian vaikutuksia toimialaan sekä mahdollisia muutoksia kansainvälisessä sääntelyssä. Sähköisestä lentämisestä ja latausinfrastruktuurin kehittämistarpeista Suomen lentoasemilla nähtiin tarvittavan selvitys, jossa arvioidaan myös mahdollisuudet muiden vaihtoehtoisten käyttövoimien hyödyntämiseen. Kotimaan alan tutkimus ja innovaation nähtiin myös tärkeinä seikkoina. (Valtioneuvosto, 2021, s. 16–18)

### **3.5 Lentoliikenteen regulaatio Suomessa**

Ilmailualan sääntely ja lentokoneiden sertifiointivaatimukset on perinteisesti suunniteltu fossiilipohjaisille lentokoneille. Sähköisten lentokoneiden sertifiointiin liittyy omat haasteensa, ja sääntelykehiksen muuttaminen voi olla hidasta.

Traficomın selvityksen mukaan (2022) lentoliikenteen sääntely perustuu pääosin kansainvälisiin standardeihin ja suosituksiin, jotka ovat olennaisia lentoturvallisuuden varmistamisessa. Tärkeimpiä sääntelyn kehittäjiä ovat Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO ja Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA. EASA:n ehdottamat säännökset muutetaan usein EU-lainsäädännöksi, ja ne ovat sitovia kaikissa EU-maissa. Suomessa Liikenne- ja viestintävirasto Traficom vastaa kansainvälisen lentoliikenteen sääntöjen noudattamisen valvonnasta (Traficom, 2022, s. 40–41).

Traficom vastaa myös Suomen kansallisesta lentoliikenteen sääntelystä, mutta sen merkitys on vähentynyt EU-sääntelyn laajentuessa. Nykyään kansallisen sääntelyn piiriin kuuluvat lähinnä valtion ilmailu sekä lentotoiminta, joka kattaa tietyt ilma-alustyypit kuten historialliset tai kokeelliset ilma-alukset (Traficom, 2021a; Traficom, 2022, s. 40–41).

Lentoliikenteen sääntely ei ole sidottu tiettyyn käyttövoimaan, vaan samat säännöt koskevat sekä perinteisiä polttomoottorikäyttöisiä että sähkökäyttöisiä lentokoneita. Sähköisen lentämisen sääntely on siis vielä kehitysvaiheessa, mutta sen vaikutusta

matkustajaliikenteeseen säädellään yleisellä lentämisen sääntelyllä, joka kattaa monia lentoliikenteen osa-alueita. (Traficom, 2021a), (Traficom, 2022, s. 40–41).

Sähkökäyttöisten lentokoneiden osalta noudatetaan pääosin samoja sääntöjä kuin muidenkin lentokoneiden kohdalla. Erityistä sähköistä lentoliikennettä koskevaa sääntelyä ei juurikaan ole vielä olemassa, sillä nykyinen sääntely perustuu oletukseen, että kaikissa lentokoneissa on jonkinlainen polttomoottori. Tämä asettaa merkittävän rajoitteen, koska sähkökäyttöiset lentokoneet eivät voi täyttää kaikkia nykyisen sääntelyn vaatimuksia polttomoottorin puuttumisen vuoksi. Toisaalta nykyinen sääntely ei myöskään kata kaikkia sähköisen lentämisen aiheuttamia uusia riskejä, kuten akku- ja paloturvallisuuteen liittyvät riskit. Näitä riskejä ei ole perinteisessä lentoliikenteessä (Traficom, 2022, s. 44).

Traficomien raportin mukaan sääntelyä sähköiseen lentämiseen liittyen ollaan kehittämässä ja sovittamassa sitä innovaation asettamiin vaatimuksiin. Koneiden tyyppihyväksyntää liittyvässä sääntelyssä on jo tapahtunut edistystä, sillä vuonna 2021 EASA lisäsi sääntelyn huomioimaan myös sähkö- ja hybridilentokoneet. Vielä tässä vaiheessa sääntely ei hyväksy vetykäyttöisiä lentokoneita. Uuden teknologian käyttöönoton yhteydessä tärkein prioriteetti on varmistaa teknologian turvallisuus kaikilta osin. Innovaation implementointi nopeassa aikataulussa ei saa vaikuttaa lentoliikenteen turvallisuuteen eikä lentoliikenteeseen liittyvään turvallisuuskulttuuriin. Teknologia itsessään ei saa aiheuttaa onnettomuuksia tai vaaratilanteita. (Traficom, 2022, s. 45)

Kaupallisen ilmakuljetuksen harjoittamiseen vaaditaan EU:ssa lentoliikenneasetuksen mukainen liikennelupa, jonka hankkimiseksi hakijan on täytettävä lentotoiminta-asetuksen vaatimukset lento-operaattorin toimiluvan (AOC) osalta. Ilma-aluksen on oltava varustettu lentokelpoisuustodistuksella, jotta se voidaan liittää AOC-toimilupaan. Lentokelpoisuustodistuksen myöntämisen edellytyksenä on, että ilma-alus on saanut tyyppihyväksynnän (Traficom, 2022, s. 45).

Eri lentotyyppien ja maantieteellisten alueiden mukaan vaihtelevat varaenergian tarpeet ovat olennainen osa sähkölentokoneiden toimintaa. Tällaiset vaatimukset liittyvät erityisesti keskeytettyjen lähestymisten, epäsuotuisten sääolosuhteiden ja muiden vastaavien tilanteiden varalta varautumiseen. Tästä syystä monet valmistajat alkuvaiheessa keskittyvät suunnittelemaan lyhyempiä reittejä. Lyhyempien reittien painottaminen ei kuitenkaan ole ongelmallista operaattoreille, päinvastoin. Lyhyemmillä reiteillä sähkölentokoneiden yksikkökustannukset vähenevät merkittävästi: latausaika lyhenee, akun kulumista vähenee ja päivittäisiä lentoja voidaan suorittaa tiheämmin. (Traficom,2022, s. 45).

Politico lehdessä uutisoitiin vuonna 2024 Euroopan Unionin ilmailun turvallisuusviraston (EASA) sertifioineen ensimmäisen sähkölentokoneen vuonna 2020, Pipistrel Velis Electron. Kuitenkaan muut sähkökäyttöiset lentokoneet eivät ole vielä saavuttaneet vastaavaa hyväksyntää. Euroopan parlamentti pyrkii herättämään alaa henkiin ja on tammikuussa 2024 hyväksynyt päätöslauselman, jossa tunnustetaan akkukäyttöiset lentokoneet puhtaamman, nopeamman ja kätevämmän ilmaliikenteen vaihtoehdoksi. Artikkelissa nostettiin esille se, että vaikka sähkökäyttöiset lentokoneet voivat tarjota merkittävän potentiaalin päästöjen vähentämisessä, niiden käyttöä rajoittavat tekniset esteet, kuten akkujen paino ja energiatiheys verrattuna kerosiiniin. Parlamentin päätöslauselmassa kehoitettiin komissiota tunnistamaan soveltuvimmat lentoreitit täyteen sähköistämiseen ja käynnistämään rahoitushankkeita sähköistämistä tukeville projekteille. Vaikka sähkölentokoneet voivat tarjota vaihtoehdon perinteisille polttoainekäyttöisille lentokoneille lyhyillä ja keskipitkillä lentoreiteillä, niiden sertifiointiprosessi ja turvallisuusstandardit ovat edelleen haasteellisia. (Lecca, 2024)

## **4 Metodologia**

### **4.1 Tutkimusmenetelmät**

#### **4.1.1 Aineistonkeruu asiantuntijahaastatteluilla**

Aineistonkeruu suoritettiin asiantuntijahaastatteluilla, jotka tallennettiin ja analysoitiin teemoittain. Haastatteluissa keskitytään osallistujien käsityksiin sähköisestä lentämisestä, alueellisista näkökulmista ja niiden merkityksestä liikennejärjestelmän asiantuntijoiden kannalta.

#### **4.1.2 Asiantuntijahaastattelut**

Asiantuntijahaastatteluihin valikoitiin osallistujat maakuntien ilmaiseman kiinnostuksen perusteella sähköistä lentoliikennettä kohtaan. Maakunnista tunnistettiin liikennejärjestelmästä vastuussa oleva henkilö, jonka kanssa haastattelusta sovittiin. Tällä tavoin varmistettiin, että haastatteluun osallistui pätevä joukko asiantuntijoita aiheesta kiinnostuneista maakunnista. Haastateltavia asiantuntijoita oli tutkimuksessa 5.

Asiantuntijahaastattelut toteutettiin virtuaalisesti Microsoft Teams -alustalla, mikä mahdollisti osallistumisen etäyhteyden avulla. Osallistujille lähetettiin aikataulut ja Teams-kutsut, joiden avulla he pystyivät liittymään haastatteluihin omalta työpaikaltaan tai muusta sijainnistaan käsin. Tämä järjestely tarjosi kätevän tavan osallistua haastatteluihin ja mahdollisti osallistujille joustavan aikataulun.

Haastatteluissa pysyttiin suunnitellussa haastattelurungossa, mutta haastateltavilta kysyttiin tarkentavia kysymyksiä kiinnostavista nostoista. Samalla keskustelu kääntyi useamman kerran hetkellisesti aihetta sivuaviin teemoihin, jotka kuitenkin tukivat haastattelujen tavoitteita.

## 4.2 Haastatteluaineiston analyysi

Aineiston sisällönanalyysissa voi käyttää joko deduktiivista tai induktiivista lähestymistapaa. Deduktiivisessa lähestymistavassa siirrytään yleisestä teoriasta kohti tarkempaa merkitysten löytämistä, mikä tarkoittaa, että analyysi perustuu olemassa olevaan teoriaan ja soveltuu erityisesti jo olemassa olevan teorian testaamiseen tai tarkentamiseen. Toisaalta induktiivinen lähestymistapa alkaa pienistä yksityiskohdista ja pyrkii tunnistamaan niistä yleisempiä teemoja tai käsitteitä, luoden siten kokonaiskuvan. Tässä lähestymistavassa aineiston analysoinnissa lähdetään liikkeelle konkreettisista yksityiskohdista ja pyritään tunnistamaan niistä yleisempiä teemoja tai käsitteitä. (Elo & Kyngäs 2008, s. 109) (Braun & Clarke, 2006). Tässä tutkielmassa lähestytään haastatteluiden aineistoa induktiivisella tavalla.

Haastatteluita analysoidaan Braunin ja Clarken (2006, s. 16–21) esittämä teema-analyysin keinoin. Aineiston teemoittelu koostuu kuudesta vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa tutkija tutustuu perusteellisesti aineistoon. Tämä syvälinen perehtyminen ja toistuvat lukukerrat auttavat havaitsemaan varhaiset samankaltaisuudet ja kuviot aineistossa. Toisessa vaiheessa tutkija luo koodit havaitsemilleen merkityksille aineistossa. Kolmannessa vaiheessa tutkija yhdistää koodeja etsien teemoja. Neljäs vaihe on reflektointivaihe, jossa luodut teemat tarkastellaan uudelleen. Tässä vaiheessa aineisto käydään läpi uudelleen ja arvioidaan, kuinka hyvin luodut teemat vastaavat aineiston sisältöä. Sen jälkeen tarkastellaan, kuinka kattavasti teemat peilaavat koko aineistoa. Analyysiprosessia ja teemoja voi kehittää pitkään, kunnes ei enää havaita ristiriitaisuuksia aineiston kanssa, minkä jälkeen analysointiprosessi voidaan saattaa päätökseen. Viides vaihe on teemojen nimeäminen ja määrittely, ja kuudes vaihe on raportin kirjoittaminen.

Aloin analyysivaiheen tutustumalla perusteellisesti aineistoon ja litteroimalla sen läpi. Sen jälkeen olen lukenut aineiston kokonaisuudessaan sekä tehnyt muistiinpanoja (vaihe 1). Vasta tämän jälkeen olen systemaattisemmin käynyt läpi aineiston, korostaen tekijöitä, jotka vastaavat tutkimuskysymyksiini, mutta tarkemmin analysoimatta niiden

merkityksiä (vaihe 2). Kolmannessa vaiheessa olen kehittänyt lyhyitä ilmauksia aineistosta löytyville merkitysyksiköille eli koodeja. Osa merkitysyksiköistä soveltui useisiin eri koodeihin. Analyysivaiheessa olen pyrkinyt löytämään paremmin kuvailevia ilmauksia kehittämilleni koodeille ja tarkastellut, ovatko jotkin alaluokat yhdistettävissä. Osa koodeista muodosti selkeitä pääluokkia, kun taas toisista muodostin alaluokkia. Kaikille merkityksille ei vielä tässä vaiheessa löytynyt teemaa, mikä on osa normaalia teemoitteluprosessia (Braun & Clarke, 2006, s. 20). Synteesivaiheessa pyrin yleistämään ja yhdistämään teemoja siten, että ne muodostaisivat kattavan kokonaisuuden koko aineistosta. Tämän jälkeen olen tarkastellut teemoja useaan otteeseen uudelleen sekä verrannut niitä keräämääni aineistoon (vaihe 6).

Aineistoanalyysin alussa tutkijan tulee päättää, millaista yksikköä analysoi. Elon ja Kyngäksen (2008, 109) mukaan tämä valinta vaihtelee sanojen ja kokonaisten ilmausten välillä. Työn kannalta sopivan analyysiyksikön valinta on tärkeää; liian suuret yksiköt saattavat vaikeuttaa analyysia, kun taas liian pienet yksiköt voivat johtaa fragmentoitumiseen ja kontekstin häviämiseen (Bryman 2012, 578; Elo & Kyngäs 2008, 109). Tutkimuskysymykset ohjaavat myös sitä, miten yksiköitä jaetaan ja tulkitaan (Bryman 2012, 416).

Oman aineistoni analyysiyksiköt ovat kokonaisia ilmauksia. Nämä ovat jaettu seuraaviin teemoihin: saavutettavuus, aluekehitys, infrastruktuuri, kestävyys ja kysyntä.

### **4.3 Haastateltavien valinta**

Tunnistin tutkimusta varten sähköiseen lentämistä kohtaan kiinnostusta osoittaneita maakuntia kevään 2023 hallitusohjelmaesitysten perusteella. Maakunnista esiin nousivat Pohjanmaa, Etelä-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa, Keski-Suomi sekä Päijät-Häme. Tutkielmassa haastateltiin kyseisten alueiden liikennejärjestelmä- ja kehitysasiantuntijoita, ja tarkastellaan maakuntien ennako-odotuksia sähköistä lentämistä kohtaan.

Pohjanmaa on omassa hallitusohjelmatavoitteessaan linjannut suoraan sähköisen lentoliikenteen edellytysten edistämisen osaksi tulevaa hallitusohjelmaa. Esityksessä mainitaan sähköisen lentämisen olevan tärkeä osa alueellisen lentämisen tulevaisuutta ja tulevan osaksi tulevaisuuden matkaketjuja. Sähköinen lentäminen toisaalta voi myös esityksen mukaan joissakin tapauksessa korvata joillain reiteillä täysin muita liikennemuotoja. Merkittävimiksi eduiksi esityksessä on nostettu sähköisen lentämisen päästöttömyys lennon aikana, kannattavuus lyhyillä matkoilla ja sopivuus pienille matkustajamäärille. Lopussa on myös mainittu, että varautuminen lentoliikenteen muutokseen kannattaa aloittaa ajoissa, jotta vaiheittainen siirtyminen uuden innovaation käyttöönotossa on mahdollista. (Pohjanmaanliitto, 2023)

Etelä-Pohjanmaan hallitusohjelmaesityksessä on myös sähköisen lentoliikenteen teemat nostettu vahvasti esille. Pienten lentokenttien roolin nähdään nousevan merkittävämpään asemaan sähköisten lentokoneiden tulon myötä. Tästä syystä myös lentokenttien infrastruktuurin ylläpito nähdään tärkeäksi aspektiksi. Maakunta näkee myös aiheeseen liittyvän tutkimuksen ja innovoinnin edistämisen tässä vaiheessa merkittäväksi toimeksi. (Etelä-Pohjanmaan liitto, 2023)

Päijät-Hämeen liitto esittää lyhyesti hallitusohjelmaesityksessään sähköisen lentämisen osana maakunnan sähköisen liikenteen klusteria. Maakunnan ainoa lentokenttä Vesivehmaalla nähdään kehitettävänä kohteena, jotta alueen saavutettavuus yritystoiminnan ja ilmailuharrastajien kannalta edistyy. (Päijät-Hämeen liitto, 2023)

Keski-Suomen liitto on asettanut omassa hallitusohjelmaesityksessään saavutettavuuden tavoitteeksi lentoliikenteen jatkumisen alueella ja Helsinki-Jyväskylä reitin saamiseksi sähkölentämisen pilottikohteeksi. Esityksessään maakunta on korostanut lentoliikenteen merkitystä teollisuudelle ja kansainvälisille yhteyksille. Esityksessä mainitaan 85 % lähtevistä matkoista jatkuvan vaihtona ulkomaille. Nykyiset maata pitkin kulkevat liikennevälineet eivät mahdollista näille aamu – ja iltalentoilla matkustamista. (Keski-Suomen liitto, 2023)

#### **4.4 Haastattelujen etiikka**

Eettiset näkökohdat ovat olennaisia akateemisessa työssä, erityisesti haastateltaessa eri toimijoita. Siksi Saundersin, Lewisin ja Thornhillin (2015) suosittamia eettisiä periaatteita suositeltiin noudatettavan: vahingon välttäminen, yksityisyyden kunnioittaminen, vapaaehtoinen osallistuminen, informoitu suostumus ja luottamuksellisuus. Kaikilta haastateltavilta kysyttiin etukäteen, suostuisivatko he haastattelun tallentamiseen. Lisäksi ennen haastattelun aloittamista kaikille selvitettiin uudelleen projektin tarkoitus ja miten heidän vastauksiaan käytettäisiin. Heitä informoitiin myös luottamuksellisuudesta ja siitä, kuinka tietosuoja on huomioitu. Haastateltaville kerrottiin, että tutkimuksessa kuitenkin viitataan heidän maakuntiinsa sekä asemaansa maakunnan liikennejärjestelmäasiantuntijana.

## 5 Haastatteluiden tulokset

Tutkielma toteutetaan kvalitatiivisena tutkimuksena, jossa aineisto on kerätty asiantuntijahaastatteluilla. Osallistujiksi valittiin sähköisestä lentämisestä kiinnostusta osoittaneiden maakuntien liikennejärjestelmäasiantuntijoita.

Seuraavaksi tarkastellaan haastatteluista sisällönanalyysin avulla nousseita teemoja. Haastatteluaineiston teemat kerättiin Braunin ja Clarken (2006, s. 16–21) sisällönanalyysin mukaisesti. Teemoitteluprosessin, joka on kuvattu tarkemmin metodologiassa, pohjalta teemoiksi valikoitui saavutettavuus, infrastruktuuri, aluekehitys, kysyntä ja kestävyys. Tässä luvussa tarkastellaan sisällönanalyysin keinoin haastatteluiden tuloksia, jotka ovat esitetty teemoittain. Analyysiluvussa (luku 6.) tarkastellaan haastattelujen tuloksia suhteessa työn teoreettiseen viitekehykseen ja vastataan tutkielmalle asetettuihin tutkimuskysymyksiin.

### 5.1 Haastattelujen tulokset

Maakuntien liikennejärjestelmäasiantuntijoiden haastatteluissa nousi esille kiinnostus sähköistä lentämistä kohtaan erilaisista lähtökohdista. Maakuntien edustajat valikoituivat haastatteluihin hallitusohjelmaesitysten perusteella, joten tietoa haluttiin syventää siitä, mitä odotuksia sähköistä lentämistä kohtaan oikeastaan maakunnissa on. Samalla vastaukset heijastelevat liikennejärjestelmään vaikuttavien toimijoiden valmiuksia ja kiinnostusta uutta innovaatiota kohtaan ja toisaalta sitä mitä innovaatiolta odotetaan ja minkälaisia haasteita sillä pyritään ratkaisemaan.

Haastattelujen perusteella voidaan todeta, että eri maakuntien odotukset sähköistä lentämistä kohtaan vaihtelevat hieman riippuen alueen erityispiirteistä ja tarpeista. Kuitenkin kaikissa maakunnissa nähdään sähköisen lentämisen potentiaali tulevaisuuden liikennemuotona, joka voi tarjota ratkaisuja nykyisiin liikenteen haasteisiin ja edistää kestävästä kehitystä. Tässä analyysissä käsiteltiin viittä eri maakuntaa

ja niiden odotuksia sähköistä lentämistä kohtaan, ja seuraavaksi käydään läpi johtopäätöksiä ja analyysiä näiden maakuntien odotuksista.

### 5.1.1 Saavutettavuus

Maakuntien haastatteluista nousi esiin sähköisen lentämisen potentiaali alueiden saavutettavuuden parantamisessa ja yritysten houkuttelemisessa. Erityisesti pienemmät lentokentät nähdään nopeiden ja luotettavien yhteyksien tarjoajina, mikä voi kannustaa yritystoiminnan kasvua ja alueellista kehitystä. Sähköinen lentäminen nähdään myös osana nykyisen liikennejärjestelmän täydentämistä, erityisesti alueilla, joilla lentoliikenne on vähäistä tai puuttuu kokonaan. Sähköisen lentoliikenteen nähtiin voivan tarjota uusia mahdollisuuksia sekä henkilö- että tavaraliikenteessä ja täydentää nykyisiä liikennemuotoja. Vaikka sähköinen lentäminen nähdään potentiaalisena ratkaisuna moniin liikennehaasteisiin, haastatteluissa nousi esille myös haasteita, kuten siirtymiset kentälle (first & last mile problem) sekä investointien tarve infrastruktuurin kehittämiseen. Kuitenkin monet näkevät sähköisen lentämisen kehittymisen myönteisenä askeleena kohti kestävämpää ja tehokkaampaa liikennejärjestelmää.

Osa haastateltavista tunnisti myös sähköisen lentämisen potentiaalinen tarjota uudenlaisia liikkumismahdollisuuksia, erityisesti syrjäisille alueille tai sellaisille alueille, joilla nykyiset liikennemuodot ovat vähäiset, epätaloudelliset tai epäekologiset. Kuitenkaan uusien lentokenttien tekemiseen ei löytynyt maakunnista kiinnostusta, vaan ennemmin nykyisten korpikenttien kehittämisen mahdollisuus nähtiin kiinnostavana mahdollisuutena tulevaisuudessa. Kuitenkin nykyiseen tilanteeseen kenttien suhteen oltiin pääsääntöisesti tyytyväisiä.

Haastatteluissa korostui sähköisen lentämisen teknologisten ratkaisujen kehittyminen ja niiden potentiaali muuttaa lentoliikenteen toimintamalleja. Jotkut haastateltavat ennakoivat, että pienemmät lentokentät voisivat esimerkiksi nousta merkittävämpään rooliin, mahdollistaen edullisemmän lentämisen ja parantaen alueiden saavutettavuutta. Jotkin maakunnat ennakoivat myös, että kotimaan alueiden välillä nähdään potentiaalia

uusille lentoreiteille, jotka voisivat hyödyttää pienempiä kohteita ja lisätä matkustajamääriä.

Saavutettavuuden kannalta Helsinkiin suuntaavat lennot nousivat usein haastatteluissa esille. Helsinki nähtiin kiinnostava kohteena sen vuoksi, että se toimii lentoliikenteen hubina Suomesta ulkomaille. Haastatteluissa nousi kuitenkin esille myös pohdintaa siitä, onko Helsinki-Vantaalle mahdollisuuksia lisätä paljon pienillä lentokoneilla (noin 30 paikkaisilla) tehtäviä matkoja. Tämän vuoksi isoon hubiin kiinnittyminen nähtiin haasteelliseksi ainakin isossa mittaluokassa, mutta nykyisten lentoreitittien kuitenkin toivottiin säilyvän. Keskustelussa oli myös muita lentokenttiä, joilla on enemmän kansainvälistä liikennettä, kuten Tampereen lentokenttä.

Vaikka sähköinen lentäminen voisi parantaa maakuntien välistä saavutettavuutta, sen vaikutukset maakunnan sisäiseen liikenteeseen voivat jäädä vähäisemmiksi, haastateltavat arvioivat. Perinteiset liikennemuodot, kuten bussi- ja raideliikenne sekä henkilöautot, todennäköisesti säilyvät tärkeinä liikkumisvälineinä maakunnan sisäisessä järjestelmässä. Kuitenkin uusi maakunnan sisäinen hub tuo tarpeen sen kiinnittämisen maakunnan palveluihin hyvillä kulkuyhteyksillä. Vastaajien arviot painottuivatkin lentokentän lähiseudun paikallisiin muutoksiin, mutta suurempaa vaikutusta sillä ei uskottu olevan.

Haastattelussa useat maakuntien liikennejärjestelmäasiantutijat näkivät sähköisen lentämisen pikemminkin korvaavana kuin täydentävänä osana nykyistä liikennejärjestelmää. Yhteinen konsensus oli se, että sähköisellä lentämisellä on potentiaalia korvata osan nykyisistä liikennemuodoista, erityisesti lentoliikenteen osalta. Kuitenkin lyhyillä ja keskipitkillä matkoilla sähköinen lentäminen voi täydentää nykyistä lentoliikennettä ja tarjota nopeampia ja kestävämpiä vaihtoehtoja. Toisaalta pitkän matkan liikenteessä, varsinkin henkilökuljetuksissa, sähköinen lentäminen voi olla vielä kehitysvaiheessa, kun akkuteknologia ei vielä tarjoa riittävästi lentomatkaa.

### 5.1.2 Kysyntä

Maakuntien kohdalla sähköisen lentämisen potentiaaliin liittyvät odotukset vaihtelevat, erityisesti käyttäjäryhmien ja markkinaehtoisuuden näkökulmasta. Useat maakunnat näkevät sähköisen lentämisen tarjoavan uusia liikkumismahdollisuuksia erityisesti syrjäisille alueille tai niille alueille, joilla nykyiset liikennemuodot ovat vähäiset tai epätaloudelliset. Työmatkalaiset ja tietyillä alueilla turistit nähdään pääasiassa kiinnostavina käyttäjinä, vaikka korkeat matkahinnat voivat vaikuttaa matkustajamääriin ja reittien houkuttelevuuteen. Vaikka sähköinen lentäminen tarjoaa ekologisesti kestävämmän vaihtoehdon, sen hinta saattaa rajoittaa sen käyttöä laajasti heti alusta alkaen. Sähköisen lentämisen odotetaan myös voivan vaikuttavaa liikennemuotojen valintaan ja matkustustottumuksiin.

Sähköisen lentämisen sesonkiluonteisuus ja matkan pituus nähtiin keskeisinä tekijöinä sen potentiaalisten reittien määrittelyssä. Esimerkiksi Lapin suuntaan suuntautuva lentoliikenne saattaa olla sesonkiluonteista ja riippuvainen matkan pituudesta. Lisäksi sähköisen lentämisen kehityksen on huomioitava kestävän kehityksen periaatteet, kuten lentomelun hallinta ja ympäristövaikutusten minimointi, lentokenttien sijoittelussa ja kehittämisessä. Tämä edellyttää investointeja uuteen teknologiaan ja hintojen laskua, jotta sähköinen lentäminen voi olla taloudellisesti kannattavaa ja kilpailukykyistä perinteiseen lentoliikenteeseen nähden.

Haastatteluissa nousi esille joidenkin maakuntien toimesta myös lentotoiminnan historia omalla alueella. Kentän säännöllinen käyttö ja siihen nojaavat yritykset nähtiin mahdollistavana tekijänä myös uuden innovaation implementointiin, kun lentämisen kysyntä on jo valmiiksi olemassa. Toisaalta eräässä maakunnassa nostettiin esille myös aikaisemmat epäonnistumiset lentokentän kanssa, joiden nähtiin mahdollisesti vaikuttavan edelleen asenteisiin lentokentän kehittämiseen tai toiminnan edistämiseen.

### 5.1.3 Aluekehitys

Vastauksissa huomioitiin myös alueelliset näkökulmat sähköisen lentämisen kehittämisessä. Erityisesti maakuntakenttien ja alueiden saavutettavuuden parantuminen nähtiin tärkeänä tekijänä, joka voi edistää alueellista kehitystä ja taloudellista elinvoimaa. Alueiden kehityspotentiaali ja lentoliikenteen kehittäminen ovat keskeisiä näkökohtia sähköisen lentämisen kontekstissa. Sähköisen lentämisen avulla voidaan luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja työpaikkoja alueille, mikä voi edistää paikallista taloudellista kehitystä.

Yhteistyön ja suunnittelun merkitys korostuu lentokenttien kehittämisessä sähköistä lentämistä varten. Jatkuva yhteistyö eri sidosryhmien välillä sekä pitkäjänteinen suunnittelu ja investoinnit ovat avainasemassa haastattelujen perusteella. Paikallisten viranomaisten, yritysten ja kolmannen sektorin toimijoiden tiivis yhteistyö on välttämätöntä, jotta lentokenttäinfrastruktuuri voidaan kehittää vastaamaan sähköisen lentämisen tarpeita.

Matkailun ja liiketoiminnan näkökulma nähtiin tärkeinä sähköisen lentoliikenteen kehittämisen ajureita. Esimerkiksi Lapin matkailu nähdään potentiaalisena kohteena sähköiselle lentoliikenteelle, erityisesti talvimatkailun osalta. Lisäksi haastatteluissa nousi näkökulma liiketoimintamahdollisuuksia ja tarpeelle liikkuvuudelle erityisasiantuntijoiden toimesta syrjäisillä alueilla.

Vaikka tutkimuksessa ei oteta enempää kantaa droneihin tai eVTOL-koneisiin (electric vertical take-off and landing), monet maakunnat näkevät sähköisen lentämisen kasvavan roolin logistiikan saralla. Sähköisten lentokoneiden ei odoteta sinänsä ratkaisevan logistisia haasteita, mutta droneilla ja eVTOL-koneilla nähtiin olevan mahdollisesti merkittävä rooli tulevaisuudessa. Niiden uskotaan luovan uusia liiketoimintamahdollisuuksia erityisesti logistiikka-alalla. Erityisesti pienemmät lentokentät nähdään nopeiden ja luotettavien yhteyksien tarjoajina, mikä voi kannustaa yritystoiminnan kasvua ja alueellista kehitystä.

#### **5.1.4 Infrastrukturi**

Useat maakunnat korostavat lentokenttien olemassa olevan infrastruktuurin merkitystä sähköisen lentämisen kehittämisessä. Lentokentät, joilla on jo valmiiksi hyvät puitteet sekä siviili- että sotilasilmailulle, nähtiin potentiaalisina paikkoina uusien lentoliikenteen innovaatioiden toteuttamiselle. Vastauksissa kuitenkin korostui Finavian ylläpitämät kentät valmiina toimipaikkoina. Samalla nousi tarve kehittää infrastruktuuria, kuten latauspisteitä, sähköisen lentoliikenteen mahdollistamiseksi. Tämä edellyttää yhteistyötä ja investointeja niin maakunnallisella kuin kansallisellakin tasolla.

Jotkin maakunnat ovat jo ryhtyneet toimenpiteisiin sähköisen lentämisen infrastruktuurin kehittämiseksi, kuten latauspisteiden asentamiseksi ja lentokenttien modernisoinniksi. Lisäksi haastatteluissa nousi esiin tarve kehittää liikenneväyliä ja infrastruktuuria tukemaan sähköisen lentämisen käyttöönottoa, joka toisaalta viittaa tarpeeseen investoida lentokenttiin, lentokoneratojen pidennyksiin ja muihin infrastruktuuriprojekteihin. Investointihalukkuus oli kuitenkin maltillista, ja haastatteluista syntyi tämän osalta hyvin harkitseva kuva.

Eryteisesti matkaketjujen luominen sähköisen lentämisen edistämiseksi koettiin tärkeäksi, sillä kentille pääsyn tulisi olla mahdollista myös julkisilla kulkuvälineillä. Ne kentät, joiden läheisyydessä oli esimerkiksi junarata, oli aiota pohdintaa siitä, tulisiko rataa hyödyntää kentälle pääsemiseksi.

#### **5.1.5 Kestävyys**

Haastateltavat odottavat sähkökäyttöisistä lentokoneista ekologisesti kestävämpää tapaa liikkua. Liikenteen sähköistyminen nähtiin hyvänä kehityskulkuna ja varsinkin lentoliikennealalla, joka perinteisesti on ollut liikkumismuodoista kestävämmintä. Vähentyneet päästöt ja parempi energiatehokkuus voivat auttaa ilmailualaa saavuttamaan hiilineutraaliustavoitteita ja vähentämään lentoliikenteen

ilmastovaikutuksia. Kestävyys nousi esiin myös maakuntien yhtenä tärkeimpänä ajurina siinä, että sähköisen lentoliikenteen edistäminen oli kirjattu vuoden 2023 hallitusohjelmaesityksiin.

Vaikka sähköinen lentäminen itsessään koettiin ekologisesti kestäväksi vaihtoehdoksi, nousi haastatteluissa lentokenttien kehittäminen, jossa korostettiin kestävä kehityksen periaatteiden huomioimista. Lentomelun hallinta, ympäristövaikutusten minimointi ja kestävien matkaketjujen luominen ovat keskeisiä tekijöitä lentokenttäsuunnittelussa. Vaikutus liikennejärjestelmään voi tulla myös kestävyiden kautta, kun keskipitkillä matkoilla saadaan uusi ekologisesti kestävä vaihtoehto. Eri ilmastotavoitteiden myötä lentoliikenteeseen kohdistuu painetta muuttua ekologisemmaksi. Myös yleinen mielipideilmasto kotimaan lentoja kohtaan on ollut negatiivinen, joka myös nousi keskusteluihin yhtenä muutosta kiihdyttävänä tekijänä.

## 6 Analyysi

Analyysivaiheessa haastatteluiden tuloksia peilataan teoreettiseen viitekehykseen, sekä Suomen kontekstiin. Analyysin jälkeen siirrytään johtopäätöksiin, joissa summataan analyysi vastaamaan napakasti tutkielmalle esitettyihin tutkimuskysymyksiin.

Aiemmin tutkielmassa esiteltyä Geelsin (2002) monitasoista näkökulmaa hyödyntäen sähköistä lentämistä voidaan arvioida ja tarkastella mahdollisena hiililukkiutumana purkajana. Analyysissä tarkastellaan MLP-teorian korostamaa kolmea tasoa: mikrotasoa eli sähköistä lentämistä innovaationa, mesotasoa, eli liikennejärjestelmää ja sen toimijajoukkoa sekä makrotasoa, eli toimintaympäristöä. Näiden avulla tuodaan sähköinen lentäminen Suomen kontekstiin ja arvioidaan siihen liittyviä mahdollisuuksia ja toisaalta myös haasteita nykyisen fossiilisiin polttoaineisiin nojaavan lentoliikennejärjestelmän uudelleenmuotoilussa.

Sähköinen lentäminen on alkanut innovaationa, joka on syntynyt pienten kokeilujen ja kokeellisten hankkeiden kautta. Esimerkiksi Suomessa Vaasan seudulla sekä Pyhtäällä on oltu erityisen kiinnostuneita sähköisestä lentämisestä ja pyritty edistämään tämän innovaation leviämistä. Suomessa ei ole niinkään ollut merkittävää panostusta itse sähkölentokoneiden kehitykseen, vaan kehitystoimet ovat pyrkineet ymmärtämään tulevan innovaation vaateita niin lakitasolla kuin alueilla. Tämän vuoksi

Tutkielmassa on haastateltu kiinnostusta osoittaneiden maakuntien edustajia liittyen odotuksiin, mitä sähköinen lentäminen tarkoittaa maakunnan kannalta. Maakunnat edustavat tutkimuksessa mesotason toimijoita, sillä maakunnat ovat yksi liikennejärjestelmän kannalta oleellisimmista toimijoista. Jotta tutkielman innovaatio eli sähköinen lentokone voisi vallata markkinoita ja vakiinnuttaa asemaansa liikennejärjestelmässä, on sen jossain määrin vastattava siihen kohdistettuihin odotuksiin. Pelkkä implementointi liikennejärjestelmään ei kuitenkaan riitä, vaan vakiinnuttaminen edellyttää myös makrotason, eli toimintaympäristön muutosta.

## **6.1 Aluetasojen toimijoiden rooli lentoliikenteen hiililukkiutuman purkamisessa**

Kuten teoriaosuudessa käydään läpi, Geelsin (2002, s. 1263) sosioteknisellä mesotasolla käsitetään teollisuus, käytännöt, tiede, säännöt ja ohjeet sekä kulttuuri ja teknologia. Tämän tutkielman kontekstissa mesotaso kuvastaa liikennejärjestelmää, ja tutkielmaa varten haastatellut maakuntien liikennejärjestelmän asiantuntijat ovat yksi merkittävä mesotason muokkaaja Suomessa.

Jotta sähköinen lentäminen voi vakiinnuttaa asemansa liikennejärjestelmässä, tulee sen pystyä muokkaamaan tai sopeutumaan liikennejärjestelmän vaatimukseen. (Geels, 2002, s. 1261–1262) Liikennejärjestelmä, eli mesotaso, koostuu sääntöjen ja tapojen joukosta, jota muokkaavat useat eri toimijat. Tämän tutkielman kannalta on olennaista tunnistaa eri hallinnon tasot mesotason toimijoiksi, jotka muokkaavat alueellista sääntökokonaisuutta. Innovaation leviämisen kannalta on huomattavaa, että liikennejärjestelmän muutoksen mahdollistavien tahojen tulee olla jollain tavalla vaikutuksessa innovaation kanssa. Innovaation täytyy pystyä vaikuttamaan regulaatioon, aluesuunnitteluun, ihmisten toimintatapoihin, kulttuuriin ja täten vallitsevaan mielipideilmastoon. Uuden innovaation yrittäessä murtautua markkinoille eri aluetasojen edustajien tulisi olla tietoisia sen tarkemmista mahdollisuuksista mutta myös vaatimuksista. Sähköinen lentäminen vaatii muutoksia vallitsevaan liikennejärjestelmään ja regulaatioon, jotta sillä olisi edes mahdollista toimia.

Sähköisen lentämisen kontekstissa tämä tarkoittaa sitä, että relevanttien viranhaltijoiden, poliitikkojen, yritysten ja myös kolmannen sektorin toimijoiden tulee olla hyvä ymmärrys sähköisestä lentämisestä. Jos uuden innovaation kaikkia ominaisuuksia ei ymmärretä oikein, tai niitä peilataan liikaa vanhaan järjestelmään, saattaa innovaation mahdollisuus vakiinnuttaa asemaansa mesotasolla vaikeutua. Hiililukkiutuma voi siis näyttäytyä myös vaikuttavien tahojen ajatuksien lukkiutumisenä vanhoihin uskomuksiin tai ennakkoletuksiin. Sähköistä lentämistä saatetaan helposti ajatella samankaltaisena järjestelmänä kuin nykyistä lentoliikennejärjestelmää. Järjestelmissä on kuitenkin

huomattavia eroja esimerkiksi teknisissä seikoissa, lentokentän vaatimuksissa, käytön hinnassa ja soveltuvuudessa. Sähköisen lentämisen lentokentät voisivat esimerkiksi mahdollisesti sijaita lähempänä keskustoja johtuen koneen hiljaisemmasta äänestä. Kuitenkin kentän sijoittelussa ei vielä välttämättä täysin nähdä mahdollisia kehityskulkuja ja uskalleta ajatella niitä perinteisen lentojärjestelmän kannalta boksen ulkopuolelta.

Samalla liikennejärjestelmään liittyvien toimijoiden tiedon puute voi vaikuttaa myös itse innovaation kehittämisen epäonnistumiseen. Geels esittää (2002) tiedon ja vaikutusten kulkevan kahteen suuntaan, jonka vuoksi liikennejärjestelmään liittyvillä toimijoilla olisi myös mahdollista olla aktiivisempi osapuoli innovaation kehittämisessä ja näin muokata sitä sopivammaksi alueen tai käyttäjän tarpeisiin.

Aikaisemmassa tutkimuksessani, *Electric Aviation as a Disruptive Innovation* (Ampuja 2021), päädyin tulokseen, jossa sähköisellä lentämisellä todettiin olevan mahdollisuus olla nykyistä järjestelmää heilauttava innovaatio. Sähkölentämisen nähtiin olevan lentoliikennejärjestelmälle muuttava voima Suomessa, sillä tämänhetkinen kotimaanlentoliikenne on ollut suurissa ongelmassa. Parantunut tarjonta, nopeammat matka-ajat tietyillä reiteillä ja kilpailukykyinen hinta ovat tekijöitä, joilla on mahdollisuus muokata nykyistä Helsinki-Vantaan kautta kulkevaa kotimaanlentoliikennettä kohti kaupunkien välisten suorien lentojen aikaa.

Haastatteluissa lentoreittien kannalta tärkeimmiksi nähtiin Helsinkiin suuntaavat reitit, josta matkustajat voivat tarvittaessa jatkaa ulkomaille. Nimenomaan ulkomaanlinkki nähtiin haastatteluissa tärkeänä, sillä se tuo alueelle paremman saavutettavuuden yritysten näkökulmasta. Haastatteluissa useat maakuntien liikennejärjestelmäasiantuntijat näkivätkin sähköisen lentämisen pikemminkin korvaavana kuin täydentävänä osana nykyistä liikennejärjestelmää. Yhteinen konsensus oli se, että sähköisellä lentämisellä on potentiaalia korvata osa nykyisistä liikennemuodoista, erityisesti lentoliikenteen osalta. Joillain alueilla sähköisellä lentämisellä nähtiin mahdollisuus toimia liikennejärjestelmää täydentävänä osana. Tässä

korostuivat pienet alueet, joiden saavutettavuus on nykyisellään heikko. Pienemmät lentokentät voivat nousta merkittävämpään rooliin, mahdollistaen edullisemman lentämisen ja parantaen alueiden saavutettavuutta.

Haastatteluista nousi esiin tähän liittyen vielä hyvin maltilliset ja perinteiset näkemykset lentokenttien paikoista, roolista ja mahdollisista lentoreiteistä. Uusia lentoreittejä pohdittiin useissa maakunnissa pitkälti nykyisten reittien pohjalta, ja esiin nousi edes nykyisen palvelutason ylläpito ja turvaaminen. Maakuntien kannalta tämä on ehdottomasti hyvä tavoite, mutta innovaation kannalta se ei vielä välttämättä riitä haastaakseen yhteiskunnassa vallalla olevaa TICiä. Sähköinen lentäminen pelkästään polttomoottorit korvaavana innovaationa ei ole välttämättä yhtä houkutteleva, kuin uusi varteenotettava kilpailija juna- ja linja-autoliikenteelle.

Suomen lentoliikennejärjestelmä on järjestetty pitkälti Hub-and-Spoke mallin mukaisesti, lukuun ottamatta muutamia satunnaisia kotimaanreittejä, jotka tavallisesti ovat sesonkiluonteisia. Sähköisellä lentämisellä olisi mahdollisuus muokata tätä kohti Point-to-Point tyyppistä järjestelmää, mutta useiden sähköisestä lentämisestä kiinnostuneiden maakuntien nykyinen odotus sähköiseltä lentämiseltä on enneminkin ylläpitää nykyistä palvelutasoa kotimaan lennoilla, joka on viime vuosina vaarantunut kannattamattomuuden vuoksi. Osa maakunnista kuitenkin tunnisti kiinnostavia lentoreittejä myös Suomessa, mutta nykyisen mallin mukaisesti nämä reitit usein suuntautuivat Lappiin talvisesonkiaikoina.

Tarvetta laajalle muutokselle kotimaan lentoliikenteessä ei siis nähty kriittiseksi, osittain hyvän raideverkoston vuoksi, joka monilla alueilla takaa pääsyn nopeammin määränpäähän kestävästi sähköiseen lentämiseen verrattuna. Oletettavasti maakuntien pk-yritysten kannalta relevanteimmat yhteistyökumppanit ovat löytyneet tai sijoittuneet lähialueille, jonka vuoksi sähköinen lentoliikenne ei tarjoa merkittävää etua kotimaan työmatkoilla. Työelämän muutos ja monipaikkaisuus voivat vaikuttaa tähän tulevaisuudessa varsinkin alueilla, jotka eivät pysty kilpailemaan niinkään työpaikkojen

sijoittumisesta vaan ennemmin työvoiman saamisesta alueelle. Alueen saavutettavuuden parantaminen sähköisen lentämisen avulla saattaa muuttua tällöin kilpailuvalteiksi pienemmille paikkakunnille. Sähköisen lentämisen odotettiin vaikuttavan eniten alueiden saavutettavuuteen ja monesti esiin nousivat juuri kansainväliset yhteydet, jotka linkittyminen Helsinki-Vantaan lentokenttään pystytään turvaamaan. Saavutettavuuden lisäämisen odotettiin parantavan alueen houkuttelevuutta yrityksiä kannalta.

Kaikissa maakunnissa sähköisestä lentämisestä ei odotettu muodostuvan jokapäiväistä liikkumistapaa, vaan ennemminkin hintansa vuoksi siitä odotettiin liikkumisvälinettä lähinnä työmatkoihin ja pohjoiseen suuntaaville kotimaan reiteille myös hyvätuloisille turisteille. Oletus sähköisestä lentämisestä vain työmatkoihin tai varakkaille sopivana liikennemuotona vaikuttaa mahdollisesti mesotason toimijoiden asenteisiin myös sen implementoinnissa alueelle. Toisaalta nämä ryhmät ovat maakuntien kannalta hyvin kiinnostavia, mutta oletus poissulkee suurimman käyttäjäpotentiaalin. Täten se voi vaikuttaa negatiivisesti maisematason muutokseen ja mielipideilmaston muokkaamiseen. Jos suunnitelmaa toteutetaan käyttäjälähtöisesti, ei siitä näillä alkuoletuksilla välttämättä pysty tulemaan liikennejärjestelmää horjuttavaa innovaatiota. Toisaalta on perusteltua odottaa, että sähköinen lentäminen tulee olemaan ainakin alkuvaiheessa hintansa vuoksi tarjolla vain rajatulle joukolle. Tällä hetkellä ei ole kuitenkaan mitään esteitä sille, etteikö hintaa voitaisi alentaa esimerkiksi automatisoimalla ohjausta, jolloin haastatteluissakin noussut yhden pilotin malli voisi toteutua. Julkisessa liikenteessä suurimmat kulut kuitenkin usein tulevat henkilöstökustannuksista.

Haastatteluista nousi esille asenteet lentoliikennettä kohtaan myös alueellisesti, johon saattavat haastattelujen perusteella vaikuttaa muutkin asiat kuin globaalit ilmiöt (makrotaso). Esimerkiksi tietyillä alueilla lentokenttää pidettiin suuremmassa arvossa, sillä se nähtiin linkkinä ulkomaille ja näin alueen yrityksiä ja taloutta edistävänä asiana. Toisaalta aikaisemmat epäonnistumiset lentokentän kanssa saattavat vaikuttaa

edelleenkin mesotason toimijoiden asenteisiin lentoliikennettä kohtaan. Voikin ajatella, että alueen historia vaikuttaa omalla painollaan lentoliikenteen kiinnostavuuteen joko sitä edistämällä tai hidastamalla. Kokemukset aikaisemmasta liikennejärjestelmästä ja polttomoottorikoneilla tehdyistä lennoista siis vaikuttaa siihen, halutaanko sähköiselle lentämiselle antaa mahdollisuutta. Tämän voi olettaa kuitenkin olevan suurempi haaste innovaation vasta murtautuessa markkinoille, mutta vakiinnuttaessaan asemansa muiden kaupunkien kokemukset voivat toimia rohkaisevana esimerkkinä. Näin on käynyt esimerkiksi raitiotien kehityksen kanssa Suomessa, jossa Tampereen onnistumisen jälkeen monet kaupungit ovat lähteneet edistämään omaa kaupunkiraidehankettaan.

Valtion rooli nousee sähköisen lentämisen mahdollistamisessa avainasemaan, kuten Geels (2002) on myös pohdinnoissaan esittänyt. Sähköiseen lentämistä ohjaavat dokumentit ovat pitkälti vaateita kehittää liikennettä kestävämmäksi sitä optimoiden ja sähköistään. Regulaation näkökulmasta valtion rooli on pienentynyt 2000-luvulla, kuten Traficom (2022) huomauttaa. Regulaatiota ohjaavat suurilta osin kansainväliset toimijat kuten EASA ja ICAO. Uuden innovaation tuleminen on kuitenkin huomioitu, ja uutta regulaatiota ollaan kehittämässä. Nykyisellä regulaatiolla ei sähköiset lentokoneet voi vielä operoida. Valtion keinovalikoimaan kuuluu siis lähinnä liikenteen päästötavoitteiden asettaminen ja niitä edistävien hankkeiden, tutkimuksen ja yritystoiminnan tukeminen.

Valtio voi toimia sekä meso- että makrotasolla, sen rooli ja vaikutus voivat olla monimutkaisia ja vaihtelevia. Toisaalta valtion politiikka voivat luoda suotuisan ympäristön uusille innovaatioille, kuten sähkölentokoneille, tukemalla tutkimusta ja kehitystä, tarjoamalla taloudellisia kannustimia ja asettamalla päästötavoitteita. Näillä toimilla valtio voi kannustaa liikennealan toimijoita siirtymään kohti kestävämpiä vaihtoehtoja ja edistää siten sähkölentokoneiden leviämistä. Toisaalta valtion päätökset ja politiikka voivat myös aiheuttaa esteitä uusille innovaatioille. Esimerkiksi tiukat tai puutteelliset sääntelyvaatimukset tai infrastruktuurin puute voivat hidastaa sähkölentokoneiden käyttöönottoa ja rajoittaa niiden menestystä markkinoilla. Lisäksi

poliittiset intressit ja taloudelliset paineet voivat vaikuttaa siihen, miten valtio suhtautuu uusiin innovaatioihin ja millaisia päätöksiä se tekee niiden tukemiseksi tai rajoittamiseksi. Valtion roolin sähkölentokoneiden kehittämisessä ja käyttöönotossa voidaankin nähdä olevan monitahoinen ja riippuvan monista eri tekijöistä, kuten esimerkiksi poliittisista, taloudellisista, sosiaalisista ja ympäristötekijöistä.

Turistit olivat työmatkaliikenteen ohella toinen potentiaalinen matkustajaryhmä, joka tunnistettiin kaikissa haastatteluissa. Matkailun ja liiketoiminnan näkökulma koettiin tärkeinä puhuessa sähköisen lentämisen kehittämistä ja tulevaisuudesta. Maakunnat eivät niinkään tunnistanee omaa maakuntaa erityisen kiinnostavaksi turismin kannalta, mutta keskusteluissa nousi esiin esimerkiksi lappiin suuntautuvan liikenteen parannuksen tarve. Kysyttäessä mahdollisuudesta sijoittaa uutta lentokenttää oman maakunnan alueelle, ei tälle lähtökohtaisesti nähty erityistä tarvetta, sillä jo olemassa olevat korpikentät nähtiin sopivammaksi kehityskohteeksi kuin täysin uusi kenttä. Jos uusi kenttä olisi kuitenkin sijoitettava johonkin, nousi haastatteluissa mahdolliset turistikohteet esille. Uusien lentokenttien perustamiseen ei siis maakunnissa löydy laajaa kiinnostusta, vaan pikemminkin nykyisten korpikenttien kehittämismahdollisuudet nähdään kiinnostavina tulevaisuuden näkökulmasta. Nykytilanteeseen kenttien sijoittumisen ja määrän suhteen ollaan pääsääntöisesti tyytyväisiä.

Haastatteluissa nostettiin esiin vallitseva mielipideilmasto, jossa varsinkin kotimaanlentoja saatetaan paheksua. Negatiivinen mielipide kotimaan lentoja kohtaan voi nähdä yhdeksi tekijä kiihdyttäväksi tekijöistä muutoksessa kohti ekologisesti kestävämpiä vaihtoehtoja. Tämä heijastaa yhteiskunnallista painetta ja odotuksia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Tämän perusteella voidaankin pohtia sitä, onko muutos makrotasolla jo pidemmällä kuin mitä se on mikro- ja mesotasolla. Lähtökohtaisesti makrotason muutos kestää kauiten, mutta sähköisessä liikenteessä maisemataso vaikuttaisi olevan valmiimpi muutoksen kuin alemmat tasot. Tämä voi johtua siitä, että sähköinen lentäminen lokeroidaan helposti samaan kastiin muun

sähköisen liikumisen kanssa, joka on jo vakiinnuttanut asemansa osaksi liikennejärjestelmää ja käyttäjien mieltymyksiä.

Haastattelujen perusteella on selvää, että monilla maakunnilla on tiedostettu lentokenttien olemassa olevan infrastruktuurin merkitys sähköisen lentämisen kehittämisessä. Erityisesti ne lentokentät, joilla on jo valmiiksi hyvät puitteet, nähdään potentiaalisina paikkoina sähkölentämisen implementoinnille. Samalla korostuu tarve kehittää lisäinfrastruktuuria, kuten latauspisteitä, jotta sähköinen lentoliikenne voi käynnistyä ja toimia tehokkaasti. Tämä edellyttää yhteistyötä ja investointeja sekä maakunnallisella että kansallisella tasolla. Haastatteluista oli myös aistittavissa, että suhtautuminen maakuntien lentokenttiin on muuttunut tulevaisuusnäkömyötä, joka voi helpottaa investointien saamista tulevaisuudessa.

Haastatteluista kävi ilmi, että jotkin maakunnat ovat jo ryhtyneet toimenpiteisiin lentokenttäinfrastruktuurin kehittämiseksi. Kenttien kehityksessä haastatteluissa nousi kestävä kehityksen arvoja. Lentomelun hallinta, ympäristövaikutusten minimointi ja kestävien matkaketjujen luominen nähtiin keskeisinä tekijöitä lentokenttäsuunnittelussa. Useammassa haastatteluissa nousikin esiin tarve kehittää myös muita liikenneväyliä ja infrastruktuuria tukemaan sähköisen lentämisen käyttöönottoa. Liikennejärjestelmän on myös tuettava omalta osaltaan kenttien saavutettavuutta ja integraatiota palvelukeskittyymiin. Haastatteluissa tuotiinkin esiin siirtymiset kentälle ja investointien tarve infrastruktuurin kehittämiseen haasteena maakunnille ja muille toimijoille.

Näin voidaan ajatella, että sähköinen lentoliikenne on jo alkanut vaikuttamaan makro- ja mesotason toimijoihin. Valtio ja kansainväliset ilmailualan sääntelijät ovat heränneet vallitsevan regulaation muutostarpeisiin ja toisaalta hiililukkiutumana poistamisen edellytyksiin. Mesotasolla maakunnat ovat alkaneet ottamaan sähköistä lentämistä huomioon strategisen suunnittelun tasolla, joka on johtanut jo paikallisesti niin lentokenttien investointeihin kuin niiden roolien uudelleenmäärittelyyn.

Vaikka haastatteluissa ei oteta enempää kantaa drooneihin tai eVTOL-koneisiin, monet maakunnat näkevät sähköisen lentämisen kasvavan roolin logistiikan saralla. Droonien ja eVTOL-koneiden uskotaan voivan luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia erityisesti logistiikka-alalla. Pienemmät lentokentät nähdään tässä kontekstissa nopeiden ja luotettavien yhteyksien tarjoajina, mikä voi kannustaa yritystoiminnan kasvua ja alueellista kehitystä. Tämä viittaa siihen, että sähköinen lentäminen voi edistää alueellista kehitystä ja taloudellista kasvua monipuolisilla tavoilla, jotka ulottuvat matkailusta ja liiketoiminnasta logistiikkaan.

## 7 Johtopäätökset

### 7.1 Yhteenveto

Yhteenvedossa koostetaan analyysikappaleen tulokset vastaamaan selkeästi tutkielman tutkimuskysymyksiin.

T.1 Mikä on maakuntien ja valtion rooli lentoliikenteen hiililukkiutuman purkamisessa?

Maakuntien rooli vaikuttaa olevan erityisen tärkeä hiililukkiutuman purkamisessa. Ne edustavat mesotason toimijoita, joilla on suora vaikutus liikennejärjestelmän kehittämiseen alueellisella tasolla ja täten mahdollisuus edesauttaa innovaation, eli sähköisen lentämisen implementoinnissa osaksi vallitsevaa liikennejärjestelmää. Liikennejärjestelmätoimijoiden ymmärrys innovaatiosta ja sen mahdollisuuksista on merkittävää, jotta odotukset ja enakoivat toimet, kuten liikennejärjestelmien suunnittelu ja vallitsevien tavoitteiden asettaminen ovat mahdollisia ja sähköisen lentämisen implementointia edistäviä.

Maakuntien toimet ovat kuitenkin täysin riippuvaisia siitä, että toimintaympäristö muuttuu sähköiselle lentämiselle mahdolliseksi. Tässä taas valtion rooli on keskeisempi, sillä valtion ajama politiikka voi luoda suotuisan ympäristön uusille innovaatioille tukemalla tutkimusta ja kehitystä, tarjoamalla taloudellisia kannustimia ja asettamalla päästötavoitteita. Lisäksi valtion tulee osallistua kansainväliseen regulaation kehittämiseen, jotta sähköinen lentäminen voi toimia tehokkaasti ja laajamittaisesti. Monet regulaatioon liittyvistä pullonkauloista on yksittäisen valtion vaikuttamisen ulkopuolella, jonka vuoksi valtion roolina on toimia aktiivisena vaikuttajana esimerkiksi EU:n suuntaan.

T.2 Mitä alueelliset toimijat odottavat sähköiseltä lentämiseltä ja mitkä ovat sen edistämismahdollisuuksiin vaikuttavat tekijät?

Alueellisten toimijoiden odotukset sähköiseen lentämiseen vaihtelivat alueen tarpeiden ja nykytilan mukaan. Yhdistäviä tekijöitä kuitenkin löytyi useita, joista eniten keskusteluissa nousi esiin saavutettavuuden parantaminen. Saavutettavuuden vaikutukset nähtiin läpileikkaavana useaan eri teemaan, kuten alueiden houkuttelevuuteen, yrityksiensä menestymiseen ja kansainvälistymiseen sekä turismin edistämiseen. Saavutettavuus nähtiin kuitenkin paranevan juuri maakunnan tasolla, mutta maakunnan sisäiseen saavutettavuuteen ei nähty vastaavanlaista potentiaalia. Maakuntien liikennejärjestelmän tulee mukautua uuteen tarpeeseen, jotta saavutettavuus myös lentokentille paranee muodostaen uusia matkaketjuja.

Kaikkien vastaajien keskuudessa kestävyys nousi esille kuitenkin tärkeimpänä seikkana. Sähköinen lentoliikenne koettiin mahdollisuudeksi muokata liikennejärjestelmää kestävämmäksi ja yhtenä vastaukseksi päästötavoitteisiin.

Analyysin perusteella voidaan todeta, että sähköinen lentäminen on jo alkanut vaikuttaa makro- ja mesotason toimijoihin Suomessa. Valtio ja kansainväliset ilmailualan sääntelijät ovat heränneet tarpeeseen muuttaa regulaatiota ja edistää hiililukkiutumana poistamista. Maakunnat puolestaan ovat alkaneet ottaa sähköisen lentämisen huomioon strategisessa suunnittelussaan ja investoida lentokenttäinfrastruktuuriin kehittämiseen. Tämä osoittaa, että sähköinen lentäminen ei ole vain tulevaisuuden visio, vaan sillä on jo konkreettisia vaikutuksia eri toimijoiden päätöksentekoon ja toimintaan.

Vaikka sähköinen lentäminen nähdään potentiaalisena innovaationa useilla tasoilla, haastatteluista käy ilmi myös haasteita ja ristiriitaisia odotuksia. Esimerkiksi sähköisen lentämisen odotetaan korvaavan osan nykyisistä liikennemuodoista, erityisesti lentoliikenteessä, mutta samalla odotukset uusien lentoreittien ja lentokenttien suhteen eivät ole kovin korkealla, joka saattaa ylläpitää vallitsevaa hiililukkiutumaa. Lisäksi on havaittavissa, että mielipideilmasto lentoliikennettä kohtaan voi vaikuttaa sähköisen lentämisen hyväksyttävyyteen ja menestykseen eri alueilla.

## 7.2 Jatkotutkimusaiheet

Tämän tutkielman perusteella olisi oleellista tutkia tarkemmin muiden mesotason toimijoiden suhdetta sähköiseen lentämiseen. Paremman ymmärryksen luomiseksi olisi hyvä syventyä maakuntatasolta myös kuntatasolle, ja tutkia heidän mahdollisesti spesifimpiä tarpeitansa sähköiseltä lentoliikenteeltä. Kuntatasolla olisi myös hyödyllistä tutkia lentokenttien parempaa kytkemistä osaksi paikallista liikennejärjestelmää ja luoda kestäviä matkaketjuja, jotka nousivat maakuntien liikennejärjestelmäasiantuntijoiden haastatteluissa esille.

Näin ollen maakuntien odotukset vaikuttavat olevan realistisia sähköistä lentämistä kohtaan ja linjassa siihen nähden mitä reunaehtoja nykyisellä tietämyksellä sähköisessä lentämisessä on. Sen sijaan sähköisen lentämisen potentiaalia ei täysin tunnisteta, sillä monet oletukset ja odotukset ovat vielä sidottuja nykyiseen lentoliikennejärjestelmään, joka kuitenkin eroaa huomattavasti sähköisen lentämisen luomista mahdollisuuksista.

## Lähteet

- Abbas, R. & Michael, K. (2023). Socio-Technical Theory: A review. teoksessa S. Papagiannidis (Toim.), *TheoryHub Book*. Noudettu 6.5.2024 osoitteesta <https://open.ncl.ac.uk/theory-library/socio-technical-theory.pdf>
- Baumeister, S. & Abraham, Leung & Tim, Ryley, (2020). The emission reduction potentials of First Generation Electric Aircraft (FGEA) in Finland. *Journal of Transport Geography*, volyymi 85.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using Thematic Analysis in Psychology. *Qualitative Research in Psychology*, volyymi 3(2), 77–101. *Qualitative Research in Psychology* 3(2).
- Buyten, S. (2023). Changing attitudes to flying. A dynamic approach to Q methodology to explore changes in air travel attitudes in The Netherlands. [Pro gradu tutkielma, Delftin teknillinen yliopisto]
- Bryman, A. (2012). Social research methods.
- Elo, S. & Kyngäs, H. (2008). The qualitative analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, volyymi 62 (1), 107–115.
- Etelä-Pohjanmaan liitto, (2023). Hallitusohjelmataavoitteet 2023–2027. Noudettu 6.5.2024 osoitteesta <https://epliiitto.fi/maakunnan-edunvalvonta/hallitusohjelmataavoitteet>
- Eurostat, (2024a) Air transport of passengers by country (yearly data) [ttr00012]. Noudettu 27.4.2024 osoitteesta [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ttr00012/default/table?lang=en&category=t\\_avia](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ttr00012/default/table?lang=en&category=t_avia)

- Eurostat, (2024b). Air transport of passengers by airport and type of transport (monthly data) [ttr00017]. Noudettu 27.4.2024 osoitteesta [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ttr00017/default/table?lang=en&category=t\\_avia](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ttr00017/default/table?lang=en&category=t_avia)
- Finavia, (2023). Vuosi- ja vastuullisuusraportti 2023. Saatavilla: [https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia\\_2023\\_Vuosi-ja-vastuullisuusraportti.pdf](https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia_2023_Vuosi-ja-vastuullisuusraportti.pdf). Noudettu 4.5.2024 osoitteesta
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, volyymi 31, 1257–1274.
- Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, volyymi 1, (1), s. 24–40.
- Geels, F. W. (2012). A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. *Journal of Transport Geography*, volyymi 24, s. 471–482.
- Grimme, W. & Jung, M., (2018). Towards more sustainability? – The development of aviation emissions from Germany between 1995 and 2016. Teoksessa: *Proceedings in the 22nd Air Transport Research Society World Conference in Seoul/Korea*.
- Heart Aerspace, (2023). Heart Aerospace and US charter carrier JSX sign LOI for up to 100 ES-30 airplanes. Noudettu 7.5.2024 osoitteesta

<https://heartaerospace.com/newsroom/heart-aerospace-and-us-charter-carrier-jsx-sign-loi-for-up-to-100-es-30-airplanes/>

Heart Aerospace, (2024). Learn more about the ES-30. Noudettu 7.5.2024 osoitteesta

<https://heartaerospace.com/es-30/>.

Lecca, T., (19.1.2024). Why electric aircraft may never be the next big thing. Politico.

Noudettu 2.5.2024 osoitteesta <https://www.politico.eu/article/electric-aircraft-emissions-aviation-pipistrel/>

Keski-Pohjanmaan liitto, (2023). Keski-Pohjanmaan liiton hallitusohjelmataavoitteet

2023–2027. Noudettu 6.5.2024 osoitteesta [https://www.keski-pohjanmaa.fi/dl/1413/33aacc/KPL\\_Hallitusohjelmataavoitteet%202023-2027%2021112022%20%28ID%2014969%29.pdf](https://www.keski-pohjanmaa.fi/dl/1413/33aacc/KPL_Hallitusohjelmataavoitteet%202023-2027%2021112022%20%28ID%2014969%29.pdf)

Keski-Suomen liitto, (2023). Yhteistyön Keski-Suomi – hyvinvoinnin rakentaja. Noudettu

6.5.2024 osoitteesta <https://keskisuomi.fi/wp-content/uploads/2023/04/Keski-Suomen-hallitusohjelmataavoitteet.pdf>

Pohjanmaan liitto, (2023). Sähköisen lentoliikenteen edellytysten edistäminen;

Noudettu 6.5.2024 osoitteesta <https://www.obotnia.fi/assets/Quicklinks/2023/02/Forslag-till-regeringsprogrammet-2023-2027.-Hallitusohjelmaesitykset-2023-2027..pdf>

Päijät-Hämeen liitto, (2022). Päijät-Hämeen liiton tavoitteet hallitusohjelmaan 2023–

2027. Noudettu 6.5.2024. [https://paijat-hame.fi/wp-content/uploads/2022/06/20220613\\_MKH\\_Hallitusohjelmataavoitteet\\_2023\\_ekvaalit\\_long\\_version.pdf](https://paijat-hame.fi/wp-content/uploads/2022/06/20220613_MKH_Hallitusohjelmataavoitteet_2023_ekvaalit_long_version.pdf).

Lentopaikat (2024): Noudettu 1.5.2024 osoitteesta <https://lentopaikat.fi/>

Mansikka, H., (30.10.2023). Yle. Air Baltic avaa talvikaudeksi neljä uutta lentoreittiä

Tampere-Pirkkalan lentoasemalta. Noudettu 9.5.2024 osoitteesta

<https://yle.fi/a/74-20057618>

Marti L. Puertas R., Calafat C. (2015). Efficiency of airlines: Hub and Spoke versus Point-

to-Point. *Journal of Economic Studies*, volyymi 42 (1), s. 157–166.

Ropohl, G. (1999). Philosophy of Socio-Technical Systems. *PHIL & TECH*, s. 186–187.

Saunders, M. Lewis, P. Thornhill, A. (2015). Research methods for business students.

Stat, (2024). Lentoliikenteen matkustajamäärä kasvoi vuonna 2023 viidenneksen,

Pohjois-Suomen lentokentillä vilkasta. Noudettu 29.4.2024 osoitteesta

<https://www2.tilastokeskus.fi/uutinen/lentoliikenteen->

matkustajamaara-kasvoi-vuonna-2023-viidenneksen-pohjois-suomen-

lentokentilla-vilkasta

Syke, (2022). Maakuntien rooli ja vaikuttavat ilmastotoimet hiilineutraalin Suomen

saavuttamiseksi. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja*, volyymi 11.

Noudettu 10.5.2024 osoitteesta

<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/cc528554-7311->

446f-b858-4a8ff7ddfad7/content

Swedavia (2024). The change is already underway. Noudettu 4.5.2024 osoitteesta

<https://www.swedavia.com/the-change-is-already-underway/>

Traficom, (2022A). Sähköinen lentäminen Suomessa: Edellytykset, mahdollisuudet ja

kehitysnäkymät. Noudettu 28.4.2024 osoitteesta

<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/S%C3%A4hk%C3%B6inen%20lent%C3%A4minen%20Suomessa.pdf>

Traficom, (2022B). Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus. Noudettu 5.5.2024. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-kasvihuonekaasupaastot-ja-energiankulutus>

Traficom (2022C): Kotimaan lentoliikenteen järjestäminen ja rahoitus. Noudettu 28.4.2024 <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/kotimaan-lentoliikenteen-jarjestaminen-ja-rahoitus>

Traficom (2023): *Tuettujen maakuntalentojen matkustajamäärät ovat olleet kasvussa vuonna 2023.* Noudettu 29.4.2024 osoitteesta <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/tuettujen-maakuntalentojen-matkustajamaarat-ovat-olleet-kasvussa-vuonna-2023>

Traficom (2024A): Finnair voitti maakuntakenttien lentoliikenteen kilpailutuksen kaikilla viidellä reitillä. Noudettu 28.4.2024 osoitteesta <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/finnair-voitti-maakuntakenttien-lentoliikenteen-kilpailutuksen-kaikilla-viidella?toggle=Hankintap%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s%2016.1.2024%3A%20Viiden%20maakuntakent%C3%A4n%20lentoliikenteen%20kilpailutus>

Traficom (2024B). Lentoliikenteen kuljetusmäärät. Noudettu 29.5.2024 osoitteesta <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/lentoliikenteen-kuljetusmaarat?toggle=L%C3%A4hteet%20ja%20lis%C3%A4tiedot>

- TOI, (2024). Commitment to testing electric planes is socially beneficial. Noudettu 4.5.2024 osoitteesta <https://www.toi.no/english/commitment-to-testing-electric-planes-is-socially-beneficial#:~:text=And%20by%202040%2C%20all%20civil,80%20percent%2C%20compared%20to%202020>
- University of Bristol, (2021). *Survey reveals many people have reservations about flying in future.* Noudettu 7.5.2024 osoitteesta <https://www.bristol.ac.uk/cabot/news/2021/flying-in-future.html>
- Van Den Ende, J., & Kemp, R. (1999). *Technological transformations in history: How the computer regime grew out of existing computing regimes. Research Policy*, volyymi 28(8), 833–851.
- Valtioneuvosto (2022). *Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiasstrategia*, s 7–8. Noudettu 19.4.2024 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-811-0>
- Valtioneuvosto (2023). Valtioneuvoston verkkosivu. (2023). *Liikenne 12-suunnitelma.* Noudettu 27.4 osoitteesta <https://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=LVM029:00/2023>
- Vinnova (2023). *ELISE - Electric Aviation in Sweden Step 3.* Noudettu 1.5.2024 osoitteesta <https://www.vinnova.se/en/p/elise---electric-aviation-in-sweden-step-3/>

## Liitteet

### Liite 1. Haastattelukysymykset

#### *Sähköinen lentäminen osana liikennejärjestelmää*

- *Millaisen roolin näet sähköisellä lentämisellä olevan tulevaisuudessa?*
- *Millaisia vaikutuksia uskot sähköisellä lentämisellä olevan liikennejärjestelmään Suomen tasolla?*
- *Odotatko sähköisen lentämisen olevan liikennejärjestelmää täydentävä vai korvaava osa?*
- *Millaisia vaikutuksia odotat sähköisellä lentämisellä olevan liikennejärjestelmään maakunnassa?*
- *Mistä syistä maakunta on todennut sähköisen lentämisen edistämisen arvoiseksi innovaatioksi?*

#### *Sähköinen lentäminen maakunnassa*

- *Mihin tarpeeseen näet sähköisen lentämisen vastaavan alueellasi?*
- *Onko maakunnalla jokin erityinen ajuri sähköiseen lentämiseen?*
- *Mitä sosioekonomisia vaikutuksia arvioit sillä olevan maakunnalle?*
- *Missä on maakunnan keskus sähköisen lentämisen keskus,*
  - *Optimaalinen keskus?*
  - *Yksi vai useampi?*
- *Onko maakunta valmis muokkaamaan olemassa olevia kenttiä sopiviksi sähköiseen lentämiseen?*
  - *Millä aikajänteellä?*
- *Onko muutos niin merkittävä liikennejärjestelmään, että rakennettaisiin uusia kenttiä sijainiltaan sopivimmille paikoille?*

#### **Lopuksi:**

Väittämät: Arvioi 1–5

- Sähköinen lentäminen on tulevaisuudessa kiinteä osa liikennejärjestelmää
- Sähköinen lentäminen tuo paljon uutta liikennejärjestelmään maakuntien näkökulmasta