

VALTIONEUVOSTON SELVITYKSIÄ

Uusiutuvien lentopolttoaineiden jakeluvelvoite – Nykytila ja vaikutusarvioinnit

AFRY Management Consulting

Valtioneuvoston selvitys

4/2020

VN/10303/2020

Sisältö

Määritelmät ja lyhenteet	6
1 Johdanto	9
1.1 Tausta	9
1.2 Tavoitteet ja menetelmät	10
2 Lentoliikenteen päästövähennysmekanismit ja esimerkkejä jakeluvelvoitteista	12
2.1 Kansainväliset toimet	12
2.2 Alueelliset toimet	14
2.3 Kansalliset toimet	15
2.4 Yrityskohtaiset ja vapaaehtoiset toimet	18
3 Lentoliikenteen ja -polttoaineiden nykytila	21
3.1 Lentoliikenne ja päästöt Suomessa	21
3.2 Suomen lentoliikenteen kehitys 2000–2019	22
3.3 Pandemian vaikutukset Suomen lentoliikenteelle	26
3.4 Polttoainemäärät	27
3.5 Jakelun tekninen kuvaus	29
4 Lentoliikenteen polttoaine- ja päästömäärien kehitys vuoteen 2030	30
5 Uusiutuvat lentopolttoaineet	32
5.1 Uusiutuvien lentopolttoaineiden saatavuus	34
5.2 Lentopolttoaineiden hintakehitys vuoteen 2030	37
5.3 Sähkölentopolttoaineet tulevaisuuden ratkaisuna	40
5.4 Kotimainen uusiutuvien lentopolttoaineiden tuotanto	41

6	Jakeluvelvoitteen toteutuspolut ja päästövähennemät vuoteen 2030	43
7	Vaikutusarviot.....	50
7.1	Lentolipun hinta.....	50
7.2	Lentoyhtiöiden ja -asemien kilpailukyky	53
7.3	Uudelleen reititys ja tankkerointi.....	57
7.4	Suomi kestävän ilmailun edelläkävijänä.....	61
7.5	Vientiyriyten toiminta	63
7.6	Työllisyys.....	63
7.7	Yhteenveto	66
8	Suosituksat jatkovalmisteluun	68
9	Johtopäätökset.....	72
	Lähteet.....	74

LUKIJALLE

Tämä selvitys on toteutettu Valtioneuvoston kanslian toimeksiannosta syksyn 2020 aikana. Raportti edustaa tekijöiden näkemyksiä eikä työn ja raportin lopputulokset sellaisenaan edusta muiden ohjausryhmätoimintaan osallistuneiden ministeriöiden tai henkilöiden yhteistä näkemystä. Työn aikana ohjausryhmää ja heidän näkemyksiään on kuultu useassa kokouksessa.

AFRY Management Consulting
marraskuu 2020

Määritelmät ja lyhenteet

Lyhenne / Termi	Selitys
aireg	Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e.V, lentoliikenteen uusiutuvan energian aloite Saksassa
ARN	Stockholm Arlanda Airport
ATJ	Alcohol to Jet, uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantomenetelmä, jossa alkoholi konvertoidaan synteettiseksi kerosiiniksi
AUH	Abu Dhabi International Airport
BtL	Biomass to liquid, uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantomenetelmä, jossa kiinteästä biomassasta valmistetaan hiilivetyjä
CEPS	Central Europe Pipeline System
CHJ	Synthetic Paraffinic Kerosene, uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantomenetelmä, jossa tuotetaan synteettistä parafiinista kerosiinia
CO2	Hiilidioksidi
DOH	Doha Hamad International Airport
DXB	Dubai International Airport
EU	Euroopan unioni
FT	Fischer-Tropsch
HEFA	Hydrotreated Esters and Fatty Acids, uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantomenetelmä, jossa vetykäsittelään rasvahappoja
HVO	Hydrotreated Vegetable Oils, uusiutuvan polttoaineen tuotantomenetelmä, joka on synonyymi HEFA-termille

IATA	International Air Transport Association, Kansainvälinen ilmailujetuliitto
ICAO	International Civil Aviation Organization, Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö
IEA	International Energy Agency, Kansainvälinen energiajärjestö
IST	Istanbul International Airport
JED	Jeddah King Abdulaziz International Airport
khk	Kasvihuonekaasu
KWI	Kuwait International Airport
MCT	Muscat International Airport
MUC	Munich Airport
NRT	Narita International Airport
OUL	Oulun lentoasema
PtL	Power-to-Liquid, sähköpolttoaineet
PtX	Power-to-X, tuotantomenetelmä, jossa valmistetaan sähköstä tuotteita
RED	Renewable Energy Directive, Uusiutuvan energian direktiivi
RTFC	Renewable Transport Fuel Certificate, liikenteen uusiutuvan energian sertifikaatti Kaliforniassa
RTFO	Renewable Transport Fuel Obligation, liikenteen uusiutuvan energian velvoite Yhdistyneessä kuningaskunnassa
SAF	Sustainable aviation fuel, uusiutuva lentopolttoaine
SIN	Singapore Changi Airport

SIP	Synthesized Iso-paraffins, uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantomenetelmä, jossa tuotetaan synteettisiä isoparafiinejä
SPK	Synthetic Paraffinic Kerosene, uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantomenetelmä, jossa tuotetaan synteettistä parafiinistä kerosiinia
tankkerointi	Tankkeroinnilla tarkoitetaan polttoaineen ylitäyttöä lyhyillä reiteillä, joilla optimoidaan polttoainekustannuksia
toe	Öljykvivalenttitonni

1 Johdanto

Kansainvälinen lentoliikenne ja samalla lentoliikenteen päästöt ovat kasvaneet merkittävästi viimeisien vuosien aikana niin Suomessa kuin maailmallakin. Uusiutuvat polttoaineet ovat lentoliikenteen tehokkain päästövähennyskeino seuraavina vuosikymmeninä. Tässä selvityksessä esitellään erilaisia jakeluvälvoitteen toteutuspolkuja lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi.

1.1 Tausta

Lentoliikenne on kasvanut voimakkaasti viimeisten vuosien aikana ja aiheuttaa jo 2–3 % maailman hiilidioksidipäästöistä. Lentoliikenteen suorien päästöjen osuus on noin 3 % EU:n kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Viime vuonna vuosittaiset päästöt olivat jo 70 % suuremmat kuin vuonna 2005. (Euroopan komissio, 2020b) Suomessa kotimaan lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt olivat 0,22 Mt ja ulkomaan lentoliikenteen 2,39 Mt vuonna 2018 (Tilastokeskus, 2020b).

Valtioneuvoston kanslia on pyytänyt AFRY Management Consulting Oy:lta selvitystä uusiutuvien lentopolttoaineiden käytön edistämisestä kansallisen jakeluvälvoitteen avulla Suomessa. Nestemäisten uusiutuvien polttoaineiden käyttö lentoliikenteessä on todettu tehokkaimmaksi päästövähennyskeinoksi lentoliikenteessä tulevana vuosikymmeninä. Pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelmassa tavoitellaan lentoliikenteessä 30 prosentin osuutta kestäville biopolttoaineille sekoitewälvoitteen avulla vuonna 2030 (Valtioneuvosto, 2019).

Sekoitewälvoite velvoittaisi kaikkia Suomen lentoasemia jakelemaan uusiutuvia lentopolttoaineita, kun taas jakeluvälvoitteella uusiutuvien lentopolttoaineiden jakelu voidaan halutessa keskittää esimerkiksi Helsinki-Vantaalle. Jakeluvälvoitteella voidaan tuoda enemmän joustoa polttoainejakelijoille ja vähentää sen myötä kustannuksia samoilla päästövähennyksillä. Suomessa on jo voimassa tieliikenteen jakeluvälvoite. Yhteensopivuuden, alhaisempien kokonaiskustannusten ja joustavuuden takia, selvitystyössä keskitytään jakeluvälvoitteen eikä sekoitewälvoitteen toteutuspolkuihin ja vaikutusarvioihin.

1.2 Tavoitteet ja menetelmät

Työn tavoitteena on tarkastella uusiutuvien lentopolttoaineiden jakeluelvoitteen vaihtoehtoisia toteutuspolkuja. Toteutuspolkuja tarkastellaan niin, että lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteet toteutuisivat uusiutuvien polttoaineiden osalta mahdollisimman kustannustehokkaasti sekä teknologianeutraalisti.

Työssä tarkastellaan 30, 5 ja 14 prosentin jakeluelvoitteilla saavutettavien päästövähennemien kokonaistaloudellisia vaikutuksia vuonna 2030. Kokonaistaloudellisuutta arvioitaessa on tärkeää huomioida vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin, uusiutuvien polttoaineiden tuotantoon ja jakeluun, Suomen lentoliikenteen kilpailukykyyn, vientiyri-tysten toimintaan, työllisyyteen sekä kuluttajien lentolippujen hintaan. Lisäksi tarkastellaan Suomen roolia kestävästä ilmailusta edelläkävijänä. Jakeluelvoitejärjestelmän tulisi kohdella erilaisia toimijoita tasapuolisesti ja sen tulisi olla hallinnollisesti mahdollisimman kevyt.

Työssä on kartoitettu lentoliikenteen ja sen tuomien päästöjen nykytilaa sekä polttoaineiden määriä ja hintoja Suomessa. Tarkastelu perustuu lentoliikenteen julkisiin tilastoihin sekä toimijahaastatteluihin. AFRYn työryhmä on haastatellut alan toimijoita ja sidosryhmiä yksitellen aikavälillä 7.9.–25.9.2020 ja pitänyt kuulemistilaisuuden alustavista tuloksista 23.10.2020. AFRYn haastattelemat toimijat olivat Finavia, Finnair, SAS, Shell, AirBP, Neste, UPM ja St1 ja sidosryhmät Traficom, Sitra ja World Economic Forum Clean Skies for Tomorrow -koalitio. Työn aikana on myös järjestetty useita ohjausryhmäkokouksia, jossa on yhdessä pohdittu uusiutuvien lentopolttoaineiden nykytilaa ja jakeluelvoitteen vaikutuksia. Ohjausryhmässä olivat edustettuina työ- ja elinkeinoministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, ympäristöministeriö ja valtiovarainministeriö.

Jakeluelvoitteen toteutuspolut on laadittu lentoliikenteen päästökehitysennusteiden, sekä uusiutuvien polttoaineiden saatavuuden ja hinta-arvioiden pohjalta. Työssä julkaistujen ennusteiden ja toimijahaastatteluiden pohjalta luotiin arvio lentoliikenteen ja sen päästöjen kehitykselle vuoteen 2030 asti. Lentoliikenteen uusiutuvien polttoaineiden kapasiteetin nykytilan ja kehityksen sekä trendihintojen arvioinnissa hyödynnettiin AFRYn kehittämää edistyksekköiden biopolttoaineiden tietokantaa sekä kustannus- ja kysyntämalleja. Hintatasot ovat tärkeitä arvioitaessa uusiutuvan lentopolttoaineosuuden kasvun kustannuksia eri käyttäjille ja kansantaloudellisia vaikutuksia. Edellisten vaiheiden tuloksien ja toimijahaastatteluiden pohjalta laadittiin kolme vaihtoehtoista toteuttamispolkua, jotka toimivat esimerkkeinä jakeluelvoitteen mahdollisille vaikutuksille.

Työn lopussa arvioitiin eri tasoisten jakeluelvoitteiden vaikutuksia sekä edelläkävijämarkkinan mahdollisuuksia ja riskejä kokonaisvaltaisesti, korostaen vaikutuksia lentoliikenteen kokonaispäästöihin. Jakeluelvoitteen vaikutuksia on arvioitu pääosin suorien vaikutusten kautta. Lentoliikenteen uusiutuvan polttoaineen nykytilan ja vaikutusarvioiden kuvaaminen tulee auttamaan jakeluelvoitteen lainsäädäntötyötä, fossiilittoman liikenteen tiekartan toteuttamista, ja hallitusohjelman muiden lentoliikenteeseen liittyvien kirjauksien toteuttamista.

2 Lentoliikenteen päästövähennysmekanismit ja esimerkkejä jakeluelvoitteista

Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO sekä kansainvälinen ilmakuljetusliitto IATA ovat todenneet uusiutuvan polttoaineet tehokkaimmaksi keinoksi vähentää lentoliikenteen päästöjä, mutta neuvottelut maailmanlaajuisesta jakeluelvoitteesta nähdään vielä haasteellisena. Euroopan unioni suunnittelee Euroopan laajuista jakeluelvoitetta, joka käynnistyisi aikaisintaan vuonna 2025. Kansainvälinen päätöksenteko jakeluelvoitteen suhteen on osoittautunut hitaaksi, joten monet valtiot, järjestöt ja lentoyhtiöt ovat suunnittelemassa omia toimia edistääkseen uusiutuvien lentopolttoaineiden käyttöönottoa.

2.1 Kansainväliset toimet

Lentoliikenteen päästöjä voidaan vähentää monella eri tavalla. Kansainvälinen ilmakuljetusliitto IATA (International Air Transport Association), joka on maailmanlaajuinen lentoyhtiöiden etu- ja yhteistyöjärjestö on tunnistanut neljä pääasiallista keinoa lentoliikenteen kasvihuonekaasujen vähentämiseksi: teknologian kehitys, joka sisältää uusiutuvat lentopolttoaineet, tehokkaammat lentotoiminnot, lentotoiminnan infrastruktuurin parannukset, jotka sisältää modernit liikenteen hallintajärjestelmät, sekä markkina-lähtöiset toimenpiteet, joista tehokkaimpana nähdään hiilen hyvitysjärjestelmä (IATA, 2020c). Sähkövoiman käyttöä lentoliikenteessä kehitetään jatkuvasti, mutta IATA ennustaa ensimmäisten pienten 10–15 matkustajan hybridi-sähkölentokoneiden tulevan markkinoille vuosina 2025–2030. Yli 150 paikalliset akkukäyttöiset matkustajalentokoneet nähdään ratkaisuna lyhyen matkan lennoille vasta vuoden 2035 jälkeen ja pidemmällä lentomatkoilla akkukäyttöiset lentokoneet nähdään realistisena vaihtoehtona 2040–2050 luvulla.

IATAn mukaan suurin osa vuoden 2050 lentoliikenteen päästötavoitteista tullaan saavuttamaan uusiutuvien lentopolttoaineiden avulla. Vuoteen 2050 mennessä IATA tavoittelee lentoliikenteen päästöjen puolittamista vuoden 2005 tasosta. IATA myös näkee, että lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen voi olla yksinkertaisempaa ja edullisempaa investoimalla uusiutuviin lentopolttoaineisiin ja vähentämällä

päästöjä markkinalähtöisillä menetelmillä kuin ottamalla käyttöön uuden teknologian lentokoneita, sillä lentokoneiden käyttöikä on tyypillisesti pitkä. (IATA, 2019c)

Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO (International Civil Aviation Organization) on 193 jäsenvaltion yhteisesti rahoittama järjestö, joka tukee lentoliikenteen yhteistyötä ja diplomatiaa. ICAOn päätehtävänä on kehittää kansainvälisen ilmailun periaatteita, tutkia uutta lentoliikennepolitiikkaa ja kehittää lentotoimialaa. (ICAO, 2020a) ICAOn jäsenmaat tavoittelevat hiilineutraalia kansainvälisen lentoliikenteen kasvua vuodesta 2020 alkaen sekä vuosittaista 2 % parannusta polttoainetehokkuudessa vuoteen 2050 asti. ICAO on tunnistanut neljä pääasiallista keinoa lentoliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi: vaihtoehtoiset uusiutuvat polttoaineet, ilmailukenteen teknologia, lentotoiminnan parannukset sekä maailmanlaajuisen kansainvälisen lentoliikenteen päästöjärjestelmän Corsian käyttöönotto. (ICAO, 2020b) ICAOn pitkän aikavälin päästövähennystavoitteista sekä niiden saavuttamiseksi vaadittavista toimenpiteistä on määrä päästä sopuun vuoden 2022 yleiskokouksessa. Kansainvälinen jakelulvelvoite on yksi esille nostetuista päästövähennystoimista, mutta sitovat päätökset maailmanlaajuisesta jakelulvelvoitteesta nähdään epätodennäköisenä vielä tulevassa yleiskokouksessa. Yhä useammat kansalliset ja alueelliset jakelulvelvoitteet voivat edistää ICAOn päätöksentekoa.

Vuonna 2016 ICAOn yleiskokouksessa jäsenvaltiot hyväksyivät kansainvälisen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjen kasvun hyvittämiseen velvoittavan järjestelmän, Corsian, toteuttamisesta. Corsian raportointivelvoite alkoi 1.1.2019, se koskee kaikkia ilma-alusten käyttäjiä, jotka lentävät ICAOn jäsenvaltioiden välisiä reittejä. Corsia myös velvoittaa, että lentoyhtiöiden pitää raportoida heidän hiilidioksidipäästönsä vuosittain. ICAOn sopimuksen mukaan perustaso kansainvälisten lentojen päästöille määritellään vuosien 2019 ja 2020 perusteella ja perustason ylittävät päästöt hyvitetään vuodesta 2021 alkaen. (Traficom, 2020a; Traficom, 2020b; IATA, 2020d) Covid-19 on kuitenkin muuttanut kansainvälistä lentoliikennettä maailmanlaajuisesti ja johtanut ennennäkemättömään lentoliikenteen romahdukseen. Corsia-järjestelmän perustason määritelmässä käytettyjen vuosien 2019 ja 2020 keskimääräiset päästöt eivät enää vastaa ICAOn hallituksessa sovittuja tavoitteita. ICAO päätti kesäkuussa 2020, että vain vuoden 2019 päästöjä käytetään perustason määrittämiseen (ICAO, 2020d).

Corsian päästöhyvityksiä tullaan toteuttamaan vaiheittain. Vuosina 2021–2023 toteutetaan järjestelmän pilottivaihe ja ensimmäinen vaihe vuosina 2024–2026 johon osallistuminen on vapaaehtoista. Kesäkuun 2020 loppuun mennessä 88 ICAOn jäsenvaltiota olivat ilmoittaneet osallistuvansa Corsian pilottivaiheeseen, edustaen 76 % maailmanlaajuisesta ilmailualasta. Vuodesta 2027 alkaen osallistuminen Corsian on pakollista kaikille jäsenvaltioille, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. (ICAO, 2020c)

IATA sanoo julkaisussaan, että covid-19 kriisissä huomio tulisi keskittää hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen johtavien teknologioiden investointeihin, mikä loisi työpaikkoja ja edesauttaisi IATAn päästötavoitteiden saavuttamista. Tällä hetkellä haasteina uusiutuvan lentopolttoaineen laajalle käytölle nähdään muun muassa korkeat hinnat ja alhaiset tuotantomäärät. (IATA, 2020e)

2.2 Alueelliset toimet

EU:n päästökauppa perustettiin vuonna 2005 ja lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt ovat olleet päästökaupan piirissä vuodesta 2012 asti. Päästökaupan tavoitteena on vähentää lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjä. EU:n päästökauppajärjestelmä koskee kaikkia Euroopan talousalueen lentoasemilta lähteviä ja sinne saapuvia lentoja, jollei niitä ole erityisin perustein rajattu päästökaupan ulkopuolelle. Vuosien 2013 ja 2023 välillä päästökauppa koskee vain Euroopan talousalueen sisäisiä lentoja. Lentoliikenteen päästökauppa perustuu vaihdannan piirissä oleviin päästöoikeuksiin ja yksi päästöoikeus vastaa yhtä hiilidioksiditonnia. Vuodesta 2013 alkaen päästöoikeuksien kokonaismäärä on ollut 95 prosenttia vuosien 2004–2006 päästöjen keskiarvosta kutakin päästökauppavuotta kohden. Ilma-alusten käyttäjän on tarkkailtava ja raportoitava päästöjään. Ilmailu-aluksen käyttäjä voi ostaa lisää päästöoikeuksia, jos päästöt ovat suuremmat kuin myönnetyt maksuttomat päästöoikeudet. Vastaavasti, ilmailu-aluksen käyttäjä voi myydä päästöoikeuksia, jos päästöt ovat pienemmät kuin sille myönnetyt päästöoikeudet. Suomessa Liikenne- ja viestintävirasto Traficom vastaa lentoliikenteen päästökaupan toimeenpanosta. Päästökauppavuosien 2013–2023 maksuttomista päästöoikeuksista 82 prosenttia on jaettu ilmailu-aluksien käyttäjille perustuen vuoden 2010 tonnikilometrien perusteella. Lisäksi 3 prosenttia päästöoikeuksista jaetaan erityisvarannosta uusille ilmailu-alusten käyttäjille ja voimakkaasti kasvaville ilmailu-aluksen käyttäjille, jotka ovat nostaneet toiminnantasoaan vuosittain enemmän kuin 18 prosenttia vuosien 2010 ja 2014 välisenä aikana. Ylijäävä 15 prosenttia lentoliikenteen päästöoikeuksista huutokaupataan. (Euroopan komissio, 2015; Traficom, 2020b)

Vuonna 2011, Euroopan komissio käynnisti ensimmäisen aloitteen edistääkseen uusiutuvien lentopolttoaineiden kaupallistamista yhteistyössä eurooppalaisen matkustajalentokoneita valmistavan Airbusin, johtavien eurooppalaisten lentoyhtiöiden ja keskeisimpien eurooppalaisten uusiutuvien polttoainevalmistajien kanssa. ”European Advanced Biofuels Flightpath” -aloite käynnistettiin tavoitteena lisätä tuotantolaitoksia Eurooppaan, joilla saavutettaisiin kahden miljoonan tonnin uusiutuvien lentopolttoaineiden tuotanto vuoteen 2020 mennessä. (SENASA, 2020)

Uusiutuvien polttoaineita tuetaan vuonna 2018 hyväksytyssä uusiutuvan energian direktiivissä (RED II), joka tosin käsittelee vain vähän lentoliikenteen polttoaineita. RED II tunnustaa uusiutuvien lentopolttoaineiden roolin ilmailun päästöjen vähentämisessä keskipitkällä aikavälillä. Ilmailuun ja meriliikenteeseen toimitetut polttoaineet huomioidaan maiden uusiutuvien energioiden osuutta määriteltäessä 1,2-kertaisena energiasäilytyksen pohjautuen. Ravinto- ja rehukasveista tuotetuille uusiutuville polttoaineille ei kuitenkaan hyväksytä edellä mainittua 1,2 % kerrointa. (Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto, 2018) Näillä kirjauksilla ei nähdä olevan merkittävää edistävää vaikutusta uusiutuville lentopolttoaineille, mikä on korostanut tarvetta erillisille tukitoimille.

Green Deal käynnisti ReFuelEU-aloitteen kestävien lentopolttoaineiden käyttöönoton vauhdittamiseksi. Aloitteen julkinen konsultaatio päättyi lokakuun lopussa, ja Euroopan komission oli määrä julkaista lainsäädännön pohjaesitys vuoden 2020 neljännessä kvartaalissa. Päätöksenteko on kuitenkin siirtynyt alkuvuodelle 2021. Euroopan komissio näkee, että uusiutuvilla lentopolttoaineilla on suuri potentiaali vähentää lentoliikenteen päästöjä. ReFuelEU-aloitteen tavoitteena on kehittää uusiutuvan lentopolttoaineen kysyntää ja tarjontaa EU:ssa, joka vähentäisi lentoliikenteen ympäristöjalanjälkeä ja auttaisi EU:ta saavuttamaan ympäristötavoitteet. (Euroopan komissio, 2020a) ReFuelEU-tavoitetasot ovat 2 % uusiutuvaa lentopolttoainetta vuonna 2025 ja 5 % uusiutuvaa lentopolttoainetta vuoteen 2030 mennessä (Commercial aviation alternative fuels initiative, 2020).

Niin kansainväliset järjestöt, liitot kuin Euroopan unionikin ovat viime vuosina pyrkineet vähentämään lentoliikenteen päästöjä. Kuitenkaan kansainvälisillä toimilla ei ole vielä saavutettu näkyviä tuloksia uusiutuvan lentopolttoaineen käytön kasvussa ja kansainvälinen päätöksenteko on osoittautunut hitaaksi. Monet valtiot ovatkin enenevässä määrin alkaneet suunnittelemaan kansallisia jakeluvelvoitteita.

2.3 Kansalliset toimet

Monet Euroopan valtiot suunnittelevat uusiutuvan lentopolttoaineen kansallista jakelutai sekoitevelvoitetta. Suunnitelluissa velvoitetasoissa on merkittäviä eroja valtioiden välillä. Tällä hetkellä vain Norjassa on laissa määrätty uusiutuvan lentopolttoaineen jakeluvelvoite. Muiden maiden velvoitteet ovat vielä joko lainsäädäntöprosessissa tai selvitysvaiheessa.

Vuonna 2016 Oslon lentokentästä tuli ensimmäinen kansainvälinen lentokenttä, joka tarjosi lentoliikenteen uusiutuvaa polttoainetta kaikille lentoyhtiöille. Lisäksi ensimmäi-

senä maana maailmassa Norja asetti sitovan jakeluelvoitteen kotimaiselle ja kansainväliselle lentoliikenteelle. Norjassa uusiutuvan lentopolttoaineen jakeluelvoite astui voimaan 1. tammikuuta 2020. Norjan tilavuusperusteinen jakeluelvoite velvoittaa, että vähintään 0,5 tilavuusprosenttia ilmaillulle vuositasolla myytävästä polttoaineen kokonaismäärästä tulisi koostua uusiutuvasta lentopolttoaineesta. Sotilasilmailu on veloitteen ulkopuolella. Norjan hallituksen tavoitteena on 30 % jakeluelvoite vuoteen 2030 mennessä, tavoitetasoa ei olla kuitenkaan laissa määrätty. Norja ei ole myöskään julkaissut välitavoitteita miten 30 % velvoite tullaan saavuttamaan. Jakeluelvoitteella uskotaan olevan vaikutus sekä uusiutuvan lentopolttoaineteknologian että -liiketoiminnan kehittymiseen. (Klima- og miljødepartementet, 2020a; Klima- og miljødepartementet, 2020b; Samferdselsdepartementet, 2020)

Vuonna 2019 Ruotsissa tehtiin valtion tilaama selvitys (SOU 2019:11) uusiutuvan lentopolttoaineen edistämiseksi lentoliikenteessä. Selvitys tarkasteli muun muassa poliittisia keinoja, joilla lentoliikenteen päästöjä voitaisiin vähentää uusiutuvilla lentopolttoaineilla sekä keinoja, joilla kotimaista tuotantoa voitaisiin kasvattaa pitkällä aikavälillä. Selvityksessä tarkasteltiin myös sekoitevelvoitetta, joilla edellä mainitut tavoitteet olisi mahdollista saavuttaa pitkällä ja lyhyellä aikavälillä ottaen huomioon polttoaineiden kysynnän, tarjonnan ja hinnat. Ruotsin selvityksessä katsottiin, että kuluttajien vapaaehtoinen halukkuus maksaa uusiutuvasta lentopolttoaineesta aiheutuvat lisäkustannukset ei ole riittävä, jonka takia poliittiset keinot ovat välttämättömiä edistämään uusiutuvan lentopolttoaineen käyttöä. (Statens Offentliga Utredningar, 2019) Ruotsin hallitus esittää päästövähennysvelvoitetta lentoliikenteelle, joka olisi 0,8 prosenttia vuonna 2021 ja kasvaisi kiihtyvästi 27 prosenttiin vuonna 2030, sisältäen sekä kotimaan että ulkomaan lentoliikenteen. Esitys on määrä käsitellä Ruotsin valtiopäivillä 24.–25. marraskuuta 2020 osana vuoden 2021 hallituksen budjettiesitystä. (Finansdepartementet, 2020). SOU2019:11 selvityksessä on esitetty taulukon 1 mukaiset vähennystasot.

Taulukko 1. Ruotsin selvityksessä käytetyt vähennystasot (Statens Offentliga Utredningar, 2019)

Vuosi	Vähennysaste khk-%	Laskettu tilavuusprosentti
2021	0,8	1,0
2022	1,7	2,0
2023	2,6	3,0
2024	3,5	4,0
2025	4,5	5,0
2026	7,2	8,0
2027	10,8	12,0
2028	15,3	17,0
2029	20,7	23,0
2030	27,0	30,0

Saksassa ei ole erillistä suunnitelmaa kansalliselle jakelu- tai sekoitevelvoitteelle, eikä Ruotsin kaltaista kansallista selvitystä ole toistaiseksi tehty. Saksan kansallisessa vetystrategiassa suunnitellaan 2 prosentin kiintiötä sähköpolttoaineille lentoliikenteessä vuonna 2030. Strategiassa korostetaan, että on tärkeää välttää tilannetta, jossa Saksan ilmailusektori joutuisi epäedulliseen kilpailuasemaan. (Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2020) Saksalainen ilmailualan aloite aireg tavoittelee korkeampia vaihtoehtoisten lentopolttoaineen velvoitetasoja. Aireg on perustettu vuonna 2011 ja sillä on tällä hetkellä 30 jäsentä, joihin kuuluvat muun muassa Airbus, BP Europa SE, Bauhaus Luftahrt, Deutsche Shell Holding GmbH, Flughafen München GmbH, Neste, IATA, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz ja monet muut organisaatiot ja yritykset. Airegin tavoitteena on edistää tutkimusta, tuotantoa ja uusiutuvan lentopolttoaineen käyttöä Saksassa. Aloite tavoittelee yli 10 prosentin vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden velvoitetasoa vuonna 2025. (aireg, 2020)

Alankomaat on luonnostellut aloitetta kestävästä ilmailusta, mutta hallitus odottaa vielä Euroopan unionin päätöksiä mahdollisesta jakeluelvoitteesta. Alankomaiden hallitus on toivonut EU-laajuista jakeluelvoitetta, mutta mikäli tämä ei etene vuoteen 2023 mennessä, niin Alankomaat ottaisi käyttöön kansallisen sekoitevelvoitteen. Alankomaiden tavoitteena on laskea ilmailun hiilidioksidipäästöt vuoden 2005 tasolle vuonna 2030. (Government of the Netherlands, 2020) Mahdollinen kansallinen jakeluelvoite tavoittelee 14 prosentin uusiutuvien lentopolttoaineiden osuutta vuonna 2030, joka kasvaisi 100 prosenttiin vuoteen 2050 mennessä. Alankomaiden selvityksessä mainitaan, että sekoitevelvoitteen vaikutukset riippuvat siitä kuinka paljon läheiset kansainväliset lentokentät voivat kasvattaa matkustajamääriään. Selvityksessä nähdään vaihtoyhteyksien kilpailukyky merkittävänä, joten mahdollisen velvoitteen vaikutuksia tulnaisiin seuraamaan erittäin tarkasti. (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020)

Yhdistyneet kuningaskunnat eivät ole erikseen säätäneet velvoitetta lentoliikenteelle. Lentoliikenne on sisällytetty uusiutuvien polttoaineiden RTFO-jakeluvelvoitteeseen (the Renewable Transport Fuel Obligation) vuonna 2018 ja tavoitteena on lisätä asteittain uusiutuvia polttoaineita lentoliikenteessä. Polttoaineen toimittajien on jakeluvelvoitteessaan kyettävä osoittamaan, että määrätty osuus heidän toimittamastaan polttoaineesta on uusiutuvista lähteistä. Yhdistyneiden kuningaskuntien tavoitteena on, että 12,4 % kaikista jaelluista polttoaineista olisi uusiutuvia polttoaineita vuoteen 2032 mennessä. (Department for Transport, 2020)

Ranskan hallitus julkaisi alkuvuodesta 2020 uusiutuvien lentopolttoaineiden tiekartan, jonka tavoitteena on kehittää kotimaisen uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantoa. Tiekartassa tavoitellaan 2 % uusiutuvan lentopolttoaineen osuutta vuonna 2025, 5 % osuutta vuonna 2030 ja 50 % osuutta vuonna 2050. (Ministere de la transition écologique et solidaire, 2019) Ranskan hallituksen uusiutuvan lentopolttoaineen tavoitteet vuoteen 2030 asti vastaavat EU:n ReFuelEU-tavoitteita (Commercial aviation alternative fuels initiative, 2020).

Myös muissa Euroopan maissa on suunnitteilla uusiutuvien polttoaineiden velvoitteita. Esimerkiksi Espanja suunnittelee 2 prosentin uusiutuvan lentopolttoaineen velvoitetta vuonna 2025, ja Portugalissa on myös julkistettu hiilineutraaliuden etenemissuunnitelma, jossa uusiutuvilla lentopolttoaineilla on vahva rooli. (EASA, 2019)

2.4 Yrityskohtaiset ja vapaaehtoiset toimet

Valtioiden ja järjestöjen tavoin useat lentoyhtiöt pyrkivät vähentämään lentoliikenteen päästöjä. Lentoliikenteen päästöt ovat verrannollisia polttoainekulutukseen, joka on useimmiten lentoyhtiöiden suurin yksittäinen toiminnallinen kulu. Yhtiöillä on näin vahva tahtotila vähentää polttoaineen kulutusta ja sen myötä myös hiilidioksidipäästöjä. Monilla eurooppalaisilla lentoyhtiöllä on yrityskohtaisia tavoitteita lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi tai päästöjen kasvun taittamiseksi. Osalla lentoyhtiöstä on myös hyvitysjärjestelmiä, joiden kautta matkustajat voivat itse hyvittää lentämisen päästöjä.

Suomalainen lentoyhtiö Finnair tavoittelee hiilineutraaliuutta vuoden 2045 loppuun mennessä. Ennen covid-pandemiaa Finnair suunnitteli investoivansa 3,4–4 miljardia euroa laivaston uudistamiseen ja kasvuun vuosina 2020–2025. Lisäksi Finnair arvioi käyttävänsä noin 10 miljoonaa euroa uusiutuviin lentopolttoaineisiin vuoden 2025 loppuun mennessä. (Finnair, 2020a) Vuonna 2019 Finnair vähensi 237 tonnia hiilidioksidipäästöjä käyttämällä uusiutuvia polttoaineita. (Finnair, 2020g). Finnair ei ole vielä päivittänyt investointisuunnitelmiaan pandemian vaikutusten osalta.

Norjalainen lentoyhtiö Norwegian julkaisi syyskuussa 2020 kestävän kehityksen strategian vuoteen 2030 asti. Norwegianilla on tavoitteenaan vähentää 45 % hiilidioksidipäästöjä matkustajakilometriä kohden vuoteen 2030 mennessä vuoden 2010 tasosta. Saavuttaakseen tavoitteet yhtiö on laskenut tarvitsevänsä 500 miljoonaa litraa uusiutuvaa lentopolttoainetta vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi Norwegianilla on yksi ilmailualan uusimmista kalustoista 4,6 vuoden keski-ikällä. (Norwegian, 2020b)

SAS on yksi Skandinavian johtavista lentoyhtiöistä, jonka tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä 25 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasosta (SAS, 2020a). Vuonna 2019, SAS käytti 455 tonnia uusiutuvaan lentopolttoainetta. SASin tavoitteena on käyttää 17 % uusiutuvaa lentopolttoainetta vuonna 2030, joka vastaa SASin Ruotsin, Norjan ja Tanskan lentojen polttoainemäärää (SAS, 2020b). Yksittäin vuonna 2019 SASin hiilidioksidipäästöt vähenivät 2,4 % johtuen seitsemän uuden lentokoneen käyttöönotosta, joiden polttoainekulutus on 15–18 % matalampi edellisiin koneityyppeihin verrattuna (SAS, 2020a).

Eurooppalainen lentoyhtiö KLM on myös sitoutunut uusiutuvan lentopolttoaineen käytön lisäämiseen. KLM aikoo ostaa yhteensä 75 000 tonnia uusiutuvaa lentopolttoainetta kymmenen vuoden ajanjaksolla vuodesta 2022 eteenpäin. (KLM, 2020) Myös Euroopan ulkopuoliset lentoyhtiöt näkevät uusiutuvat lentopolttoaineet pääasiallisena toimenä hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Esimerkiksi yhdysvaltalainen Delta Air Lines on sitoutunut ostamaan 10 miljoonaa gallonia (315 000 tonnia) Gevon uusiutuvaa lentopolttoainetta vuosittain (Delta, 2020). Myös toinen yhdysvaltalainen lentoyhtiö jetBlue airways on ilmoittanut aikeistaan ostaa uusiutuvaa lentopolttoainetta (jetBlue, 2020) ja japanilainen All Nippon Airways allekirjoitti juuri sopimuksen Nesteen uusiutuvan lentopolttoaineen ostoista (Neste, 2020i).

Enenevässä määrin lentoyhtiöt ovat myös kehittäneet palveluita, missä matkustajat voivat itse hyvittää lennoista aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Lentoyhtiöiden kautta matkustaja voi hyvittää hiilidioksidipäästöjään esimerkiksi rahoittamalla päästövähennysprojekteja tai tukemalla uusiutuvien lentopolttoaineiden käyttöä. Lentoyhtiö SASilla matkustaja voi itse ostaa uusiutuvaa lentopolttoainetta, joka luvataan käyttää viimeistään 12 kuukauden sisällä ostosta. Matkustaja voi SASin palvelussa ostaa 20 minuutin uusiutuvan lentopolttoaineen lohkoja lentoa kohden, jossa yhden lohkon hinta on 10 euroa. (SAS, 2020b) Myös Lufthansalla on käytössään palvelu, jolla asiakkaat voivat hyvittää lentomatkastaan aiheutuvat hiilidioksidipäästöt. Palvelu laskee matkasta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ja ehdottaa hintaa, joka on riippuvainen siitä, kuinka nopeasti asiakas haluaa hyvittää päästönsä. (Lufthansa, 2020) Lentoyhtiö Deltalla taas voi kompensoida lennon aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä tukemalla rahallisesti erilaisia projekteja, jotka vähentävät hiilidioksidipäästöjä, kuten metsiensuojelua (Delta, 2020). Lentoyhtiöillä on moninaisia tapoja tarjota matkustajille hiilidioksidipäästöjen

hyvitystä, mutta vapaaehtoisten toimien vaikutus kansainvälisen lentoliikenteen päästöihin on ollut vähäistä. Toimijakuulemisissa nousi esille, että vain hyvin pieni osa matkustajista on käyttänyt vapaaehtoisia päästövähennyspalveluja, vaikka kyselytutkimuksissa suurin osa vastanneista oli valmis hyvittämään päästönsä.

3 Lentoliikenteen ja -polttoaineiden nykytila

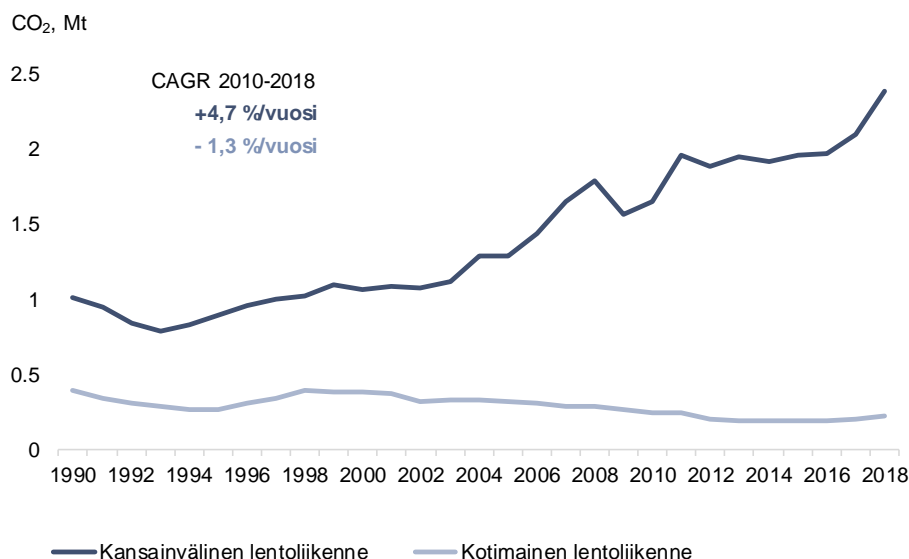
Vuonna 2018 Suomen kotimaan lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt olivat 0,2 Mt ja kansainvälisen lentoliikenteen 2,4 Mt. Kansainvälisen lentoliikenteen polttoainekulutus ja hiilidioksidipäästöt ovat kasvaneet merkittävästi 2000-luvulla, kun taas kotimaan päästöt ovat pysyneet lähes vakiona. Uusiutuvan lentopolttoaineen jakelussa ei nähdä esteitä.

3.1 Lentoliikenne ja päästöt Suomessa

Kotimaan lentoliikenteen osuus oli noin 2 % Suomen kaikessa liikenteessä käytettyjen polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2019. Ulkomaan lento- ja vesiliikenne ei sisälly Suomen laskennallisiin kokonaispäästöihin. Kokonaisuudessaan kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt olivat 11,3 Mt (CO₂), joka vastasi 21 prosenttia kaikista ja 29 prosenttia energiasektorin kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2019. (Tilastokeskus, 2020b)

Suomen kotimaisen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt (CO₂) ovat laskeneet keskimäärin 2,9 % vuodessa viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana, kun taas Suomen kansainvälisen lentoliikenteen päästöt ovat kasvaneet keskimäärin 4,3 % vuodessa samalla ajanjaksolla. Vuonna 2018 Suomen kotimaan lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt (CO₂) olivat noin 0,22 Mt (8 %), kun vastaavasti Suomen kansainvälisen lentoliikenteen päästöt olivat 2,4 Mt (92 %). Kuvassa 1 on esitetty Suomen kansainvälisen ja kotimaisen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjen kehitys vuodesta 1998 vuoteen 2018 (Tilastokeskus, 2020b).

Lentoliikenteen ilmastoa lämmittävä vaikutus on suurempi kuin pelkkä hiilidioksidipäästö. Hiilidioksidin ohella lentäessä syntyy muun muassa typen ja rikin oksideja, palamattomia hiilivetyjä, pienhiukkasia ja vesihöyryä, joiden nettovaikutus on eri lähteissä arvioitu noin kaksin- tai kolminkertaiseksi pelkkään hiilidioksidin nähden. Uusiutuvat lentopolttoaineet vähentävät myös muita kuin hiilidioksidipäästöjä, myös pienillä sekoiteosuuksilla. Myös lentopolttoaineen kokonaiskulutus voi olla pienempi uusiutuvien lentopolttoaineita käytettäessä. Lentoliikenteen kokonaisilmastovaikutuksia ei pystytä kuitenkaan täysin tilastollisesti arvioimaan, joten selvityksessä on keskitytty hiilidioksidipäästöihin. Uusiutuvien lentopolttoaineiden hyödyt ovat kiistatta suurempia kuin suorat hiilidioksidipäästövähennykset. (Burkhardt;Bock;& Bier, 2018)

Kuva 1. Suomen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt 1990–2018 (Tilastokeskus, 2020b)

3.2 Suomen lentoliikenteen kehitys 2000–2019

Lentoliikenne on merkittävä toimiala Suomen kansantaloudelle. Lentoliikenne on syklinen toimiala, johon vaikuttaa monet ulkoiset tekijät kuten polttoaineen hinta, valuuttakurssit, loma- ja liikematkustuksen sesongit, poliittinen ympäristö ja sääntely, sääilmiöt, luonnonkatastrofit ja pandemiat, maailmantalouden syklit sekä muutokset kulkukäyttäytymisessä (Finnair, 2018). Suomen lentoliikenteen osuus Suomen BKT:stä arvioitiin olevan 3,5–4 % vuonna 2019 (Finnair, 2020g). Suomen lentoliikenne työllisti suoraan tai välillisesti yhteensä 100 000 ihmistä vuonna 2018 ja Suomen lentoliikenteessä kulki noin 26 miljoonaa matkustajaa vuonna 2019 (Finavia, 2019h; Finavia, 2020k; Finavia, 2020e).

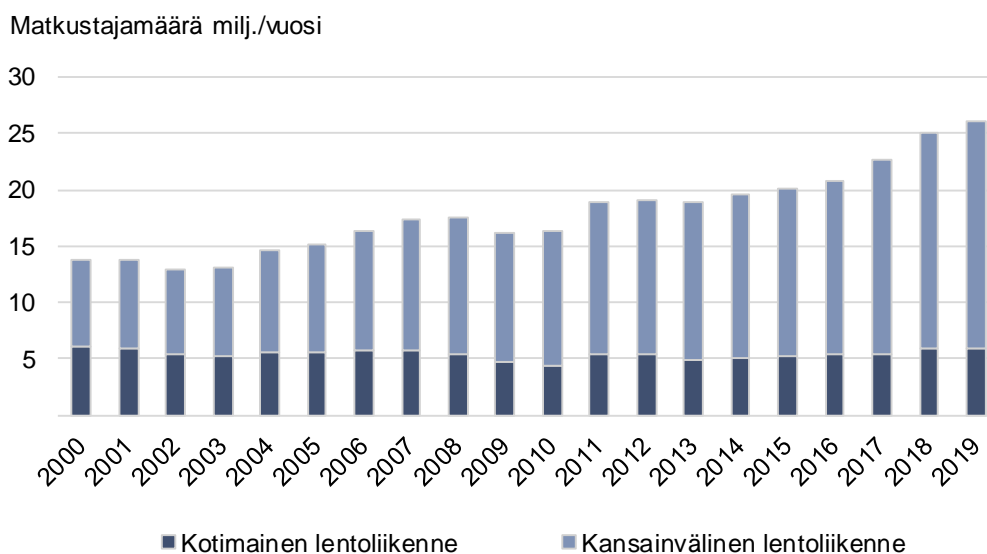
Vuonna 2020 Suomessa oli 21 lentoasemayhtiön Finavian lentoasemaa: Helsinki-Vantaa, Joensuu, Jyväskylä, Kajaani, Kokkola-Pietarsaari, Kuopio, Maarianhamina, Oulu, Pori, Savonlinna, Tampere-Pirkkala, Turku, Vaasa, Halli, Utti, Enontekiö, Ivalo, Kemi-Tornio, Kittilä, Kuusamo ja Rovaniemi. Näistä lentoasemista 19 palvelee pääasiassa matkustajaliikennettä ja kaksi sotilas- ja yleisilmailua. Helsinki-Vantaa on Finavian päälentoasema. (Finavia, 2020c)

Vuonna 2019 Suomessa oli kotimaan lentoliikenteen matkustajia 5,9 miljoonaa ja kansainvälisen lentoliikenteen matkustajia 20,1 miljoonaa (Finavia, 2020e). Samana

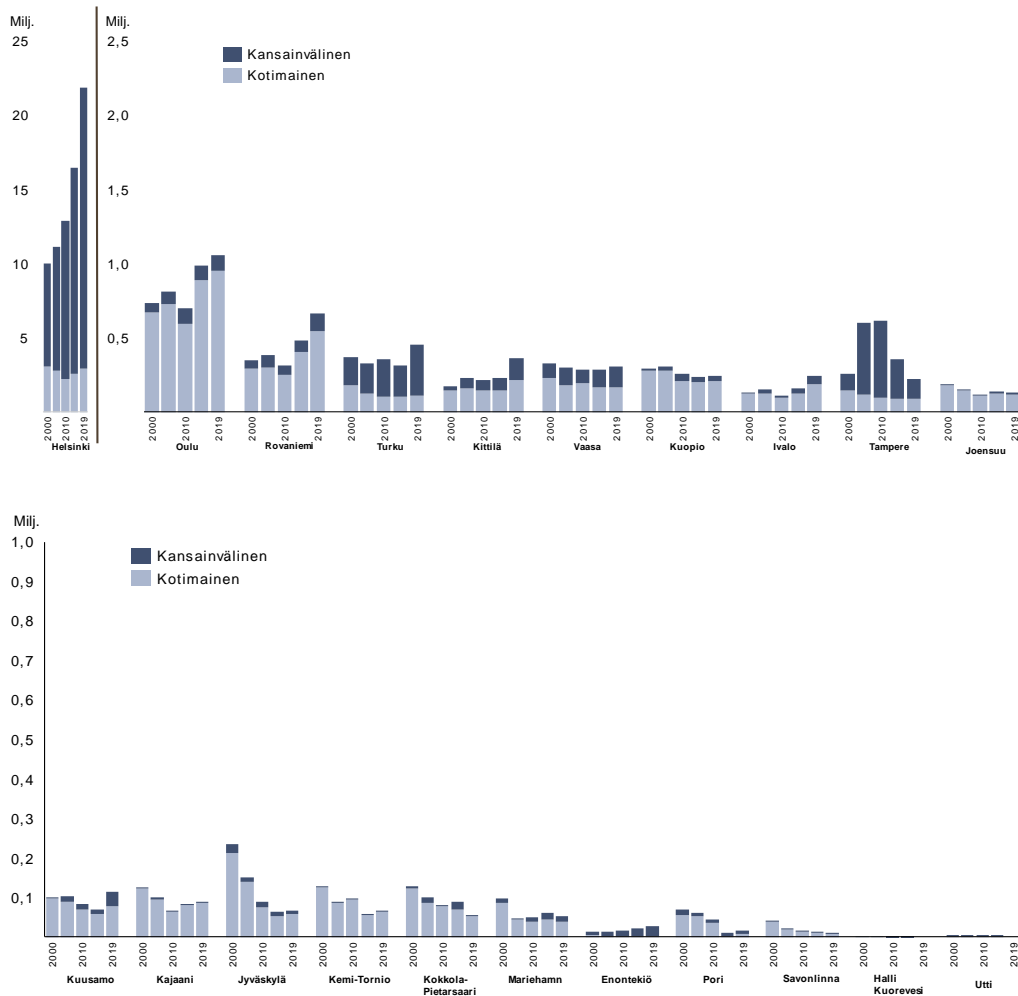
vuonna liikeilmailun laskeutumismäärät olivat 42 300 kotimaan liikenteessä ja 83 500 kansainvälisessä liikenteessä (Finavia, 2020b).

Vuodesta 2000 vuoteen 2019 asti Suomen kansainvälinen lentoliikenne on kasvanut yli 5 prosenttia vuodessa. Kansainvälisen lentoliikenteen kasvu on ollut merkittävää useilla eri lentokentillä. Esimerkiksi Helsinki-Vantaan lentoasemalla kansainvälisten matkustajamäärien kasvu on ollut yli viisi prosenttia vuodessa, Rovaniemellä yli 4 prosenttia ja Oulussa yli 3 prosenttia. Lapin lentoasemilla kansainvälisen lentoliikenteen vuosittainen kasvu on ollut vielä suurempaa, josta esimerkiksi Kittilässä yli 11 prosenttia ja Ivalossa noin 15 prosenttia vuodessa. Samana ajanjaksona kotimainen lentoliikenne on pysynyt lähes vakiona. Kuvassa 2 on esitetty kotimaisen ja kansainvälisen liikeilmailun matkustajamäärien kehittyminen vuodesta 2000 aina vuoteen 2019. (Finavia, 2020e)

Kuva 2. Kotimaisen ja kansainvälisen liikeilmailun matkustajamäärät (Finavia, 2020e)



Helsinki-Vantaa on Suomen suurin lentokenttä niin matkustajamäärissä kuin laskeutumisissakin mitattuna. Kuten kuva 3 osoittaa, kansainvälisten lentomatkustajien määrä on merkittävä osa Helsinki-Vantaan matkustajista, kun taas suurimassa osassa muissa Suomen lentoasemilla kotimaan matkustajat kattavat suurimman osan matkustajamäärästä. (Finavia, 2020e)

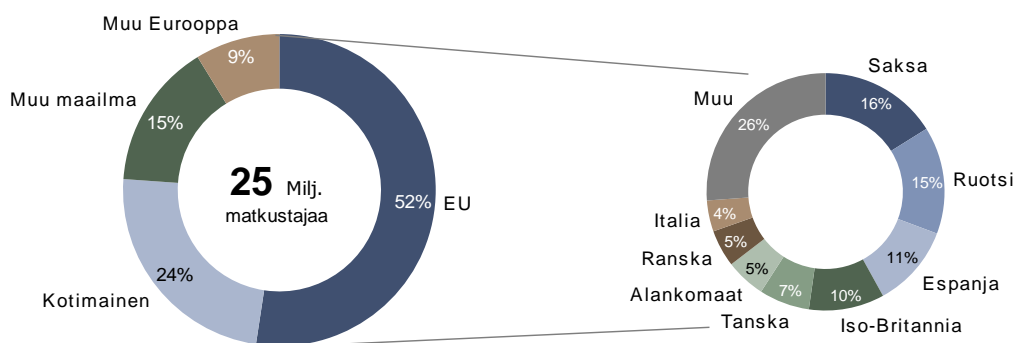
Kuva 3. Matkustajamäärät lentoasemittain (Finavia, 2020e)


Helsinki-Vantaa käsittää 84 % Suomen matkustajamääristä ja 76 % Suomeen laskeutuvista lennoista (Finavia, 2020j). Vuonna 2019 Helsinki-Vantaan matkustajamäärä oli 21,9 miljoonaa. Vuonna 2019 Helsinki -Vantaan matkustajista noin 38 prosenttia oli vaihtomatkustajia, joista suurin osa matkustaa Japanin, Saksan, Kiinan tai Ruotsin reittejä. Vuonna 2000 Helsinki-Vantaan matkustajamäärä oli 10 miljoonaa, mikä on alle puolet nykyisestä matkustajamäärästä, ja vaihtomatkustajien osuus oli vain 20 %. Vaihtomatkustajien määrä on kasvanut tasaisesti viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana ja vuonna 2010 Helsinki-Vantaan matkustajamäärä oli jo lähes 13 miljoonaa ja vaihtomatkustajien osuus oli kasvanut 29 prosenttiin. Viimeisen kymmenen vuoden aikana Helsinki-Vantaan liikenne matkustajamäärissä mitattuna on kasvanut 5,7 % vuodessa. Samana aikana vaihtomatkustajien määrä on kasvanut peräti 9,4 %/a. (Finavia, 2020j; Finavia, 2020k)

Suomessa Finavian lentoasemilta matkusti noin 25 miljoonaa matkustajaa vuonna 2019. EU:n alue oli suosituin matkakohde kansainvälisessä reittiliikenteessä 52 prosentilla, muun maailman osuus oli 15 % ja muun Euroopan 9 % (kuva 4). Vuonna 2019 kansainvälisen reittiliikenteen kolme suurinta matkakohdetta olivat Saksa (2,1 miljoonaa matkustajaa), Ruotsi (1,9 miljoonalla matkustajaa) ja Espanja (1,4 miljoonaa matkustajaa). Muut merkittävät Euroopan maat kansainvälisessä reittiliikenteessä olivat Iso-Britannia, Tanska, Alankomaat, Ranska ja Italia. (Finavia, 2020f)

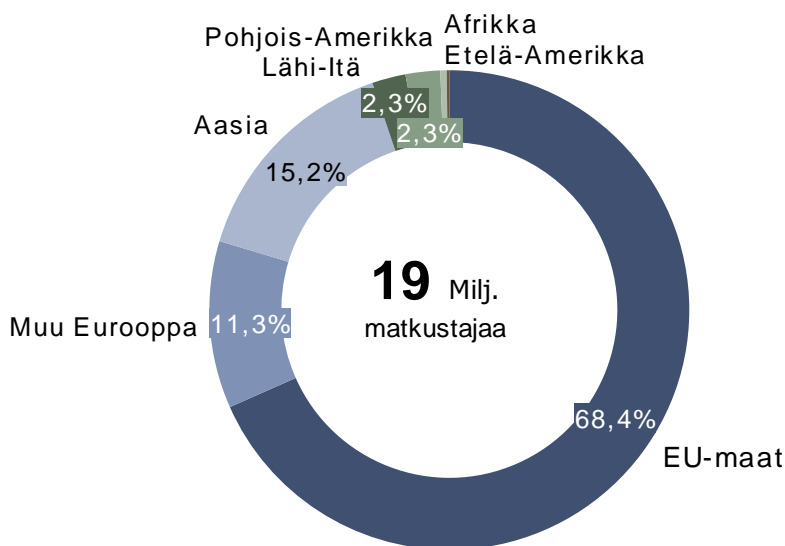
Muun maailman matkakohteista suosituimpia olivat Japani, Kiina, Yhdysvallat, Thaimaa ja Hongkong. Viimeisen viiden vuoden aikana Japanin reittiliikenteen matkustajamäärät ovat kasvaneet 50 %, Kiinan 63 %, Yhdysvaltojen 88 %, Thaimaan 45 % ja Hongkongin 99 %. Helsinki-Vantaan lentoasemasta onkin kasvanut merkittävä kaukoliikenteen keskus Euroopan ja Aasian välisessä lentoliikenteessä. Suomen maantieteellinen sijainti Euroopan ja Aasian välillä on yksi tärkeistä kilpailueduista. (Finavia, 2020g).

Kuva 4. Reittiliikenteen matkustajat Suomesta maittain vuonna 2019 (Finavia, 2020f)



Helsinki-Vantaan lentoasema on liikevaihdoltaan merkittävin lentoasema Finavialle. Tällä hetkellä Finavialla on käynnissä vuosien 2013–2024 kehitysohjelmat Helsinki-Vantaan ja Lapin lentoasemille. Helsinki-Vantaan lentoasema on pystynyt kasvattamaan osuuttaan Aasian ja Euroopan välisessä vaihtomatkatustajaliikenteessä muun muassa Finnairin uusien Aasian reittien ja vuoronlisäysten johdosta. Kuvasta 5 voi huomata, että Helsinki-Vantaan matkustajista suurin osa 68,4 % on EU:n reittiliikenteen matkustajia, 15,2 % Aasian reittiliikenteen matkustajia, 11,3 % muun Euroopan reittiliikenteen matkustajia, 2,3 % Lähi-idän matkustajia ja 2,3 % Pohjois-Amerikan matkustajia. (Finavia, 2020j)

Kuva 5. Helsinki-Vantaan matkustajat maanosittain vuonna 2019 (Finavia, 2020j).



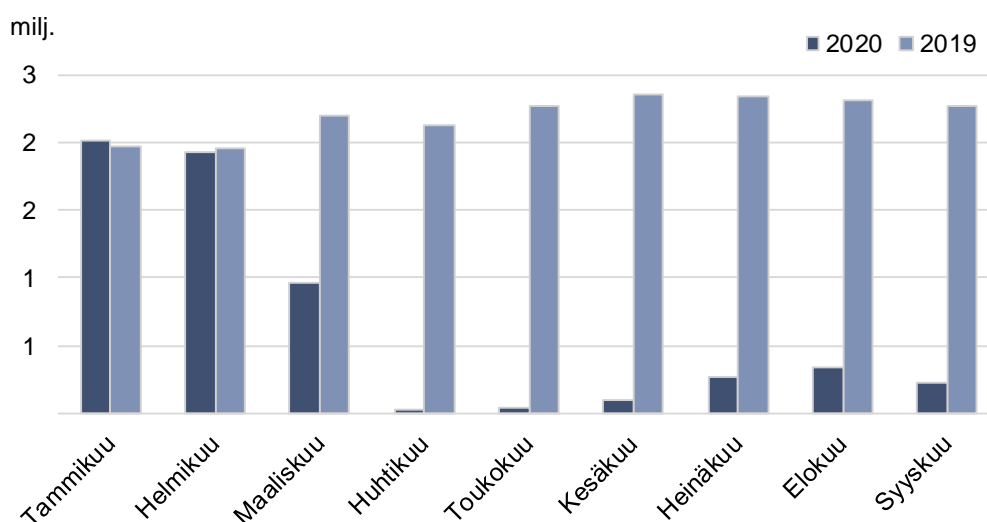
3.3 Pandemian vaikutukset Suomen lentoliikenteelle

Koronavirus pandemia (covid-19) on vaikuttanut merkittävästi kansainväliseen lentoliikenteeseen. Maailmanlaajuisten matkustajamäärien on arvioitu laskevan 55 % vuonna 2020 verrattuna edellisen vuoden tilastoihin (IATA, 2020b). Suomessa vaikutukset lentoliikenteeseen ovat olleet vielä suuremmat. IATA on ennustanut, että kansainvälinen lentoliikenne ei tule palautumaan pandemiaa edeltävälle tasolle ennen vuotta 2024. Lentoliikenteen uskotaan palautuvan nopeammin lyhyillä kuin pitkillä lentomatoilla. (IATA, 2020b) Finnair on todennut, että lentojen palautuminen vuoden 2019 tasolle tulee kestämään vähintään kaksi tai kolme vuotta, ja Finnair tavoittelee pysyvää 140 miljoonan euron kustannustason alenemaa vuoden 2022 alusta lähtien (Finnair, 2020c). Tämän saavuttaakseen Finnair aloitti syyskuussa 2020 yhteistoimintaneuvottelut koronaviruksesta johtuvan lentoliikenteen vähentymisen takia. Neuvottelujen tuloksena Finnair vähentää Suomessa noin 600 työpaikkaa maaliskuun 2021 loppuun mennessä ja jatkaa lähes koko henkilöstönsä lomautuksia. (Finnair, 2020d)

Covid-19 on tuonut ennalta arvaamattoman epävarmuuden kansainväliselle lentoliikenteelle ja lentoliikenteen palautumista on mahdotonta ennustaa näin pandemian

keskellä. Toimijakuulemisissa nousi esille epäily suomalaisten työmatkailun pysyvistä muutoksesta. Lähes kaikki tilaisuudet ja kokoukset ovat siirtyneen virtuaalisiksi, mikä tulee kasvattamaan etäkokousten määrää myös pandemian jälkeen. Kuva 6 osoittaa, kuinka dramaattisesti lentoliikenteen matkustajamäärät ovat pudonneet tämän vuoden maaliskuusta alkaen. Matkustajamäärien pudotessa myös lentoliikenteen polttoainemäärät ja sitä kautta päästöt ovat tippuneet Suomessa. Toistaiseksi polttoainemäärien uskotaan palaavan lentoliikenteen myötä pandemiaa edeltävälle tasolle vuoteen 2024 mennessä. Lentoliikenteen murros antaa toisaalta mahdollisuuksia kestävämpään kansainvälisen lentoliikenteen kasvuun.

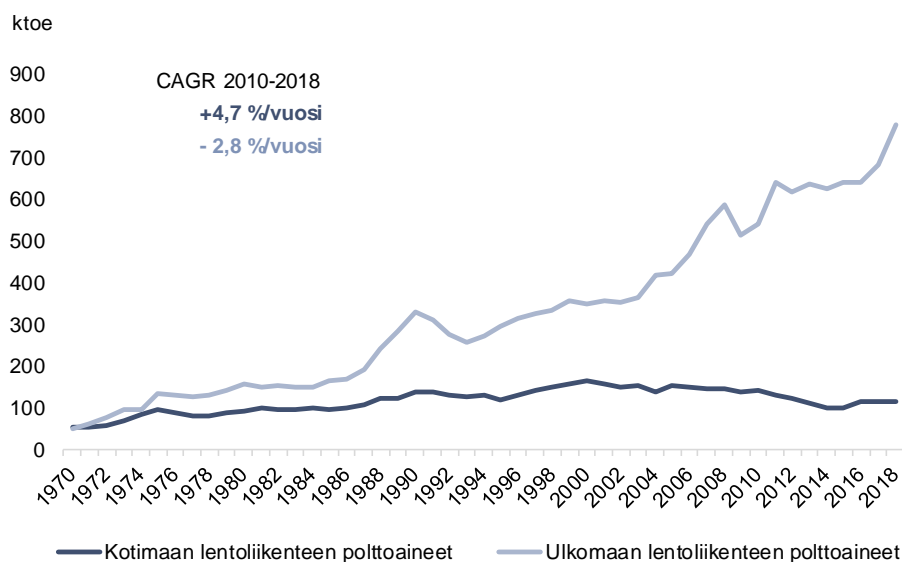
Kuva 6. Suomen lentoasemien matkustajamäärät 2019 vrt. 2020 (Tilastokeskus, 2020a)



3.4 Polttoainemäärät

Vuonna 2018 Suomessa jaettiin 780 ktoe lentoliikenteen polttoaineita. Ulkomaan lentoliikenteen tankattujen polttoaineiden määrät ovat kasvaneet vuodesta 1970 asti, kun taas kotimaan lentoliikenteen polttoaineet ovat pysyneet melko tasaisena viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana (kuva 7). Suurin osa Suomessa jaellusta lentopolttoaineesta on suihku- ja potkuriturbiinimoottorien käyttämään JET A-1 -lentopetrolia. Lentobensiinin osuus vuonna 2018 oli vain 970 tonnia, joka vastaa 0,1 prosenttia kaikesta jaellusta polttoaineesta. (Tilastokeskus, 2020c)

Kuva 7. Kotimaan ja ulkomaan lentoliikenteeseen jaellut polttoaineet Suomessa (Tilastokeskus, 2020c)



Suomessa on kolme lentopolttoainejakelijaa: Neste, AirBP ja Shell. Kaikki kolme jakelijaa toimivat Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Lisäksi Neste ja AirBP operoivat myös muutamia maakunnissa sijaitsevia lentoasemia ja Shell vastaa jakelusta Lapin lentoasemilla. Kaikki jakelijat tuntevat uusiutuvan lentopolttoaineen markkinat ja heillä on aiempaa kokemusta sen jakelusta.

Neste on suomalainen pörssi-yhtiö, joka on maailman suurin jätteistä ja tähteistä jalostetun uusiutuvan dieselin ja uusiutuvan lentopolttoaineen tuottaja sekä korkealaatuisten öljytuotteiden jalostaja (Neste, 2020a). Neste on myös merkittävä fossiilisen lentopolttoaineen tuottaja ja jakelija Suomessa. Tällä hetkellä Nesteellä on neljä tuotantolinjaa Porvoon jalostamolla ja viides Naantalissa. Porvoon kokonaistuotantokapasiteetti on noin 13,5 miljoonaa tonnia vuodessa ja jalostamon tärkeimmät tuotteet ovat liikennepolttoaineet, laivapolttoaineet ja öljy. Naantalin kokonaistuotantokapasiteetti on noin 3 miljoonaa tonnia vuodessa ja jalostamon tärkeimmät tuotteet ovat liuottimet, bitumit ja pienmoottoribensiinit. Naantalissa ei tuoteta lentoliikenteen polttoaineita. (Neste, 2020b) Tällä hetkellä Neste suunnittelee Suomen jalostamotoimintojen uudelleenjärjestelyä ja tutkii Naantalin jalostamotoimintojen lakkauttamista sekä Porvoon jalostamon kehittämistä kohti uusiutuvien ja kierrätysraaka-aineiden prosessointia (Neste, 2020c). Nesteellä on Suomen jalostamokokonaisuuden lisäksi jalostamot Alankomaissa, Rotterdammassa ja Singaporessa.

AirBP on yksi maailman suurimmista lentopolttoaineen jakelijoista. Yhtiöllä on yli 800 aseman verkosto yli 55 maassa. Ennen covid-19 pandemiaa AirBP tankkasi noin

6 000 lentoa päivittäin. (AirBP, 2020a) AirBP oli ensimmäinen toimija, joka aloitti uusiutuvan lentopolttoaineen kaupallisen jakelun Oslon lentokentällä hyödyntäen olemassa olevaa lentopolttoaineen jakelujärjestelmää. AirBP on tehnyt yhteistyötä muun muassa Nesteen kanssa uusiutuvan lentopolttoaineen jakelussa muun muassa Ruotsin Kalmar Öland lentokentällä. AirBP:n uusiutuvaa BP Biojet -polttoainetta on tähän mennessä toimitettu 16 lentokentälle kolmella eri mantereella. Uusiutuvaa lentopolttoainetta on jo jaeltu muun muassa Norjassa, Ruotsissa, Ranskassa ja Yhdysvalloissa. (AirBP, 2020b)

Shell lentoliikenteellä on yksi maailman laajimmista polttoaineen jakeluverkoista kattuen noin 900 lentokenttää yli 60 maassa (Shell, 2020a). Shell ja Neste ovat allekirjottaneet sopimuksen uusiutuvan lentopolttoaineen tarjonnan lisäämiseksi. Sopimus kasvattaa uusiutuvan lentopolttoaineen tarjontaa ja saatavuutta lokakuusta 2020 alkaen. (Shell, 2020b)

3.5 Jakelun tekninen kuvaus

Suomessa jaeltava lentopolttoaine toimitetaan Nesteen jakeluketjun kautta joko Porvoon jalostamolta Helsinki-Vantaalle ja eteläisen Suomen lentoasemille tai Kemin varastosta Lapin lentokentille. Jakeluvaihtoelalla ei nähdä olevan suurta vaikutusta lentopolttoaineiden jakeluketjuun, sillä sekoitettuna fossiiliseen polttoaineeseen ASTM-sertifioitu uusiutuva lentopolttoaine on täysin yhteensopiva nykyisen jakeluinfratruktuurin kanssa eikä siten vaadi lisäinvestointeja (Neste, 2020e).

Nesteen kaksoisrooli johtavana uusiutuvien lentopolttoaineiden tuottajana ja jakeluketjun haltijana nähdään haasteellisena sekä uusiutuvan lentopolttoaineen kilpaileville tuottajille että muille jakelijoille. Jokainen Suomessa jaeltava polttoainelitra on kulkenut Nesteen toimitusketjun kautta.

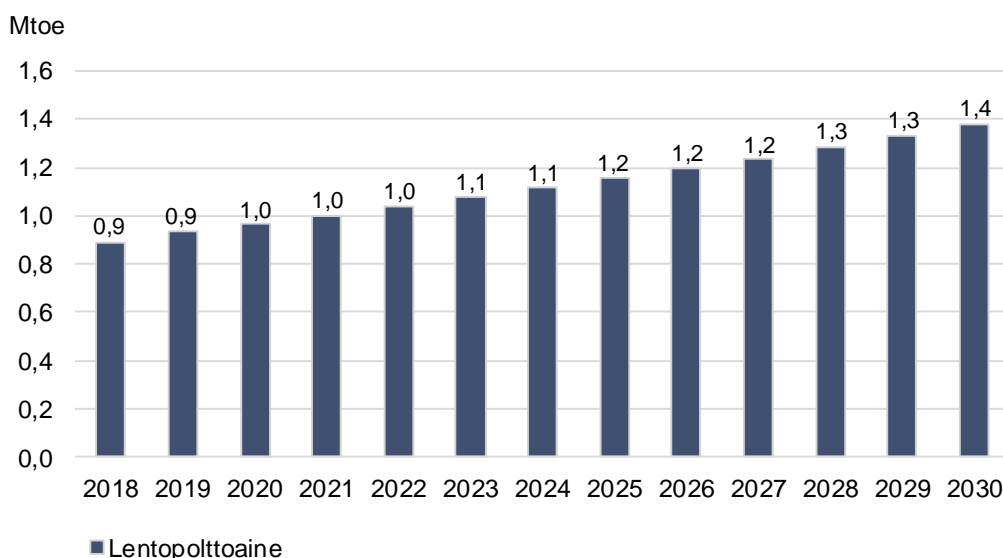
Toimijakuulemisissa korostettiin jakeluvaihtoelteen joustoa sekoitevaihtoelteeeseen nähdä. Sekoitevaihtoelteeessä jokaisessa jaellussa polttoainelitrassa on oltava sama jakeluvaihtoelteen osoittama määrä uusiutuvaa lentopolttoainetta, kun taas jakeluvaihtoelteeessä määrä asetetaan jakelijakohtaisesti vuositasolla. Jakeluvaihtoeltee ei näin edellytä uusiutuvien polttoaineiden jakelua kaikilla lentoasemilla, vaan toiminnat voi keskittää esimerkiksi Helsinki-Vantaalle.

4 Lentoliikenteen polttoaine- ja päästömäärien kehitys vuoteen 2030

Lentoliikenteen uskotaan nykyinäymin palautuvan pandemiaa edeltävälle tasolle aikaisintaan vuonna 2024. Kansainvälisen lentoliikenteen uskotaan jatkavan kasvua kriisin jälkeen, mutta hieman hitaammalla kasvuvauhdilla kuin 2010-luvulla.

Lentopolttoaineiden kysyntä vaikuttaa suoraan lentoliikenteen päästöihin. Ennen covid-19 pandemiaa, Eurocontrol arvioi lentoliikenteen vuoteen 2040 ulottuvassa ennusteessaan, että Suomen lentoliikenteen kasvuvauhdiksi 1,4 % vuodessa. Vertailuna Ruotsin vuosittaiseksi kasvuksi oletettiin 1,5 % ja Saksan 1,6 %. (Eurocontrol, 2018) Suomessa tankatun lentopolttoaineen määrän ennustettiin nousevan 1,4 miljoonaan öljykvivalenttitonniin vuonna 2030 ilman pandemian vaikutuksia. Kuvassa 8 on kuvattu Eurocontrolin ennuste Suomessa tankattujen lentopolttoainemäärien kehityksestä.

Kuva 8. Suomessa tankatun lentopolttoaineen määrän ennuste ilman covid-19 pandemiaa. Lentoliikenteen kasvu 1,4 %/vuosi (Tilastokeskus, 2020c; Eurocontrol, 2018)

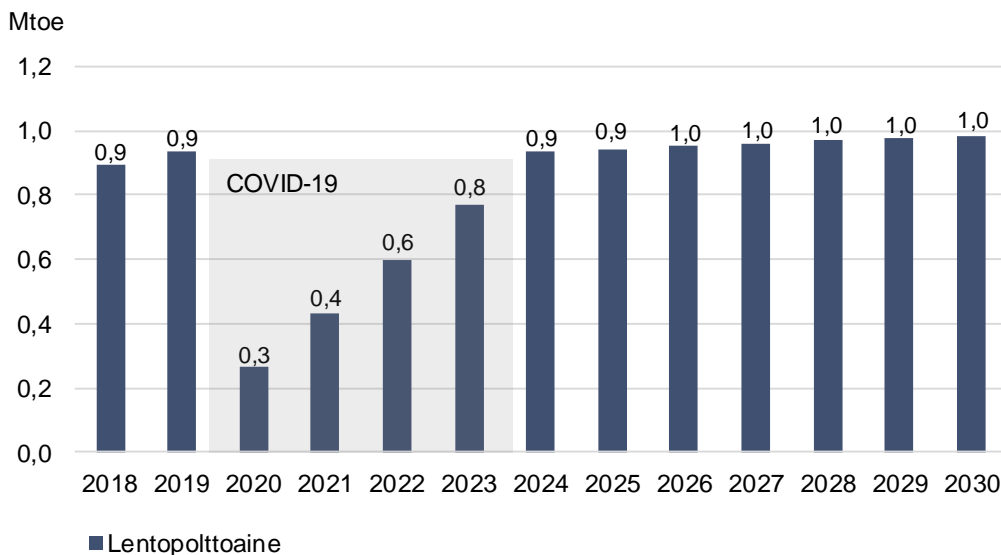


Lentoliikenteen palautumista ja mahdollista kasvua on mahdotonta ennustaa keskellä pandemiaa. Selvityksessä käytetty skenaario Suomessa tankatun lentopolttoaineen

määrästä vuoteen 2030 asti perustuu Eurocontrolin perusarvoon Suomen lentoliikenteen kehityksestä, johon on huomioitu covid-19 vaikutukset toimijakuulemisten pohjalta. Suomessa tankatun lentopolttoaineen perustaso vuonna 2018 perustuu Tilastokeskuksen tuoreimpiin tilastoihin. Vuoden 2019 polttoainemäärä on arvioitu Finavian matkustajamäärien kasvun perusteella, kun taas vuoden 2020 arvio perustuu tähän mennessä julkaistuihin matkustajamääriin. Kuvassa 9 on esitetty tässä selvityksessä käytetty skenaario Suomessa tankatun polttoainemäärien kehityksestä vuosina 2019–2030, huomioiden pandemian vaikutukset.

Selvityksen perusskenaariossa on arvioitu, että vuoden 2020 lentopolttoainemäärä olisi 0,3 Mtoe ja määrä kasvaisi tasaisesti vuoteen 2024 asti, jolloin lentoliikenne palaisi vuoden 2019 tasolle. Vuodesta 2024 eteenpäin selvityksessä on oletettu pandemian myötä hidastunut kansainvälisen lentoliikenteen kasvu Suomessa. Eurocontrolin 1,4 prosentin kasvun sijaan, selvityksessä on oletettu 1 prosentin vuosikasvu 2024–2030 aikavälille. Historiassa lentoliikenne on palautunut poikkeustilanteista kuten globaalista finanssikriisistä ennustettua nopeammin, mutta pandemian tuomia pysyviä muutoksia matkustuskäyttämiseen on liian aikaista arvioida. (Eurocontrol, 2018)

Kuva 9. Selvityksessä käytetty skenaario Suomessa tankatun lentopolttoaineen määrästä huomioiden covid-19 pandemian vaikutukset. Lentoliikenteen hidastunut kasvu 1 %/vuosi.



5 Uusiutuvat lentopolttoaineet

Vuonna 2019 uusiutuvien lentopolttoaineiden kaupallinen tuotanto rajoittui vain muutamiin laitoksiin, mutta saatavuus on jo nyt julkistettujen hankkeiden perusteella riittävä Suomen jakeluvelvoitteen täyttämiseksi. Uusiutuvat lentopolttoaineet tuotetaan pääosin samoilla laitoksilla ja kilpailevat samoista raaka-aineista kuin tieliikenteen polttoaineet, ja niiden hintojen oletetaan säilyvän 2–3 kertaisena fossiiliseen kerosiiniin nähden. Kotimaisista toimijoista sekä Nesteellä, UPM:llä että St1:llä on tavoite kasvattaa uusiutuvien lentopolttoaineiden tuotantoa.

Uusiutuvan lentopolttoaineen valmistukseen on erilaisia tuotantomenetelmiä, joilla valmistettujen polttoaineiden on täytettävä tarkat suorituskykyvaatimukset ennen kuin niitä voidaan käyttää siviili-ilmailussa. Kaikilla lentopolttoaineilla on oltava yhdysvaltalaisen ASTM Internationalin hyväksymä laatusertifikaatti, joka takaa ilmailualan tiukat turvallisuus ja laatuvaatimukset. Uusiutuvan lentopolttoaineen laatuluokitus on ASTM D7566, kun taas perinteisen fossiilisen lentopolttoaineen luokitus on ASTM D1655. Sertifioitu uusiutuva lentopolttoaine on täysin yhteensopiva kaupallisen lentoliikenteen käyttöön sekoitettuna fossiiliseen lentopolttoaineeseen, mutta sotilasilmailussa sitä ei ole vielä täysin hyväksytty. NATO:n CEPS (Central Europe Pipeline System) lentopolttoaineiden jakeluverkko palvelee sekä kaupallisia lentoasemia että sotilastukikohtia, mikä tällä hetkellä vaikeuttaa uusiutuvan lentopolttoaineen jakelua useilla Keski-Euroopan lentoasemilla. Jakeluverkon kuudesta jäsenvaltiosta viisi on jo hyväksynyt uusiutuvan lentopolttoaineen osaksi polttoainejakelua. (IATA, 2019b)

ASTM International on sertifioinut kahdeksan erilaista valmistusmenetelmää uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantoon vuodesta 2009 lähtien, joista uusimmat menetelmät CHJ ja HC-HEFA-SPK hyväksyttiin listalle aiemmin tänä vuonna. Valmistusmenetelmistä vain vetykäsittellyt rasvahapot (HEFA-SPK) on kaupallisessa tuotannossa. HEFA-menetelmä tunnetaan tieliikenteessä myös HVO-termillä (Hydrotreated Vegetable Oils).

Taulukko 2. ASTM-sertifioidut uusiutuvien lentopolttoaineiden valmistusmenetelmät (U.S. Department of Energy, 2020)

Polttoaine ja tuotantomenetelmä	Teknologisen valmiuden taso (TRL)	Polttoaineen valmiuden taso (FRL)	Korkein sallittu sekoitussuhde
Fischer-Tropsch synteettinen parafiininen kerosiini (FT-SPK)	6–8	7	50 vol-%
Fischer-Tropsch synteettinen parafiininen kerosiini aromaateilla (FT-SPK/A)	6–7	7	50 vol-%
Vetykäsittelyt rasvahapot (HEFA-SPK, HVO)	9	9	50 vol-%
Fermentoitujen sokerien käsittely isoparafiiniseksi kerosiiniksi (HFS-SIP)	7–8	5–7	10 vol-%
Alkoholin konversio synteettiseksi parafiiniseksi kerosiiniksi (ATJ-SPK)	6–7	7	50 vol-%
Rasvojen yhteiskäsittely perinteisessä öljynjalostamossa	7–8	6–7	5 vol-%
Katalyyttinen hydrotermolyysi (CHJ)	6–7	6–7	50 vol-%
Synteettinen parafiininen kerosiini vetykäsittelyistä hiilivedyistä ja rasvahapoista (HC-HEFA-SPK)	4–6	6–7	10 vol-%

Työssä on käytetty 80 prosentin päästövähennemää uusiutuville lentopolttoaineille fossiiliseen lentopolttoaineeseen nähden. Fossiilisen lentopolttoaineen päästökertoimeksi on oletettu ICAOn viitteellinen 89 gCO₂/MJ (ICAO, 2019). Neste MY uusiutuvalla lentopolttoaineelle™ raportoidaan enintään 80 % pienemmät kasvihuonekaasupäästöt verrattuna fossiiliseen lentopolttoaineeseen (Neste, 2020). Taulukossa 3 on esitetty eri uusiutuvien lentopolttoaineiden prosentuaalisia päästövähennyksiä suhteessa EU:n 60 prosentin ja 65 prosentin vähimmäispäästövähennyksiin.

Taulukko 3. Prosentuaalinen päästövähennys verrattuna fossiiliseen lentopolttoaineeseen tuotantomenetelmittäin ja raaka-aine kohtaisesti (EASA, 2020)

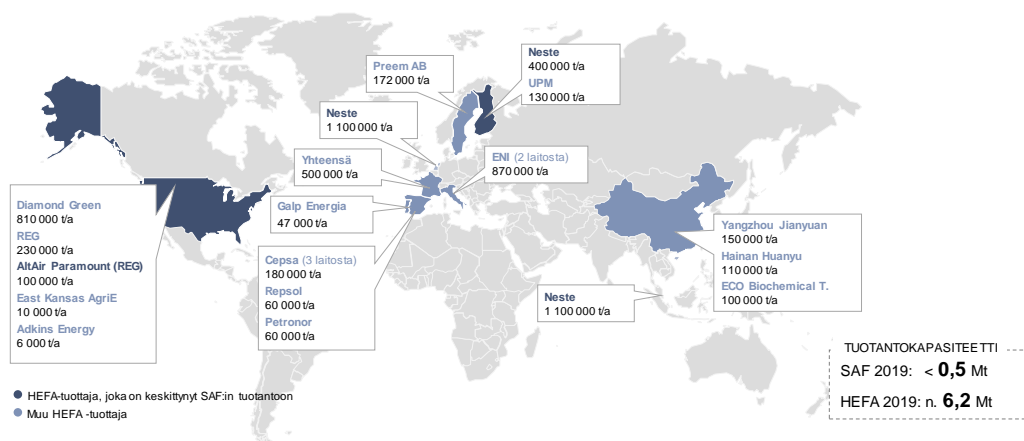
Tuotantomenetelmä	Raaka-aine	Prosentuaalinen päästövähennys verrattuna fossiiliseen lentopolttoaineeseen (89 gCO _{2eq} /MJ)	
Fischer-Tropsch (FT)	Maatalouden jätteet ja tähteet	89–94 %	✓
	Metsätähteet	88 %	✓
	Yhdyskuntajäte	68 %	✓
Vetykäsitellyt rasvahapot (HEFA)	Eläinrasvat	78 %	✓
	Käytetty paistorasva	85 %	✓
	Palmuöljyn rasvahappotisle	76 %	✓
	Soijaöljy	53 %	✗
	Rypsiöljy	48 %	✗
Synteettiset isoparafiinit (SIP)	Sokeriruoko	62 %	✓
	Sokerijuurikas	68 %	✓
Isobutanolin konversio kerosiiniksi (ATJ)	Maatalouden jätteet ja tähteet	71 %	✓
	Metsätähteet	74 %	✓
	Sokeriruoko	69 %	✓
	Maissi	54 %	✗
	Energiakasvit	66 %	✓
	Melassi	69 %	✓
Etanolin konversio kerosiiniksi (ATJ)	Sokeriruoko	69 %	✓
	Maissi	26 %	✗

5.1 Uusiutuvien lentopolttoaineiden saatavuus

Lentoliikenteen uusiutuvat polttoaineet tulevat toistaiseksi samoilta tuottajilta kuin tie liikenteen uusiutuvat polttoaineet. Vuonna 2019 uusiutuvien lentopolttoaineiden tuo-

tanto rajoittui pääosin Nesteen Porvoon ja REG:n (AltAir Paramount) Paramountin laitoksiin, ja polttoaineiden maailmanlaajuinen tuotantokapasiteetti arvioitiin olevan alle 0,5 miljoonaa tonnia. HEFA-kapasiteetti oli kuitenkin kokonaisuudessaan noin 6,2 miljoonaa tonnia vuonna 2019, joka käytettiin suurelta osin tieliikenteessä fossiilisen dieselin korvaajana (kuva 10).

Kuva 10. HEFA-polttoaineiden vuoden 2019 tuotannon tilanne syyskuussa 2019

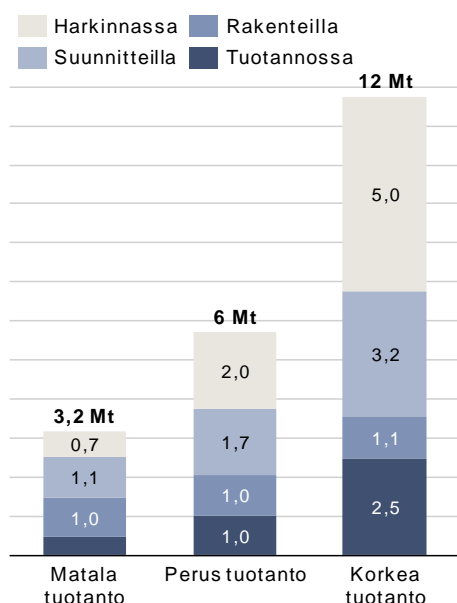


Tämän vuosikymmenen ajan uusiutuvien lentopolttoaineiden tarjonnan kehitys riippuu voimakkaasti sekä HEFA- ja BtL-tuotannon kasvusta että lentoliikenteen kilpailukyvyistä tieliikenteeseen nähden. BtL-tuotannolla viitataan uusiutuvien polttoaineiden termokemiallisiin Biomass-to-Liquid tuotantoreitteihin, joilla voidaan tuottaa ASTM-sertifikaatin mukaisia FT-SPK, FT-SPK/A ja CHJ-polttoaineita. Kehitteillä on myös useita ATJ-tuotantoreittejä alkoholeista uusiutuvaksi lentopolttoaineeksi.

Nykyisillä HEFA/HVO-laitoksilla maksimoidaan päätuotteen eli uusiutuvan dieselin tuotanto, jonka ohella tuotannossa syntyy uusiutuvaa naftaa ja kevyitä jakeita. Uusiutuva nafta voidaan käyttää bensiinikomponenttina tai myydä kemianteollisuuden raaka-aineeksi, kun taas kevyet jakeet koostuvat muun muassa nestekaasusta, joka suurimmalla osalla laitoksista kierrätetään takaisin prosessiin. Uusiutuva lentopolttoaine on kemialliselta koostumukseltaan diesel- ja bensiinijakeiden välistä, ja lentopolttoaineiden tuotanto HEFA-laitoksilla vaatii tarkemman lopputuotetislauksen. Lentoliikenteen polttoaineet tarvitsevat myös erinomaiset kylmäominaisuudet, jotka saavutetaan erillisellä isomeroityksiköllä. Uusiutuvien lentopolttoaineiden tuotanto tieliikenteen HEFA-laitoksilla on siis teknisesti mahdollista, mutta vaatii lisäinvestointeja. AFRYn haastattelemat sidosryhmät arvioivat uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantokustannusten olevan vähintään 20 % korkeammat kuin uusiutuvan dieselin tuotannossa. AFRYn ymmärryksen mukaan, lähes kaikki uudet tieliikenteen HVO- ja BtL-hankkeet suunnitellaan niin, että markkinatilanteesta riippuen niissä on mahdollista tuottaa myös uusiutuvia lentopolttoaineita.

Uusiutuvan lentopolttoaineen osuus HEFA- ja BtL-reittien lopputuotannosta voi vaihdella suuresti teknologiasta ja markkinatilanteesta riippuen. Uusiutuvan lentopolttoaineen saatavuuden arvioimiseksi laadittiin kolme skenaariota julkistettujen HEFA- ja BtL-projektien pohjalta: (1) matalassa skenaariossa 5 % HEFA- ja 10 % BtL-tuotantokapasiteetista on oletettu lentopolttoaineille, (2) perusskenaariossa prosentiosuudet ovat 15 % HEFA ja 30 % BtL, ja (3) korkeassa 40 % HEFA ja 50 % BtL. Perusskenaariossa uusiutuvien lentopolttoaineiden tuotantokapasiteetti olisi noin 6 miljoonaa tonnia vuonna 2025, kun matalassa skenaariossa kapasiteetti olisi vain 3 miljoonaa ja korkeassa jopa 12 miljoonaa tonnia (kuva 11). Uusiutuvan lentopolttoaineen saatavuus on jo nyt julkistettujen hankkeiden perusteella riittävä sekä Suomen että myös EU-laajuisen jakeluvelvoitteen täyttämiseksi.

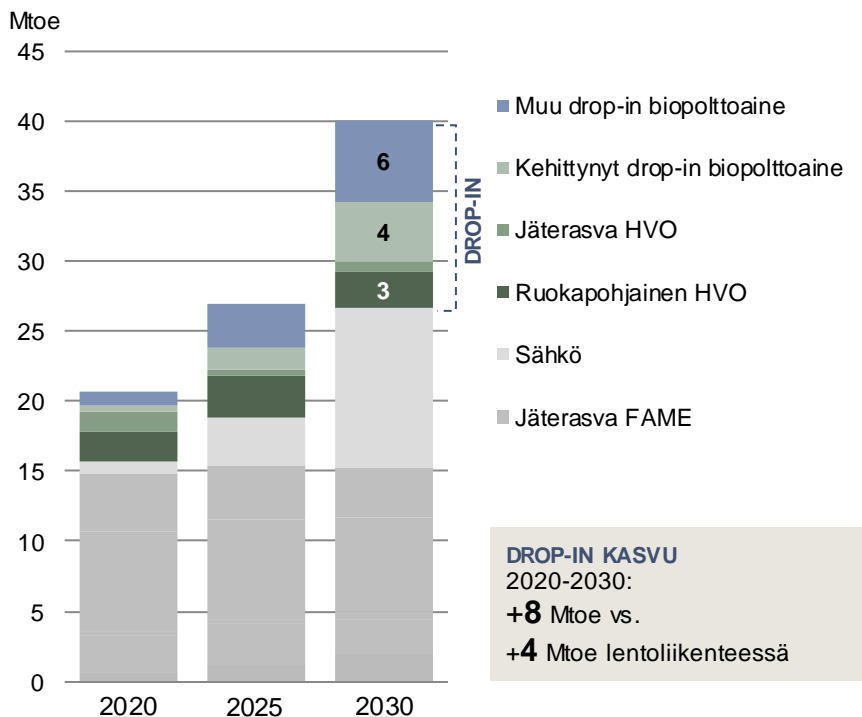
Kuva 11. Skenaariot uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantokapasiteetista globaalisti vuonna 2025



Uusiutuvien lentopolttoaineiden markkinat kilpailevat samoista drop-in polttoaineista ja raaka-aineista tieliikenteen kanssa. Drop-in termillä viitataan polttoaineisiin, jotka ovat täysin yhteensopivia nykyisen moottoriteknologian ja jakeluinfrastruktuurin kanssa, kuten edellä mainitut HEFA- ja BtL-polttoaineet. Uusiutuvien polttoaineiden kysyntä Euroopan tieliikenteessä tulee kasvamaan merkittävästi vuoteen 2030 mennessä uusiutuvan energian direktiivin (RED II) ja jäsenvaltioiden kansallisten päästövähennämätavoitteiden ajamana. AFRYn mallinnusten mukaan tieliikenteen uusiutuvien polttoaineiden kysyntä tulee lähes kaksinkertaistumaan noin 20 Mtoe tasosta vuonna 2020 jopa 40 Mtoe:n vuonna 2030. Kasvu nojaa voimakkaasti liikenteen sähköistymiseen. Jos liikenteen sähköistymistavoitteisiin ei päästä, kysyntä muissa uusiutuviissa polttoaineissa tulee kasvamaan vielä merkittävämmän. Nestemäisistä polttoaineista kasvu

on suurin juuri drop-in polttoaineissa. Tieliikenteessä odotetaan noin 8 Mtoe:n lisäystä drop-in polttoaineille, kun lentoliikenteessä ReFuelEU:n ja kansallisten tavoitteiden yhteenlaskettu kysyntä vuonna 2030 olisi noin 4 Mtoe (kuva 12). Tieliikenteen jakeluvelvoitteet nähdään toistaiseksi tärkeimpänä ajurina täysin uusille uusiutuvien polttoaineiden investointihankkeille.

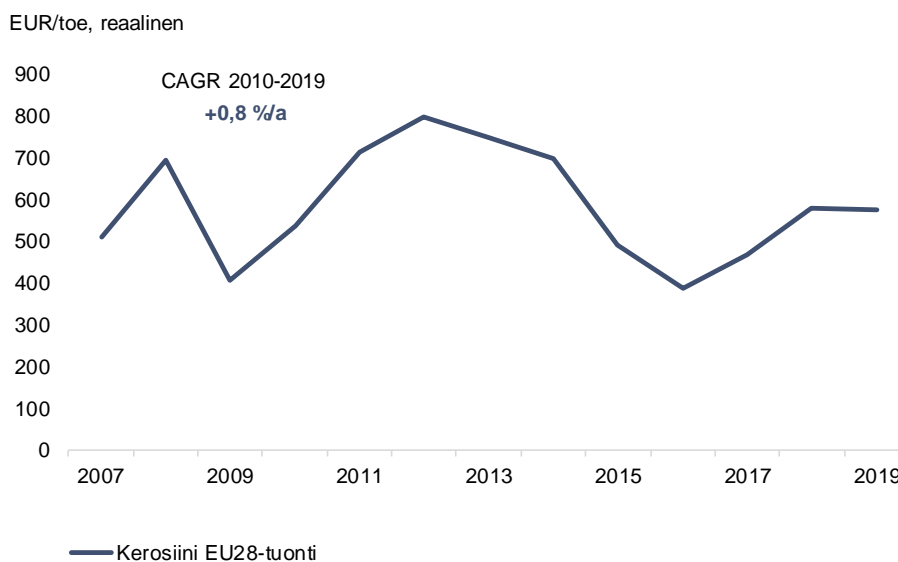
Kuva 12. Tieliikenteen uusiutuvien polttoaineiden ja sähkön kysyntä EU-28



5.2 Lentopolttoaineiden hintakehitys vuoteen 2030

Kerosiinin hinta on vaihtelee suuresti raakaöljyn hintavaihteluiden mukana (IATA, 2020f). Kerosiinin hinnat Euroopassa ovat vaihdelleet 400–800 EUR/toe välillä vuosina 2007–2019 (kuva 13).

Kuva 13. Kerosiinin hintakehitys Euroopassa (Eurostat, 2020)



Uusiutuvien lentopolttoaineiden hinnoille ei ole saatavissa julkisia hintanoteerauksia tai -sarjoja, sillä polttoaineiden kaupallinen tuotanto on keskittynyt globaalisti vain kahdelle päätoimijalle (Neste, REG) ja myyntihinnat ovat perustuneet kahdenvälisiin sopimuksiin. Myöskään tullitilastojen avulla ei voida määrittää uusiutuville lentopolttoaineille tuonti- ja vientihintoja, sillä uusiutuvan lentopolttoaineen tullikoodi on sama kuin fossiilisen kerosiinin. Tässä selvityksessä on kuitenkin arvioitu uusiutuvien lentopolttoaineiden hintakehitystä, jotta voidaan tutkia jakeluvaihtoehtojen kustannusvaikutuksia.

Koska uusiutuva lentopolttoaine tullaan pääasiassa tuottamaan samoilla laitoksilla kuin tieliikenteen uusiutuva diesel, oletetaan hinnan määräytyvän voimakkaasti tieliikenteen markkinahinnan pohjalta. Uusiutuvalla lentopolttoaineella arvioidaan olevan noin 20–40 % hintapremio verrattuna tieliikenteen uusiutuvaan dieseliin keskipitkällä aikavälillä, kun tarjonta tasaantuu useamman toimijan välille. Premion on katettava korkeampien tuotantokustannusten lisäksi myös muut tuotejakauman muutokset, sillä lentopolttoaineita valmistettaessa myös naftan ja keveiden tuotejakeiden osuus tuotannosta voi kasvaa. Uusiutuvan lentopolttoaineen rajatusta tarjonnasta johtuen, tämänhetkiset markkinahinnat voivat olla kuvassa 14 esitettyjä hintoja korkeammat.

Kasvavasta tuotannosta ja teknologian oppimiskäyrästä huolimatta uusiutuvien lentopolttoaineiden markkinahintojen ei oleteta laskevan vuoteen 2030 mennessä, sillä hinnoittelu tulee olemaan niukkuusperusteista. Kilpailu tieliikenteen kasvavan kysynnän kanssa yhdistettynä kestävien raaka-aineiden rajattuun saatavuuteen ylläpitää korkeita markkinahintoja. Neste on arvioinut uusiutuvan dieselin kysynnän ylittävän 20

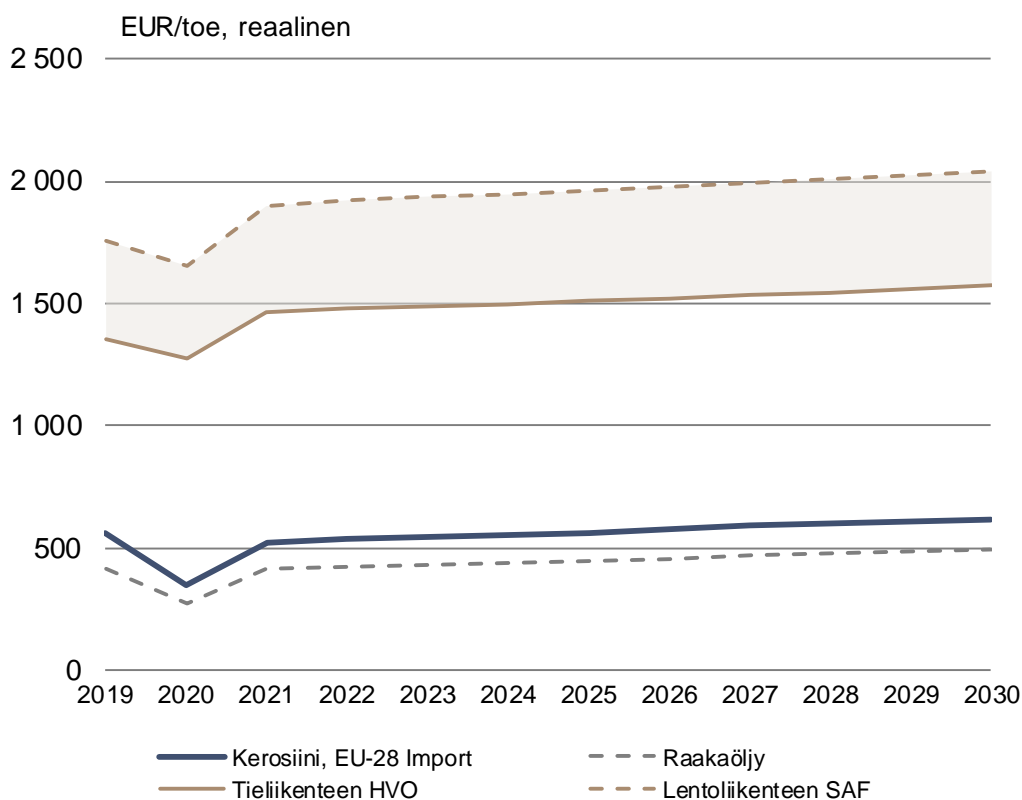
Mtoe vuoteen 2030 mennessä, kun taas tällä hetkellä käytettävien jäte- ja tähde-raaka-aineiden globaaliksi saatavuudeksi on arvioitu 35 Mtoe (Neste, 2020f). Raaka-aineiden saatavuus ja riittävyys on aiheuttanut paljon keskustelua, erityisesti kehittyneiden biopolttoaineiden osalta. Monet tuottajat keskittyvätkin laajentamaan raaka-ainepohjaa yhä enemmän myös kiinteisiin biomassoihin ja sähköpolttoaineisiin, joiden tuotantokustannukset on arvioitu 30–400 % HEFA-menetelmää korkeammaksi (Neste, 2020f).

Fossiilisen lentopolttoaineen osalta tulevaisuuden hinta-arviot on kiinnitetty IEA:n viimeisimmän World Energy Outlook 2020 -julkaisun öljynhintaennusteeseen. Työssä on käytetty ”New Policies”-skenaarion mukaista dollaripohjaista reaalihintaanustetta, jossa raaka-öljyn hinta nousee 76 dollariin barreilta vuonna 2030. (IEA, 2020) Kerosiin hinnat arvioitiin tämän ennusteen pohjalta käyttäen niiden historiallisia hintakorrelaatioita suhteessa raakaöljyyn. Vuodesta 2020 eteenpäin valuuttakurssien osalta käytettiin pitkänajan USD/EUR vaihtokurssiarviota 0,833.

Tieliikenteen HVO-polttoaineiden hinta on määrätynyt viimevuosina pitkälti eri maiden biopolttoaineiden veroetujen tai sakkomaksujen kautta. Tarjontarajoitteinen markkinahinta asettuu lähelle asetettuja sakko- tai veroetuja, sillä jäsenvaltiot kilpailevat pahimmillaan samoista niukoista tuotantomääristä eri ohjauskeinojen avulla. Nykysäilyksen mukaan kovin niukkuus asettuisi juuri vuoden 2030 läheisyyteen, jolloin uuden teknologian biopolttoainelaitoksia, kuten BtL-laitoksia, on juuri päästy rakentamaan laajemmin ja samalla EU:n biopolttoainepolitiikka vaatii jo merkittävien biopolttoainemäärien käyttöä kansallisella tasolla. Tieliikenteen uusiutuvien polttoaineiden hintakehitystä on tarkasteltu laajemmin Suomen tieliikenteen jakeluelvoitteen taustaselvityksissä. (Sipilä;Kiuru;Nylund;& Sipilä, 2020)

Näillä oletuksilla ja 30 % preemiolla tieliikenteen polttoaineisiin nähden uusiutuvien lentopolttoaineiden hinnat nousisivat tarjonnan niukkuudesta johtuen noin 2 100 EUR/toe tasolle vuonna 2030. Uusiutuvien lentopolttoaineiden ja fossiilisen kerosiinin hintaeron oletetaan pysyvän noin 1400 EUR/toe tasolla. Kuvassa 14 esitetään lentopolttoaineineen hinta-arviot Euroopassa vuosina 2019–2030.

Kuva 14. Lentopolttoaineen hinta Euroopassa 2019–2030 (IEA, 2020)



5.3 Sähköpolttoaineet tulevaisuuden ratkaisuna

Sähköpolttoaineet, jotka tunnetaan myös PtL (Power-to-Liquid) tai PtX (Power-to-X) -polttoaineina, nähdään lupaavana vaihtoehtona lentoliikenteelle, mutta valmistusteknologiat ovat vielä kehitysvaiheessa. Sähköpolttoaineita voidaan tuottaa uusiutuvan energian avulla suoraan ilmasta tai prosessikaasuista erotetusta hiilidioksidista, jolloin raaka-aineiden saatavuus ei ole rajoitettu. Sähköpolttoaineiden laajemman kaupallisen tuotannon arvioidaan käynnistyvän 5–10 vuoden kuluessa. Laajemmalla kaupallisella tuotannolla viitataan yli 100 000 toe tai 1,1 TWh vuosituotantoon. Suomessakin on julkistettu viime aikoina useita Power-to-X -selvityshankkeita metaanin tai neste-mäisten polttoaineiden kuten metanolin valmistamiseksi.

Neste arvioi sähköpolttoaineiden tuotantokustannukset vielä 2–5 -kertaiseksi HEFA-lentopolttoaineisiin verrattuna (Neste, 2020f). Sekä kotimaiset toimijat että World

Economic Forumin ”Clean Skies for Tomorrow” -koalitio näkevät sähköpolttoaineet vasta 2030-luvun ratkaisuna lentoliikenteen päästöjen vähentämiseen (World Economic Forum, 2020). Kilpailukykyisten tuotantokustannusten mahdollistamiseksi tarvitaan suuret määrät edullista uusiutuvaa sähköä mahdollisimman korkealla vuotuisella käyttöasteella, sillä lyhyillä käyttöajoilla pääomakulujen osuus kasvaa merkittäväksi (LiQuid Wind, 2020).

Sähköpolttoaineiden kasvihuonekaasupäästöjen vähennystä koskevat kriteerit tullaan julkaisemaan viimeistään 31. joulukuuta 2021 komission delegoituna säädöksenä. RED II direktiivien määritelmien mukaan näiden polttoaineiden tulee täyttää vähintään 70 % päästövähennämät suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin. Biopolttoaineiden vähimmäispäästövähennämä on 60 % lokakuun 2015 jälkeen käynnistyneille laitoksille ja 65 % uusille tammikuun 2021 jälkeen käynnistyneille laitoksille. Lentoliikenteen jakeluvelvoite tulisi toteuttaa uusiutuvien polttoaineiden velvoitteena biopolttoaineiden sijaan, jotta myös sähköpolttoaineet saataisiin osaksi jakeluvelvoitetta. Erillinen alavelvoite on todettu tehokkaaksi keinoksi tukea uuden teknologian kehitystä ja kaupallistamista erityisesti kehittyneiden biopolttoaineiden osalta, ja muun muassa Saksassa harkitaan erillistä lentoliikenteen sähköpolttoaineiden alavelvoitetta. Teknologiakehitys on kuitenkin niin varhaisessa kehitysvaiheessa, että on liian aikaista asettaa sitovaa velvoitetta sähköpolttoaineille. Tilannetta tulisi tarkastella uudelleen vuonna 2025 kun nähdään kuinka realistista alavelvoitteen täyttäminen olisi.

5.4 Kotimainen uusiutuvien lentopolttoaineiden tuotanto

Kotimaisista yrityksistä sekä Nesteellä, UPM:llä että St1:llä on suunnitelmia kasvattaa uusiutuvan lentopolttoaineiden tuotantoa. Neste on maailman johtava uusiutuvien lentopolttoaineiden tuottaja Porvoon jalostamon 100 000 tonnin kapasiteetillaan. Neste MY uusiutuva lentopolttoaine™ tuotetaan tällä hetkellä 100-prosenttisesti jätteistä ja tähteistä, kuten käytetystä paistorasvasta ja eläinrasvoista (Neste, 2020g). Neste on tehnyt myös 1,5 miljardin euron investointipäätöksen uudesta vuonna 2023 käynnistyvästä HEFA-laitoksesta Singaporeen, jonka odotetaan tuottavan jopa 1 miljoonaa tonnia uusiutuvia lentopolttoaineita. Rotterdamin mahdolliset lisäinvestoinnit kasvattaisivat uusiutuvan lentopolttoaineen vuosituotantoa vielä 450 000 tonnia vuoteen 2024 mennessä (Neste, 2020f). Singaporen ja Rotterdamin hankkeiden ohella Neste suunnittelee täysin uutta miljoonan tonnin laitosta, jonka tuotannosta 0,5 miljoonaa tonnia voisi olla uusiutuvia lentopolttoaineita. Projektin sijaintia ei ole vielä vahvistettu ja ympäristövaikutusten arvioinnit ovat käynnissä sekä Porvoossa että Rotterdamissa. Hankkeen investointipäätöstä odotetaan vielä vuoden 2021 aikana, jolloin laitos käyn-

nistyisi aikaisintaan vuonna 2025. Nesteen yhteenlaskettu kotimainen uusiutuvien lentopolttoaineiden tuotanto vuonna 2025 voisi olla 100 000 tai 600 000 tonnia. (Neste, 2020b)

UPM:n tuottaa Lappeenrannan HEFA-laitoksellaan noin 130 000 t/a mäntyöljypohjaista dieseliä ja naftaa, mutta ei lentoliikenteen polttoaineita. UPM suunnittelee uutta biopolttoainelaitosta joko Keski-Eurooppaan tai Kotkaan, joista Kotka mainitaan ensisijaisena sijoituspaikkana. (Kymen sanomat, 2020; UPM, 2020) Kotkan ympäristövaikutusten arvion mukaan laitoksen tuotantokapasiteetti olisi 500 000–700 000 tonnia vuodessa ja pääasiallisia raaka-aineita olisivat eteläamerikkalainen Brassica Carinata -öljy ja metsätähteet. Laitoksen tarkempaa käynnistymisvuotta ei ole vielä julkistettu, mutta huomioiden ettei investointipäätöstä ole vielä tehty, se voisi olla aikaisintaan 2024 tai 2025. UPM on ilmaissut mahdollisuuden tuottaa merkittäviä määriä lentoliikenteen polttoaineita uudessa laitoksessaan, jolloin yhtiön kotimainen uusiutuvien lentopolttoaineiden tuotanto vuonna 2025 voisi olla jopa 300 000 tonnia.

St1:n kotimaiset biopolttoaineinvestoinnit ovat toistaiseksi keskittyneet bioetanolin tuotantoon ruokajätteistä ja metsätähteistä, eikä yhtiö tällä hetkellä tuota lentoliikenteen polttoaineita. St1 on tehnyt investointipäätöksen uudesta vuonna 2022 käynnistyvästä 200 000 tonnin HEFA-laitoksesta Göteborgiin. Laitos rakennetaan öljynjalostamon yhteyteen ja tarkoituksena on tuottaa myös lentoliikenteen uusiutuvia polttoaineita. Laitoksen mahdollisiksi raaka-aineiksi on mainittu mäntyöljy sekä erilaiset jäterasvat. Sekä St1 että Neste panostavat merkittävästi sähköpolttoaineiden kehitykseen (Neste, 2020f; St1, 2020a; St1, 2020b).

6 Jakeluelvoitteen toteutuspolut ja päästövähennykset vuoteen 2030

Selvityksessä tarkasteltiin 30 %, 14 % ja 5 % velvoitetasojen vaikutuksia. Suomi 30 % -toteutuspolulla voitaisiin saavuttaa 880 000 tonnin päästövähennys vuonna 2030, joka vastaisi 2,8 miljoonan hiilidioksiditonin kumulatiivista vähenemää vuosina 2022–2030. Suomi 14 % -polulla saavutettaisiin 410 000 tonnin ja Suomi 5 % -polulla 150 000 tonnin päästövähennys vuonna 2030. Käytännössä saavutettava kokonaispäästövähennys voi jäädä merkittävästi alhaisemmaksi, jos lisääntyneet kustannukset heikentävät Suomen lentoliikenteen kilpailukykyä.

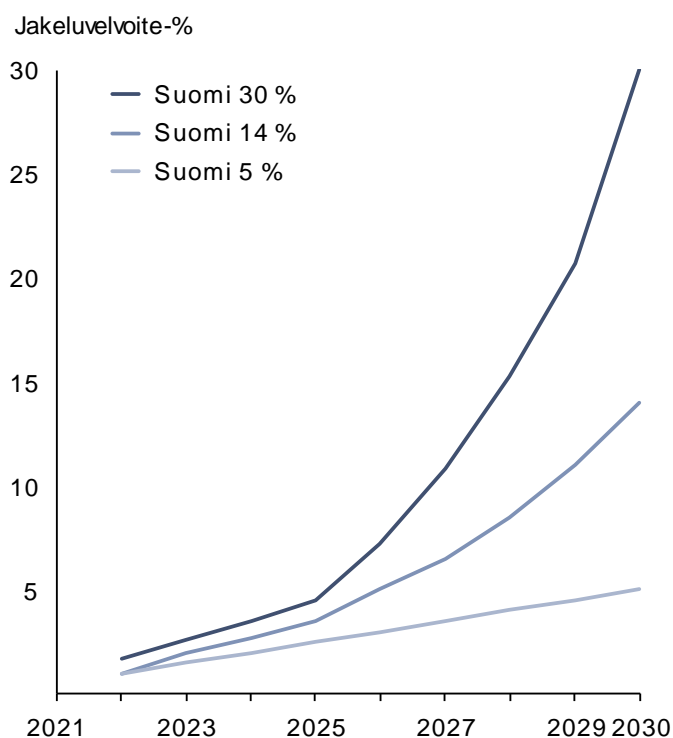
Selvityksessä on tutkittu esimerkin omaisesti kolmea eri jakeluelvoitteen toteutuspolkua vuodesta 2022 vuoteen 2030. Useissa Euroopan maissa suunniteltu uusiutuvan lentopolttoaineen velvoite on asetettu hallitusohjelman tavoin vuoteen 2030. Uusiutuvan lentopolttoaineen saatavuus tai jakelun tekninen toteutus eivät ole esteenä uusiutuvan lentopolttoaineen jakeluelvoitteelle tai sen käyttöönotolle jo vuonna 2022. Selvityksessä tutkitut toteutuspolut ovat nimeltään Suomi 5 %, Suomi 14 % ja Suomi 30 %. Suomi 30 % kuvaa hallitusohjelman mukaista jakeluelvoitetta, kun taas Suomi 5 % -toteutuspolun pohjana on käytetty EU:n ReFuelEU vuoden 2030 tavoitetasoa, ja Suomi 14 % pohjautuu Alankomaiden vuoden 2030 suunnitelmaan.

Suomi 30 % ja Suomi 14 % -toteutuspolut ovat tieliikenteen jakeluelvoitteen tavoin hitaasti nousevia ja kiihtyviä vuotta 2030 kohden. Suomi 30 % -toteutuspolussa uusiutuvan lentopolttoaineen määrä saavuttaisi lähes 300 kton vuonna 2030. Taulukossa 4 on esitetty eri toteutuspoluissa tarvittavia uusiutuvan polttoainemääriä ja kuvassa 15 verrataan eri toteutuspolkujen kasvukäyriä. Kaikissa jakeluelvoitteen toteutuspoluissa jakeluelvoitteen taso pysyy maltillisen kasvun uralla vuoteen 2024 asti. Kiihtyvä toteutuspolku mahdollistaa polttoainemarkkinoiden kehittymisen Suomessa ja toimijoiden sopeutumisen jakeluelvoitteeseen.

Taulukko 4. Uusiutuvan lentopolttoaineen ja hiilidioksidipäästövähennemän määrä sekä kumulatiivinen päästövähennemä eri toteutuspoluilla

	Suomi 5 %				Suomi 14 %				Suomi 30 %			
	%	ktoe	kt CO ₂ a	kt CO ₂ kum.	%	ktoe	kt CO ₂ a	kt CO ₂ kum.	%	ktoe	kt CO ₂ a	kt CO ₂ kum.
2022	1,0	6	18	18	1,0	6	18	18	1,7	10	30	30
2023	1,5	12	34	52	2,0	15	46	64	2,6	20	59	90
2024	2,0	19	56	108	2,7	25	75	139	3,5	33	98	187
2025	2,5	24	70	178	3,5	33	98	237	4,5	42	127	314
2026	3,0	29	85	263	5,0	48	142	379	7,2	69	204	518
2027	3,5	34	100	364	6,5	62	186	565	10,8	104	309	827
2028	4,0	39	115	479	8,5	82	245	811	15,3	148	442	1269
2029	4,5	44	131	610	11,0	107	320	1131	20,7	202	603	1872
2030	5,0	49	147	757	14,0	138	411	1542	30,0	296	882	2754

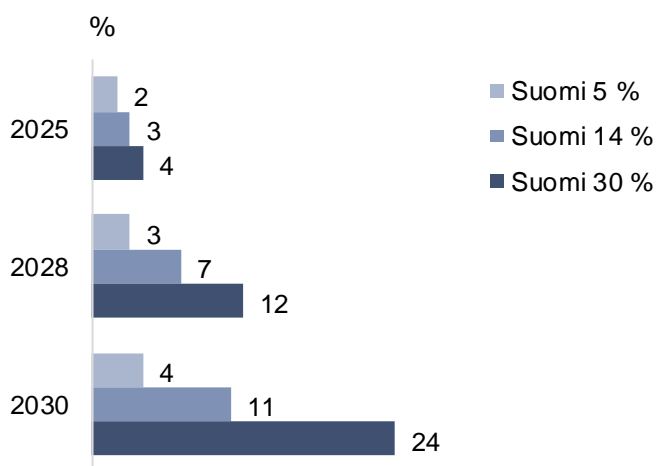
Kuva 15. Jakeluvolvoiteskenaariot 2022–2030



Kuvassa 16 on esitetty eri toteutuspoluilla saavutettava prosentuaalinen ja taulukko 5 absoluuttinen hiilidioksidipäästövähennemä suhteessa tilanteeseen, jossa uusiutuvia

lentopolttoaineita ei jaeltaisi. Jaeltavan polttoaineen määrä on pidetty vakiona kaikissa toteutuspoluissa. Suomi 5 % -toteutuspolulla elinkaaripäästövähennys olisi 4 % vuonna 2030, kun taas Suomi 11 % -polulla se olisi 12 % ja Suomi 30 % -polulla peräti 24 %. Suomen kotimaisen ja kansainvälisen lentoliikenteen suorat hiilidioksidipäästöt vähenevät sitä enemmän, mitä korkeampi jakeluelvoitteen taso on, mutta käytännössä saavutettava päästövähennys voi jäädä merkittävästi alhaisemmaksi, jos lisääntyneet polttoainekustannukset heikentävät Suomen lentoliikenteen kilpailukykyä.

Kuva 16. Elinkaaripäästövähennys-% eri jakeluelvoitteen tasoille 2030

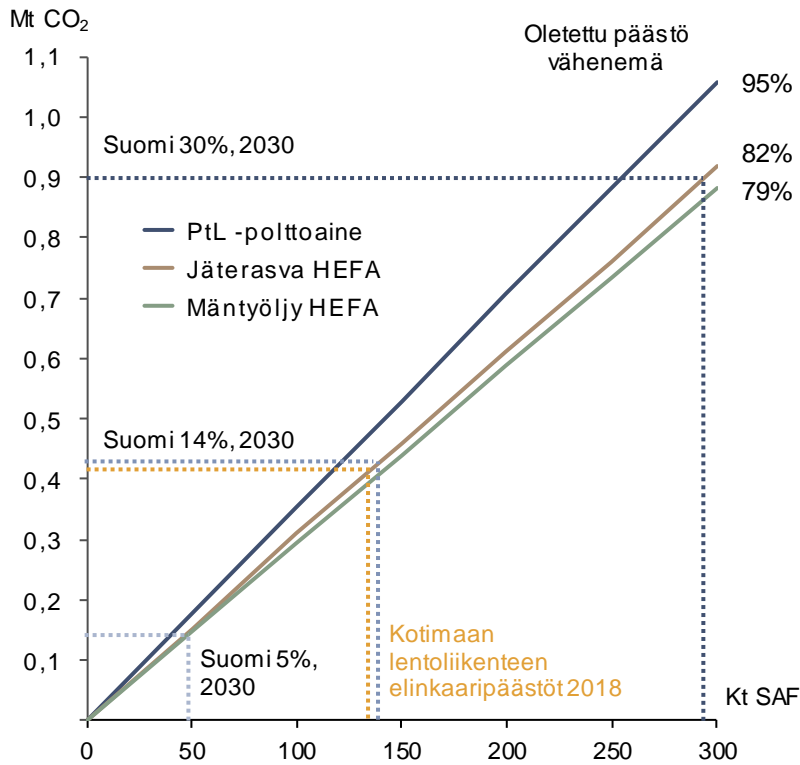


Taulukko 5. Lentoliikenteen kokonaispäästöt (Mt CO₂) vuonna 2030 eri toteutuspoluilla

100 % fossiilinen, Mt CO ₂	Suomi 5%, Mt CO ₂	Suomi 14 %, Mt CO ₂	Suomi 30 %, Mt CO ₂
3,67	3,53	3,26	2,79

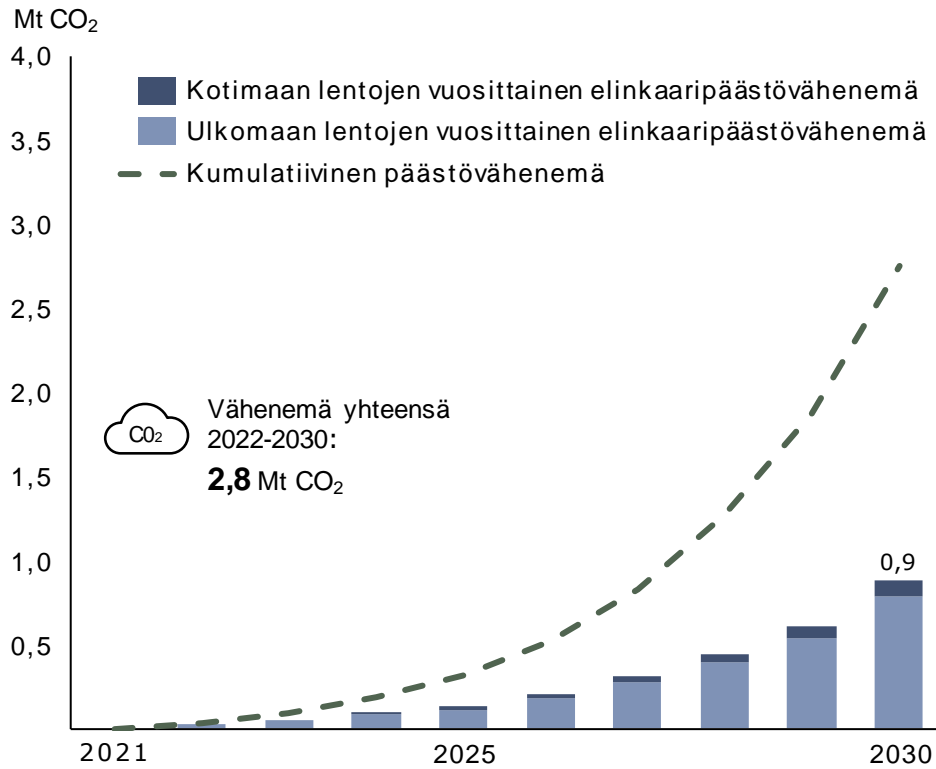
Saavutetun päästövähennys suuruus energiapohjaisella jakeluelvoitteella riippuu myös käytettyjen polttoaineiden raaka-aineista. Jäte- ja tähdepohjaisilla raaka-aineilla voidaan saavuttaa arviolta 80 % elinkaaripäästövähennys fossiilisen lentopolttoaineisiin verrattuna, kun taas sähköpolttoaineilla voidaan saavuttaa jopa yli 90 % päästövähennys riippuen tuotannossa käytetyn sähkön päästöistä. Kuvassa 17 on havainnollistettu eri raaka-aineiden ja toteutuspolujen välistä suhdetta vuonna 2030. Jo Suomi 14 % toteutuspolulla saavutetaan yli 400 000 tonnin hiilidioksidipäästöt vuonna 2030, joka vastaa vuoden 2018 kotimaan lentoliikenteen polttoainemäärästä aiheutuvia suoria elinkaaripäästöjä.

Kuva 17. Päästövähennä eri raaka-aineilla ja SAF-määrillä vuonna 2030



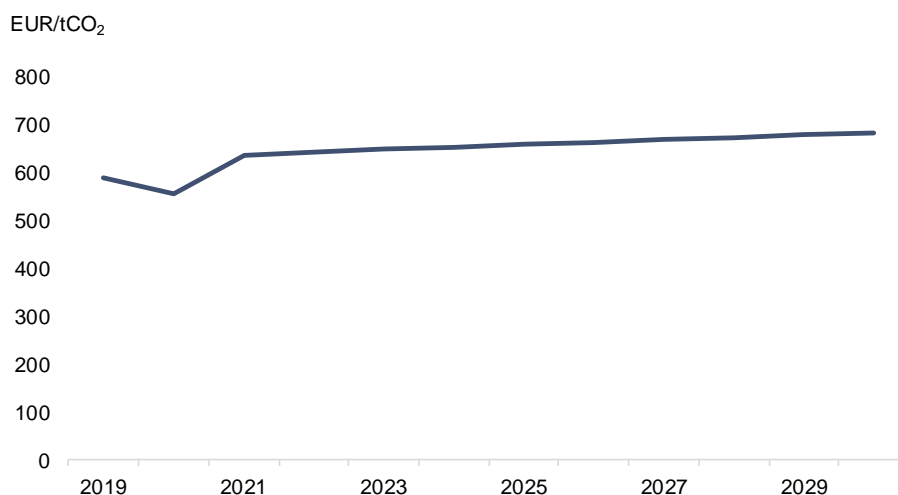
Kuvassa 18 on esitetty Suomi 30 % -toteutuspolun kumulatiivisia päästövähennyksiä suhteessa kotimaan ja ulkomaan lentojen elinkaaripäästövähennykseen. Jakeluvaiheen aloitusvuodella on vaikutusta kumulatiiviseen päästövähennykseen. Kuvassa 18 on esitetty elinkaaripäästövähennys ja kumulatiivinen päästövähennys Suomi 30 % jakeluvaiheella. Kuvassa kotimaan ja ulkomaan lentojen vuosittaiset elinkaaripäästövähennykset nousevat 0,9 Mt CO₂ vuonna 2030 ja kumulatiivinen päästövähennys on yhteensä 2,8 Mt CO₂ vuosina 2022–2030.

Kuva 18. Elinkaaripäästövähennemä ja kumulatiivinen päästövähennemä Suomi 30 % jakeluvolvoitteella



Kuvassa 19 on kuvattu lentoliikenteen jakeluvolvoitteen päästövähennemän kustannus per CO₂ tonni. Vuonna 2022 päästövähennemän kustannus tulisi olemaan 644 euroa per CO₂ tonnia ja vuonna 2030, 685 euroa per CO₂ tonnia. Uusiutuvan lentopolttoaineen hinta vaikuttaa päästövähennemän kustannuksiin.

Kuva 19. Päästövähennämisen kustannus per CO₂ tonni



Jakelovelvoite voidaan toteuttaa joko energia-, khk- tai tilavuusperusteisena veloitteena. Ruotsissa suunnitellaan khk-perusteista päästövähennysveloitetta, kun taas Suomen tieliikenteessä on käytössä energiaperusteinen jakelovelvoite. Molemmat vaihtoehdot olisivat soveltuvia Suomen lentoliikenteen päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi. Khk-perusteisella veloitteella tavoitellut päästövähennykset saavutettaisiin hieman alemmalla veloitteeprosentilla.

Energiaperusteisen ja khk-perusteisen jakeluelvoitteet edut ja haasteet on esitetty taulukoissa 6 ja 7. Energiaperusteisen veloitteen merkittävimmät edut ovat yhteensopivuus tieliikenteen veloitteen kanssa, liikenteen päästövähennysten suoraviivainen laskenta ja raportointi, sillä EU:n liikenteen päästötavoitteissa kaikki uusiutuvat polttoaineet lasketaan nollapäästöisiksi. Energiaperusteinen velvoite ei kannusta tuotantoketjun hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen yli EU:n ja Suomen kestävyyslain vähimmäisvaatimusten. Khk-perusteinen velvoite sen sijaan kannustaa käyttämään uusiutuvia polttoaineita, joilla on mahdollisimman korkea päästövähennys. Kuluttajien voi myös olla helpompi ymmärtää khk-veloitteen suora vaikutus päästövähennyksiin. Energiaperusteinen jakeluelvoite voi olla kustannustehokkaampi vaihtoehto, sillä kilpailu erittäin korkean päästövähennämisen polttoaineista voi nostaa markkinahintoja. Energiaperusteinen jakeluelvoite olisi myös yhtenevä EU:n suunnitellun veloitteen kanssa. Kansainvälisen lentoliikenteen ilmastopäästöjen kannalta olisi oleellista, että saataisiin EU-laajuinen velvoite, jonka vaikuttavuus olisi kansallista veloitetta merkittävämpi. Energiapohjaisen veloitteen osalta Suomi voisi myös raportoida khk-pohjaisen määrät.

Taulukko 6. Energiaperusteinen jakeluvaihte

Edut	Haasteet
<ul style="list-style-type: none"> • Yhteensopivuus tieliikenteen jakeluvaihtein kanssa • Liikenteen päästövähennemien suoraviivainen laskenta ja raportointi • Polttoainetarjonnan ja hallinnon kannalta kustannustehokkaampi vaihtoehto • Yhteensopivuus EU:n, Alankomaiden, Ranskan ja Espanjan suunniteltujen jakeluvaihteiden kanssa 	<ul style="list-style-type: none"> • Ei kannusta tuotantoketjun hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen yli EU:n ja Suomen kestävyyslain vähimmäisvaatimusten • Eroavaisuudet Ruotsin ja Saksan suunniteltujen khk-vaihteiden kanssa

Taulukko 7. Khk-perusteinen jakeluvaihte

Edut	Haasteet
<ul style="list-style-type: none"> • Kannustaa käyttämään uusiutuvia lentopolttoaineita, joilla on mahdollisimman korkea khk-päästövähennemä • Kuluttajien on helpompi ymmärtää khk-vaihtein vaikutus globaaleihin kasviuonekaasu- päästövähennemiin • Kannustaa vähäpäästöisempien polttoaineiden tuotantoon ja tuotekehitykseen • Yhteensopivuus Ruotsin ja Saksan suunniteltujen khk-vaihteiden kanssa 	<ul style="list-style-type: none"> • Eroavaisuudet tieliikenteen jakeluvaihtein kanssa • Hieman raskaampi liikenteen päästövähennemien laskenta ja raportointi • Eroavaisuudet EU:n, Alankomaiden, Ranskan ja Espanjan suunniteltujen jakeluvaihteiden kanssa • Kilpailu korkean khk-päästövähennemän polttoaineiden saatavuudesta, joka voi nostaa markkinahintoja

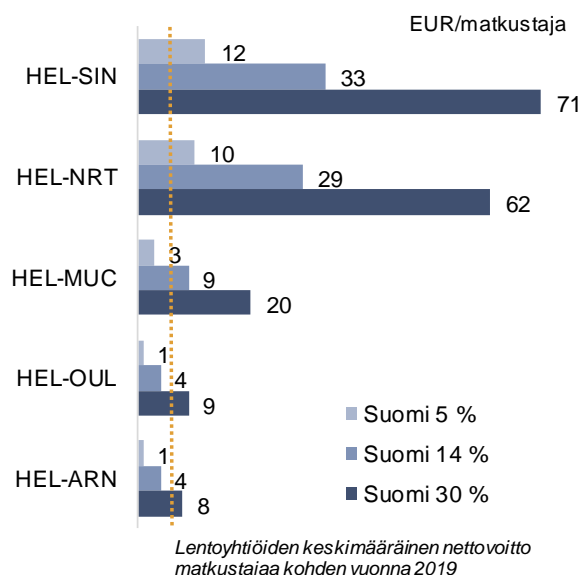
7 Vaikutusarviot

Edelläkävijämarkkinan mahdollisuuksia ja riskejä tarkasteltiin kokonaisvaltaisesti suhteessa päästötavoitteisiin, uusiutuvien polttoaineiden tuotantoon ja jakeluun, Suomen ilmailualan kilpailukykyyn, lentolipun hintaan ja työllisyyteen. Tankkeroinnin ja uudelleen reitityksen mahdollisia vaikutuksia arvioitiin riskilaskelmien avulla. Jo maltillisella jakeluvolvoitteella saavutetaan positiivisia vaikutuksia ilmastopäästöihin ja uusiutuvan polttoaineen tuotantoon.

7.1 Lentolipun hinta

Uusiutuvan lentopolttoaineen hinta ja sen hintaero suhteessa fossiiliseen polttoaineeseen nostaa lentoliikenteen polttoainekustannuksia. Lentoyhtiön polttoainekustannuksien osuus toiminnallisista kuluista vaihtelee lentoyhtiöittäin, mikä on keskimääräisesti ollut noin 24 % toiminnallisista kuluista (IATA, 2020a). Uusiutuvan lentopolttoaineen jakeluvolvoite nostaa lentoyhtiöiden polttoainekustannuksia, joka voi vaikuttaa lentolippujen hintoihin. Jakeluvolvoitteen toteutuspolkujen kustannusvaikutus lentolipun hintaan eri reiteillä on laskettu Finnairin päästölaskurin avulla. Laskurin avulla reiteille on laskettu keskimääräinen polttoainekulutus matkustajaa kohden konetyyppien mukaan. Finnairin päästölaskuri perustuu todellisiin rahti-, matkustaja- ja polttoainekulutustietoihin edelliseltä tilivuodelta. Päästölaskurin tiedot päivitetään neljä kertaa vuodessa, selvityksessä on käytetty lokakuun 2020 tietoja. (Finnair, 2020e) Fossiilisen ja uusiutuvan lentopolttoaineen hinta perustuu jo aiemmin esitettyihin hinta-arvioihin. Kuvassa 20 on esitetty vaihtoehtoisten energiapohjaisten toteutuspolkujen vaikutuksia lentolipun hintaan eri reiteillä.

Kuva 20. Jakeluelvoitteen kustannusvaikutus lentolippujen hintoihin eri reiteillä vuonna 2030 (IATA, 2020g; Finnair, 2020e)



Jakeluelvoitteen lisäkustannus eri reiteillä vaihtelee 1–71 euron välillä vuonna 2030. Suomi 30 % -toteutuspolulla on korkein kustannusvaikutus lentolipun hintaan. Jakeluelvoitteen kustannus on kuitenkin maltillinen lipun hintaan nähden, mutta ei ole varmuutta kuinka suuren osuuden lisäkustannuksista lentoyhtiöt pystyisivät siirtämään matkustajille, sillä lentolippujen hinnoittelu ei ole kustannuspohjaista. Matkustajan reitin ja lennon valinta pohjautuu pääosin hinnan erotukseen havaitusta markkinahinnasta. Lentomatkustajat ovat hintaherkkiä lentolippujen hintavaihteluille ja vaihtavat lentoyhtiötä sekä matkustusreittejä herkästi erityisesti kansainvälisissä lennoissa. Vaikka hintaero olisi absoluuttisesti pieni, se voi tiputtaa lentoyhtiön tarjouksen hintavertailussa usealla sijalla. Vuonna 2019 kaikkien lentoyhtiöiden keskimääräinen nettovoitto matkustajaa kohden oli vain 6 EUR kun vuonna 2015 nettovoitto oli vielä noin 10 EUR. Lentoyhtiöiden nettovoitto matkustajaa kohden on laskenut viime vuosina (IATA, 2020g). Nettovoiton pieneneminen kertoo kilpailun lisääntymisestä ja hintaherkyydestä lentomarkkinoilla, mitkä ovat seurauksia edullista lentomatkoina ja internetin tuomasta läpinäkyvyydestä. Finnair ei julkaise IATA:n tilastojen kanssa vertailukelpoista nettovoittoa matkustajaa kohden, mutta vuosiraportissa esitetyt taloudelliset mittarit viittaavat hyvin vastaavaan tulostasoon.

Ruotsin taustaselvityksessä (SOU 2019:11) todetaan, että pohjoismaiset matkustajat ovat valmiita maksamaan siitä, että saavat lentää osittain uusiutuvalla polttoaineella. Samassa selvityksessä todetaan, että yksityiset matkustajat ovat hintaherkempiä kuin liikematkustajat ja hintaherkkyys myös vaihtelee etäisyyksien mukaan. Ruotsin koti-

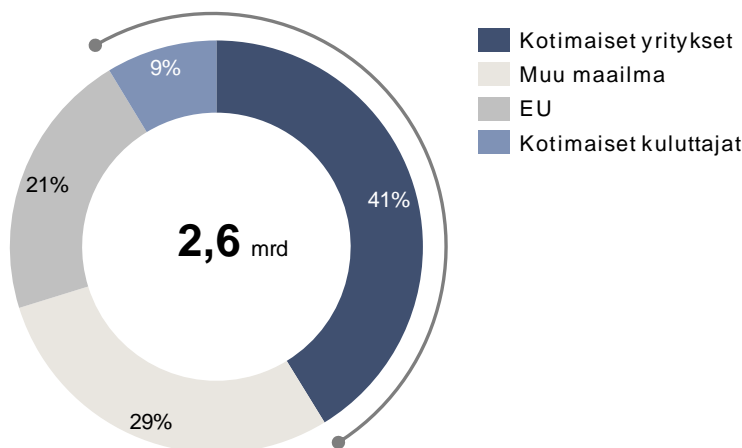
maan matkustajat todettiin hintaherkemmiksi kuin ulkomaan matkustajat, sillä kotimaan matkoille löytyy helpommin vaihtoehtoisia matkustustapoja. Vaikutusarvioissa ei pystytty perustelemaan hintaherkyyksiä tilastollisesti sillä hintaherkyyksiä käsittelevä tutkimuspohja on hyvin rajallinen. (Statens Offentliga Utredningar, 2019)

Lentoliikenteen hintaelastisuudesta on saatavilla tieteellisiä julkaisuja, mutta niiden soveltuvuus jakeluvelvoitteen vaikutusarvioihin on rajattu. Tunnetuin julkaisu on IATA:n InterVISTAS Consulting -yhtiöllä teettämä kysyntäjoustoselvitys vuodelta 2007 (InterVISTAS Consulting Inc., 2007). Kansainvälinen lentoliikenne on muuttunut merkittävästi viimeisen 13 vuoden aikana eivätkä tulokset vastaa enää lentoliikenteen nykytilaa, jossa internetin tuoma läpinäkyvyys on kasvattanut hintaherkyyttä.

Finnairin kuluttajatutkimuksen perusteella suomalaiset matkustajat haluavat vähentää lentämisen päästöjä ensisijaisesti suorien vaikutusten kautta, kuten uusiutuvien lentopolttoaineiden ja hiilidioksidin talteenoton avulla. Tutkimuksessa myös todettiin, että suurin osa suomalaisista (94 %) haluaa vähentää lentoliikenteen päästöjä ja ovat myös valmiita maksamaan siitä lipun hinnassa. (Finnair, 2020b) Lisäkustannuksia ei välttämättä pystytä siirtämään suoraan lentolipun hintaan ilman kilpailukyvyyn heikentymistä eikä lentomatrustajien maksukäyttäytymisestä ole kuluttajatutkimuksista huolimatta varmuutta. Kotimaan lennoilla kustannukset voitaneen siirtää täysimääräisenä lipun hintaan, sillä kaikki lentoyhtiöt kohtaavat saman jakeluvelvoitteen tuoman kustannusrasitteen. Vuonna 2018 kotimaan lennot vastasivat kuitenkin vain noin 10 prosentista Suomessa jaelluista lentopolttoaineista.

Kuva 21 esittää ilmaliikenteen perustuotosta vuonna 2016. Kuvaajasta huomataan, että kotimaiset kuluttajat vastasivat vain 9 % ilmaliikenteen perustuotoksesta vuonna 2016 ja kotimaiset yritykset peräti 41 %. Mikäli kustannusvaikutusta ei pystytä siirtämään suoraan lentolippujen hintoihin, niin kustannusten nousu vaikuttaisi merkittävästi suomalaisiin ilmailualan yritysten kannattavuuteen, kuten Finnairiin ja Finaviaan.

Kuva 21. Ilmaliikenteen perustuotos 2016



7.2 Lentoyhtiöiden ja -asemien kilpailukyky

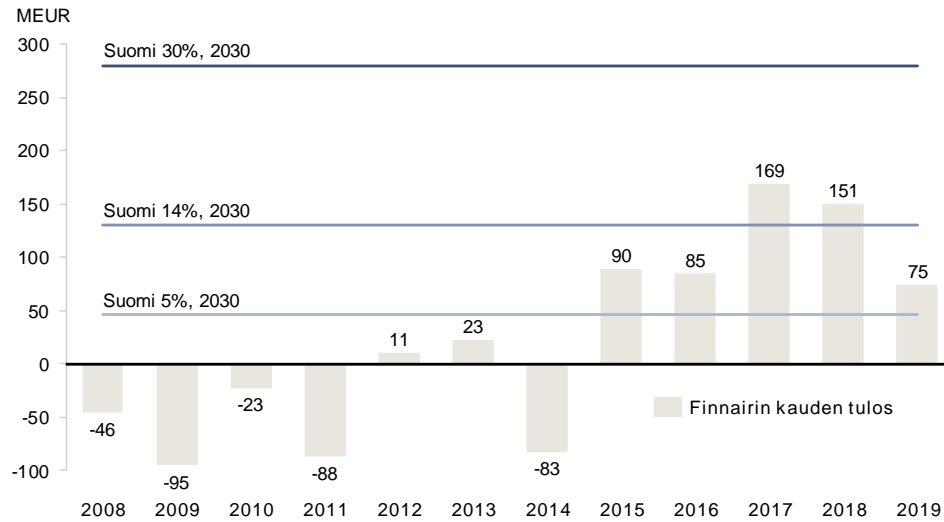
Lentoyhtiö Finnair tankkaa kaikesta Suomessa jaellusta lentopolttoaineesta noin 70 %, joten jakeluelvoitteen kustannusvaikutukset kohdistuisivat erityisesti Finnairin toimintaan. Polttoainekustannukset ovat suurin yksittäinen toiminnallinen kulu lentoyhtiöiden kustannusrakenteissa. Polttoaineen hinta vaikuttaa keskeisesti Finnairin tulokseen ja polttoainekustannukset vastasivat 23 % Finnairin toiminnallisista kuluista vuonna 2019. (Finnair, 2020f) Vastaavasti lentoyhtiö Norwegianilla polttoainekustannukset olivat 30 % toiminnallisista kustannuksista ja lentoyhtiö SAS:illa 25 % vuonna 2019 (SAS, 2020a; Norwegian, 2020a).

Mikäli jakeluelvoitteen tuomia lisäkustannuksia ei pystytä merkittävästi siirtämään lipun hintaan, lisäksi se suoraan Finnairin toiminnallisia kustannuksia. Jakeluelvoitteen kustannusvaikutusta arvioitiin suhteessa Finnairin historiallisiin tuloksiin. Kuvassa 22 on esitetty Finnairin historialliset tulokset aina vuodesta 2008 vuoteen 2019 suhteessa jakeluelvoitteen suoriin kustannusvaikutuksiin vuoden 2030 eri toteutuspoluilla. Esimerkissä on oletettu, että Finnair osuus Suomessa jaellusta polttoaineesta säilyisi 70 prosentissa, mikä vastaisi 705 ktoe polttoainekysyntää Suomessa. Lentopolttoaineen hinta perustuu aiemmin esitettyihin fossiilisen ja uusiutuvan lentopolttoaineen hintaenusteisiin. Kuvassa 22 on esitetty jakeluelvoitteen lisäkustannus eikä polttoaineiden kokonaiskustannuksia.

Suomi 5 % -toteutuspolku nostaisi Finnairin kustannuksia 47 MEUR vuonna 2030, kun taas Suomi 14 % -polku nostaisi kustannuksia 130 MEUR ja Suomi 30 % -polku 280 MEUR. Finnairin historian paras tulos on noin 169 MEUR vuodelta 2017. Suomi 30 %

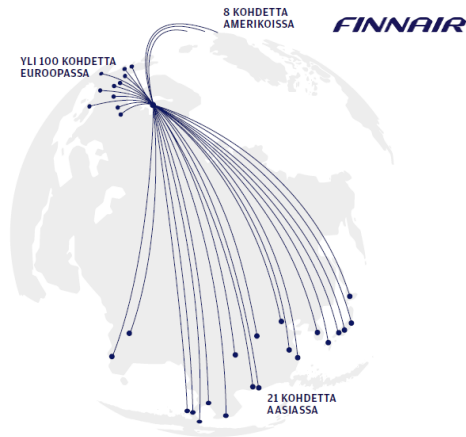
-toteutuspolussa lisäkustannus olisi yli nelinkertainen yhtiön vuoden 2019 liiketulokseen verrattuna, mikä rapauttaisi yhtiön kilpailukyvn.

Kuva 22. Vuoden 2030 jakeluvoitteen suora kustannusvaikutus suhteessa Finnairin historiallisiin tuloksiin



Korkea jakeluvaihte voisi heikentää erityisesti vaihtomatkuksen kilpailukykyä, joka mahdollistaa kattavat ja edulliset yhteydet kotimaan matkustajille (kuva 23). Suomen vaihtomatkuksen kohderyhmää ovat erityisesti keskieurooppalaiset ja aasialaiset matkustajat, joilla joko ei ole suoralentoyhteyksiä tai ovat kustannustietoisia ja etsivät suoralentoa edullisempaa vaihtoehtoa. Vuonna 2019, vaihtomatkuksen toi Finnairin liikevaihdosta puolet ja lippumyynnistä jopa kaksi kolmannesta (Finnair, 2020f).

Kuva 23. Finnairin reittiverkosto vuonna 2019 (Finavia, 2020j)







Lentoreitin valinta pohjautuu hinnan ohella muun muassa kokonaismatka-aikaan, vaihtoaikaan ja matkustusmukavuuteen sekä lennon aikana että vaihtoasemalla, mikä on ollut Helsinki-Vantaan lentoaseman kilpailuetu Aasian reiteillä. Kokonaismatka Keski-Euroopasta Aasiaan määrittelee reitin kannattavuuden ja kaluston. Koneet täytetään edullisilla tarjouksilla, joista hyötyvät erityisesti kotimaiset matkustajat.

Lentovero on esimerkki jakeluvelvoitetta vastaavasta tilanteesta, jossa lisäkustannuksia pyritään siirtämään suoraan matkustajille. EU-laajuiset ja eri maiden lentoveroselvitykset eivät sellaisenaan ole vertailukelpoisia Suomen tilanteeseen, sillä jokaisella maalla on erilainen lentoliikenteen rakenne ja reittiverkosto. Kesällä 2019 Euroopan komissio julkaisi selvityksen lentoveroista ja niiden vaikutuksista. Tulosten perusteella EU-laajuinen 10 % lisäys lipun hintaan laskisi matkustajakysyntää 11 %. Selvityksen esimerkkilaskelmissa 19 % lisäys Alankomaiden lipun hintaan laskisi lentoyhteyksiä 19 %, kun taas 16 % nousu Belgian lipun hinnoissa vähentäisi yhteyksiä 17%. (European Commission, 2019)




Suomen lentoliikenne voisi kärsiä korkeasta kansallisesta velvoitteesta Ruotsia ja Norjaa enemmän, erityisesti Aasian vaihtoliikenteen osalta. Vuonna 2019 Finnairin liikeytuloksesta 50 % tuli mannertenvälisestä liikenteestä verrattuna SAS:n ja Norwegianin 25 % ja 21 % osuuksiin. Kotimaan liikenteen osuus Finnairin liikeytuloksesta oli vain 6 %. Kuvassa 24 esitetään pohjoismaalaisten lentoyhtiöiden liikeytuloksen jakautuminen maantieteellisesti.

Kuva 24. Lentoyhtiöiden liiketuloksen jakautuminen maantieteellisesti -%, 2019 (Finavia, 2020j; Norwegian, 2020a; SAS, 2020a)





FINNAIR

Eurooppa	Kotimainen	Mannertenvälinen	Muu
			
41 %	6 %	50 %	3 %

SAS

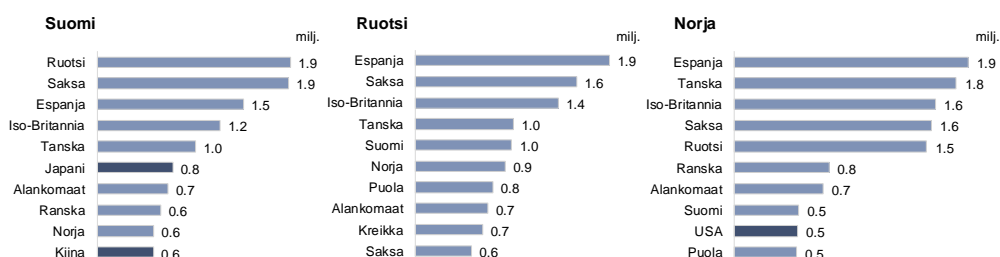
		
48 %	27 %	25 %

norwegian

			
69 %	20 %	21 %	11 %

Kuvassa 25 esitetään kansainvälisen reittiliikenteen matkustajat maittain Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Merkittävä osa Suomen matkustajista tulee Euroopan ulkopuolelta Japanista ja Kiinasta, kun taas Ruotsin kymmenen suurimman reittiliikenteen kohdemaista ei yksikään ole Euroopan ulkopuolelta. Norjassa Yhdysvallat on ainoa Euroopan ulkopuolinen valtio, joka ylittää kärkekymmenikköön.

Kuva 25. Kansainvälisen reittiliikenteen matkustajat maittain (2018) (Avinor, 2020; Transport Analysis, 2019; Finavia, 2020h)



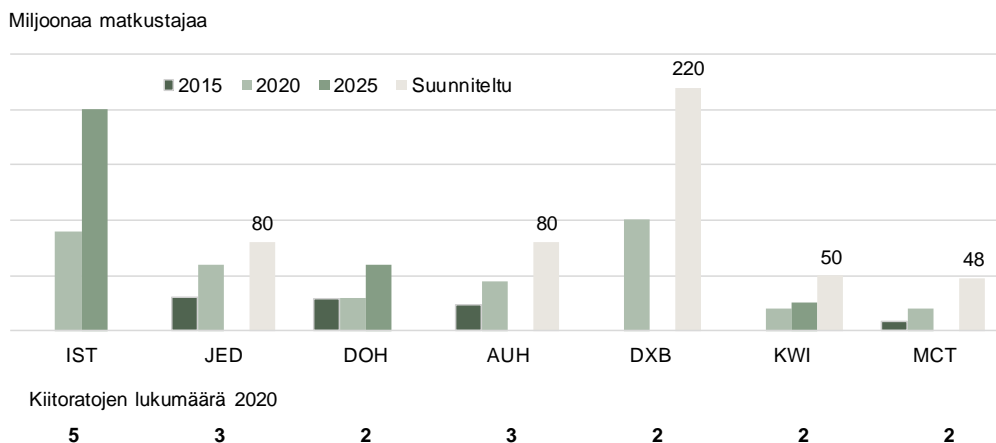
7.3 Uudelleen reititys ja tankkerointi

Jakeluvelvoitteen tuomat kustannusvaikutukset lisäävät myös uudelleen reitityksen ja tankkeroinnin riskiä. Tankkeroinnilla tarkoitetaan polttoaineen ylitäyttöä lyhyillä reiteillä, joilla optimoidaan polttoainekustannuksia. Tankkerointi kuuluu päivittäiseen toimintaan esimerkiksi Helsinki-Vantaan ja Pohjois-Suomen sekä Tukholman välisillä reiteillä.

Vaihtomatkuksessa Helsinki-Vantaan tärkeimpiä kilpailevia lentoasemia ovat Euroopan suuret kentät, kuten Frankfurt (FRA), München (MUC), Lontoo (LHR), Amsterdam (AMS), Kööpenhamina (CPH) ja Pariisi (CDG). EU-laajuinen jakeluvelvoite tasa-painottaisi kilpailua kyseisten kenttien kanssa ja Alankomaissa sekä Ranskassa suunnitellaan jo vastaavia uusiutuvan lentopolttoaineen velvoitteita. Merkittävä riski Suomen kilpailukyvyllä voisi olla Venäjän, Turkin ja Lähi-Idän voimakkaasti kasvaneet lentokentät, joista esimerkkinä esitetään Lähi-idän ja Kaakkois-Aasian liikenteen uudelleen reitityksen riskilaskelma.

Suomen Aasian kauttakulkuliikenne kilpailee erityisesti Lähi-idän kasvavien lentokenttien kanssa. Kuvassa 26 esitetään Lähi-idän ja Turkin lentokenttien terminaalikapasiteetin laajennussuunnitelmia. Esimerkiksi Abu Dhabin kansainvälisen lentokentän kapasiteetti on suunniteltu kaksinkertaistuvan seuraavien vuosien aikana. Lähi-idän maissa ei ole suunnitteilla uusiutuvien lentopolttoaineiden jakeluvelvoitteita ja lentopolttoaineen hinta on ollut perinteisesti halvempaa kuin Suomessa.

Keski-Euroopan Aasian lentoliikenteen siirtyminen pohjoiselta Helsinki-Vantaan reitiltä eteläiselle Lähi-idän reitille voi lisätä lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjä pidentyneen matkan ja polttoainekulutuksen myötä. Esimerkkinä DHL:n hiilidioksidilaskurilla arvioitu eteläinen reititys FRA-DOH-HKG voi lisätä jopa 20–30 % kokonaismatkan hiilidioksidipäästöjä Helsingin reittiin verrattuna. FRA-HEL-HKG reitin pituus on 9 627 km ja FRA-DOH-HKG reitin pituus 11 124 km. (DHL, 2020)

Kuva 26. Lähi-idän ja Turkin lentokenttien terminaalikapasiteetti 2015–2024 (Airport Technology, 2020)


Suomen vaihtolentoliikenne Kaakkois-Aasian reiteillä eli Singaporen, Thaimaan, Intian ja Vietnamin reittilennoilla on kovimmassa kilpailussa suhteessa Lähi-idän ja Turkin kautta kulkeviin reittilentoihin. Vuonna 2019 matkustajamäärä näillä reiteillä oli 764 223 matkustajaa, joka vastaa 4 % kaikista kansainvälisen reittiliikenteen matkustajamääristä Suomessa ja 20 % Aasian reittiliikenteestä. Vaihtolentoliikenteen oletetaan olevan näillä reiteillä noin 70–80 % perustuen matkustajamääriin ja AFRYn arviointiin. Vaihtolentoliikenteen ollessa 70 %, kokonaispolttoainekulutus Suomen Kaakkois-Aasian reiteillä on noin 157 000 t/a ja kokonaispäästöt ovat noin 523 000 tCO₂/a sisältäen sekä Aasian reittilennon että vaihtomatrustajien Euroopan reittilennon (esimerkiksi SIN-HEL-MUC). Suomessa tankattu määrä polttoaineen kokonaismäärästä on näin puolet eli 78 500 t/a.

Mikäli jakeluvaihteesta aiheutunut lentopolttoaineen lisäkustannus siirtäisi 70 prosenttia Suomen kautta kulkevista Kaakkois-Aasian vaihtomatrustajista eli noin 535 000 matkustajaa eteläiselle Lähi-idän reitille, niin Suomessa sekoittamatta jääneen uusiutuvan polttoaineen määrä vaihtelisi 3 900–23 500 t/a välillä eri toteutuspoluilla. Taulukossa 8 on kuvattu eri jakeluvaihteetasoilla sekoittamatta jäänyttä uusiutuvan polttoaineen määrää kyseisessä riskilaskelmassa.

Taulukko 8. Uusiutuvan polttoaineen määrä, joka jäisi sekoittamatta Kaakkois-Aasian esimerkissä

Suomi 5-%		Suomi 14-%		Suomi 30-%	
3 900 t/a	13 000 tCO ₂ /a	11 000 t/a	36 600 tCO ₂ /a	23 500 t/a	78 400 tCO ₂ /a

Eteläisen Lähi-idän reitin lisäpolttoainekulutus voi olla 20–30 % reitistä riippuen. Taulukossa 9 on laskettu eri lisäkulutuksien vaikutuksia polttoainemääriin ja hiilidioksidipäästöihin. Jos Suomen kautta Kaakkois-Aasian matkustavat vaihtomatrustajat siirtyisivät eteläiselle reitille, niin polttoainemäärät saattaisivat nousta 31 300–47 000 tonnia vuodessa ja hiilidioksidipäästöt vastaavasti 104 600–156 800 tCO₂/a. Tämä olisi 8–12 % lisäys lentoliikenteen kansainvälisiin hiilidioksidipäästöihin suhteessa Suomen kautta kulkevaan liikenteeseen.

Taulukko 9. Eteläisen lentoreitin lisäkulutus suhteessa (20, 25, 30 %) Suomen kautta kulkeviin lentoreitteihin ja hiilidioksidipäästöjen prosentuaalinen kasvu

20%		25%		30%	
31 300 t/a	104 600 tCO ₂ /a +8 %	39 200 t/a	130 700 tCO ₂ /a +10 %	47 000 t/a	156 800 tCO ₂ /a +12 %

Suomessa sekoittamatta jäänyt uusiutuva lentopolttoaine yhdistettynä pidemmän reitin lisäkulutukseen (25 %) voisi lisätä kansainvälisen lentoliikenteen päästöjä 143 800–209 100 tCO₂/a verran. Uudelleen reitityksen riskilaskelmassa kansainvälisen lentoliikenteen päästöt eivät vähentyisi, vaan kasvaisivat kyseisillä reiteillä 6–8 % riippuen jakeluvaihtoiteen suuruudesta ja vaihtoliikenteen kilpailukyvyistä.

Taulukko 10. Eteläisen reitin lisäpäästöt verrattuna jakeluvaihtoiteen tavoitteeseen ja hiilidioksidipäästöjen prosentuaalinen kasvu

Suomi 5-%		Suomi 14-%		Suomi 30-%	
43 100 t/a	143 800 tCO ₂ /a +6 %	50 100 t/a	167 300 tCO ₂ /a +7 %	62 700 t/a	209 100 tCO ₂ /a +8 %

Toimijakuulemisten perusteella tankkerointi on mahdollista vain alle 2–3 tunnin lennoilla, mikä vastaa Suomen ja Alppien pohjoispuolisen Euroopan välistä lentoliikennettä. Suomi 14 % ja Suomi 30 % toteutuspoluilla tankkeroinnin riskimaiksi on tunnistettu Saksa, Tanska, Ranska, Puola, Latvia, Viro, Tšekki, Unkari, Belgia, Itävalta, Liettua, Valko-Venäjä sekä osa Venäjän liikenteestä. Vuoden 2019 matkustajamäärissä mitattuna nämä maat edustavat 35 % Suomesta kulkevasta reittiliikenteestä eli 6,6 miljoonaa matkustajaa ja 35 % Suomen kotimaisen ja ulkomaisen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöistä. Keskimääräinen polttoainekulutus henkilöä kohden näillä reiteillä arvioitiin olevan 40 kg, jolloin polttoaineen kokonaismäärä olisi noin 265 000 t/a, joka vastaa päästöissä noin 886 000 tCO₂/a. Tankkeroinnin seurauksena Suomessa muutoin näillä reiteillä jaeltu polttoaine jäisi tankkaamatta, joka vastaa 2019 tasolla noin 132 500 tonnia. Polttoainekulutus kasvaa tankkeroinnissa noin 4 % lisäpolttoai-

neen määrästä, joka on tässä riskilaskelmassa noin 5 300 t/a. Taulukossa 11 kuvataan uusiutuvan polttoaineen määrää joka jäisi tankkeroinnin seurauksena sekoittamatta eri jakeluelvoitteiden toteutuspoluilla.

Taulukko 11. Uusiutuvan polttoaineen määrä, joka jäisi sekoittamatta tankkeroinnin riskilaskelmassa

Suomi 5-%		Suomi 14-%		Suomi 30-%	
6 600 t/a	22 100 tCO ₂ /a	18 600 t/a	62 000 tCO ₂ /a	39 800 t/a	132 900 tCO ₂ /a

Tankkeroinnin aiheuttamat lisäpäästöt muodostuvat Suomessa tankkaamattomasta uusiutuvasta lentopolttoaineesta ja tankkeroinnin aiheuttamasta lisäkulutuksesta. Taulukon 12 mukaan tankkeroinnin vaikutus voisi olla enintään 2–6 % riippuen jakeluelvoitteiden suuruudesta ja tankkeroinnin käytännön toteutettavuudesta. Jakeluelvoitteella ei välttämättä saavuteta tavoiteltuja päästövähennyksiä, sillä pienetkin jakeluelvoitteiden erot Suomen ja kohdemaan välillä tekevät tankkeroinnista taloudellisesti houkuttelevaa. Tankkeroinnin riski vaihtelee jakeluelvoitteiden suuruuden mukaan ja muiden maiden jakeluelvoitteiden vaikuttavat myös tankkerointiin. Mikäli Suomeen tulee suurempi jakeluelvoite kuin muissa EU-maissa tankkeroinnin riski on aina olemassa Pohjoisen Euroopan liikenteessä. Esimerkiksi 14 % kansallinen jakeluelvoite tarkoittaisi 7 % osuutta uusiutuville polttoaineille edestakaisella reitillä olettaen, että lentokone tankataan lähtö- ja kohdeasemilla. Uusiutuvien lentopolttoaineiden hinnan arvioidaan olevan 3–4 kertainen suhteessa fossiiliseen polttoaineeseen, mikä nostaisi edestakaisen reitin polttoainekustannuksia 21–28 %. Tankkeroinnin lisäkulutus on arvioitu olevan samalla reitillä 4 % lisäpolttoaineen määrästä, joka vastaa edestakaisella reitillä 2 prosentin lisäkustannusta. Lentoyhtiöiden kannalta tankkerointi on näin taloudellisempi vaihtoehto, jos se on vain teknisesti mahdollista. Tankkeroinnin houkuttelevuutta vähentää kuitenkin ylimääräisen polttoaineen tuomat rajoitteet hyötykuormaan sekä Suomen maantieteellinen sijainti. Toimijakuulemisten perusteella tankkerointi ei ole merkittävästi lisääntynyt aiemmissä tilanteissa, joissa polttoaineen saatavuus ja hinta ovat poikkeavia, kuten lakkouhan alla. Korkea kansallinen jakeluelvoite nostaisi kuitenkin lähtö- ja kohdemaiden hintaerot ennennäkemättömän suuriksi, mikä vahvistaa tankkeroinnin riskiä.

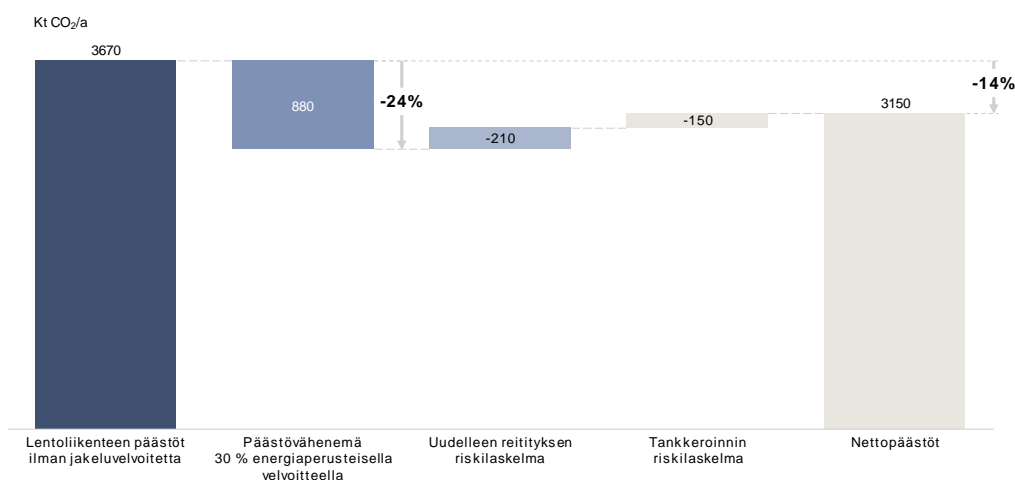
Taulukko 12. Tankkeroinnin lisäpäästö verrattuna jakeluelvoitteiden tavoitteeseen

Suomi 5-%		Suomi 14-%		Suomi 30-%	
11 900 t/a	39 900 tCO ₂ /a +2 %	23 900 t/a	79 700 tCO ₂ /a +3 %	45 100 t/a	150 600 tCO ₂ /a +6 %

Uusiutuvan lentopolttoaineen jakeluelvoitteella voi siis olla merkittäviä vaikutuksia vaihtolentojen kilpailukykyyn Aasian reiteillä ja tankkerointiin Suomesta Pohjois-Eurooppaan kohdistuvilla reittilennoilla. Riskien suuruus vaihtelee jakeluelvoitteen tasosta. Tankkeroinnin vaikutus voi olla enintään 2–6 % välillä ja Aasian vaihtolentojen kilpailukyvyyn heikentymisen vaikutus voi olla enintään 6–8 %. Tankkeroinnin ja uudelleen reitityksen riskiesimerkit suhteessa 30 % jakeluelvoitteen tuomiin päästövähennyksiin on esitetty kuvassa 27. Suomen lentoliikenteen päästöt ilman jakeluelvoitetta on arvioitu noin 3 670 kt CO₂ vuonna 2030, joista 30 % veloitetaso voisi vähentää noin 880 kt CO₂. Esitetty Kaakkois-Aasian riskilaskelma voisi lisätä päästöjä 210 kt CO₂ ja tankkerointi 150 kt CO₂, jolloin nettopäästöt olisivat noin 3 150 kt CO₂ ja saavutettu päästövähennys 14 %.

On epätodennäköistä, että tankkeroinnin riskit voisivat olla merkittävästi esitettyä esimerkkiä suuremmat, mutta uudelleen reitityksen riskit riippuvat voimakkaasti matkustajien hintaherkkyydestä ja reittivaihtoehtojen kehityksestä. Kuvan 27 yhteenvedossa on huomioitava, että uudelleen reitityksen riskilaskelma huomioi vain Kaakkois-Aasian vaihtomatrustajat, jotka vastaavat alle 3 prosenttia kansainvälisen reittiliikenteen matkustajamääristä Suomessa.

Kuva 27. Tankkeroinnin ja uudelleen reitityksen esitetyt riskilaskelmat 30 % energiaperusteisella jakeluelvoitteella vuonna 2030

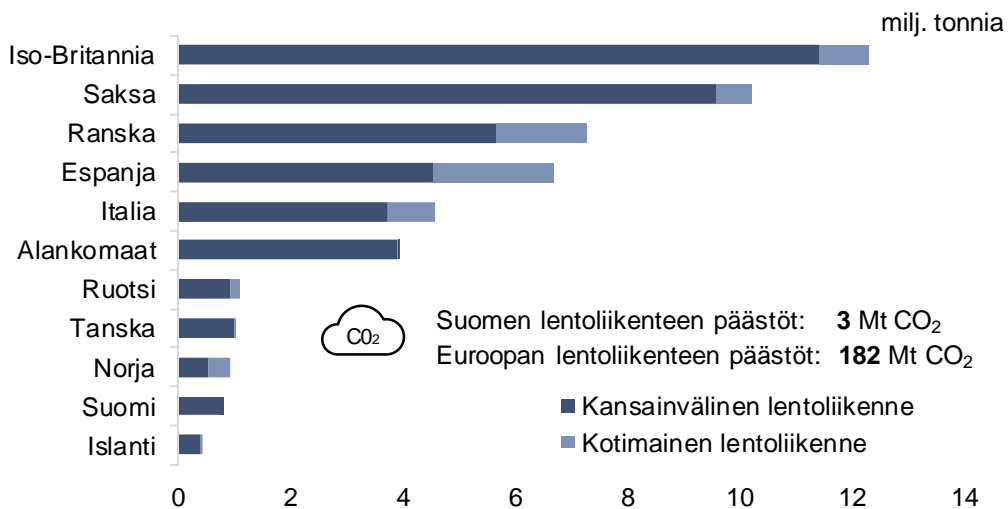


7.4 Suomi kestävän ilmailun edelläkävijänä

Suomen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt olivat 3 Mt vuonna 2018, kun Euroopan lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt olivat 182 Mt. Kuvasta 28 huomataan, että suh-

teessa muiden Euroopan maiden, kuten Iso-Britannian, Saksan, Ranskan tai Espanjan lentoliikenteeseen, Suomen lentoliikenteen polttoaineen kulutus on vähäistä. EU-laajuinen jakeluelvoite jo suunniteltujen kansallisten velvoitteiden lisäksi toisi yhteensä 13 miljoonan CO₂ tonnin elinkaaripäästövähenemän vuonna 2030, mikä olisi vaikutukseltaan 14-kertainen Suomi 30 % -toteutuspolun päästövähenemiin.

Kuva 28. Lentopolttoaineen kulutus 2018 (Eurostat, 2020)



Samaan aikaan useissa Euroopan maissa suunnitellaan uusiutuvan lentopolttoaineen jakelu- tai sekoitevelvoitetta. Toisaalta matalakin velvoite useissa Euroopan maissa voisi luoda painetta EU:n ja ICAO:n päätöksentekoon.

Toimijahaastattelussa nousi esille erilaisia näkemyksiä kansallisesta jakeluelvoitteesta. Toisaalta korostettiin, että Suomen olisi tärkeää näyttää esimerkkiä lentoliikenteen päästöjen vähentämisessä, toisaalta jo matalakin jakeluelvoite nähtiin merkittävänä esimerkkinä, joka veisi Suomen uusiutuvien lentopolttoaineiden edelläkävijäksi. Jakeluelvoitteella nähtiin olevan edelläkävijä roolin lisäksi muitakin positiivisia vaikutuksia, kuten vaikutus Suomen kestävän matkailun brändiin. Haastattelussa nostettiin esille esimerkiksi matkailubrändin vaikutus Lapin lentoasemille, joissa on parhaillaan menossa kehitysohjelmaa ja talviturismi oli lisääntynyt merkittävästi ennen pandemiaa. (Finavia, 2020j)

7.5 Vientiyritysten toiminta

Rahdilla on merkitystä lentoyhtiön kannattavuuteen. Finnairin kokonaisliikevaihdosta rahdin osuus on 6,8 % (Finnair, 2020f). Rahdin hinta vaihtelee tarjolla olevan kapasiteetin ja kilpailun mukaan. Normaalioloissa lentoyhtiön ei ole järkevää kuljettaa pelkästään rahtia. Matkustajamäärien väheneminen voisi myös johtaa pienempien koneiden käyttöön, jolla saattaisi olla vaikutuksia rahdin kuljetusmahdollisuuksiin. Tilanteessa, jossa reittilentojen määrä vähenisi Suomesta jakeluvelvoitteen takia niin myös rahtiliikenne voisi vähentyä.

Kotimaiset yritykset vastasivat 41 prosentista lentoliikenteen tuotoksesta vuonna 2016, mutta lentoliikenteenostot ovat tyypillisesti pieni, mutta merkittävä kuluerä kansainvälisessä vientiliiketoiminnassa. Aasian vaihtoliikenteen mahdollistavat kattavat suoralentoverkostot ovat kilpailuetu suomalaisille vientiyrityksille, jotka tosin ovat joutuneet sopeutumaan uusiin toimintatapoihin pandemian myötä.

Taulukko 13. Rahdin osuus Finnairin kokonaisliikevaihdosta ja alueittain (Finnair, 2020f)

Rahdin osuus alueen liikevaihdosta	
Aasia	11,8 %
Pohjois-Amerikka	6,4 %
Eurooppa	2,6 %
Rahdin osuus Finnairin liikevaihdosta	6,8 %

7.6 Työllisyys

Lentoliikenne on merkittävä työllistäjä Suomessa. Tuoreimmat tilastokeskuksen panos-tuotos taulukot ovat vuodelta 2016, jolloin lentoliikenteen suora työllisyys oli noin 4 300 henkilötyövuotta ja epäsuora työllisyys 7 700 henkilötyövuotta (Finavia, 2020e). Vuoden 2019 työllisyydeksi on arvioitu 5 400 suoraa henkilötyövuotta ja 9 600 epäsuoraa henkilötyövuotta perustuen Suomen lentokenttien matkustajamäärien kasvuun vuosien 2016–2019 välisenä aikana. Kotimaan lentoliikenteen tuotos oli noin 2,6 ja suora arvonlisä 0,6 miljardia euroa vuonna 2016 ja vastaavasti vuoden 2019 arvio on 3,2 ja 0,7 miljardia euroa. Lentoliikenteen suorat ja epäsuorat kansantaloudelliset vaikutukset on esitetty taulukossa 14.

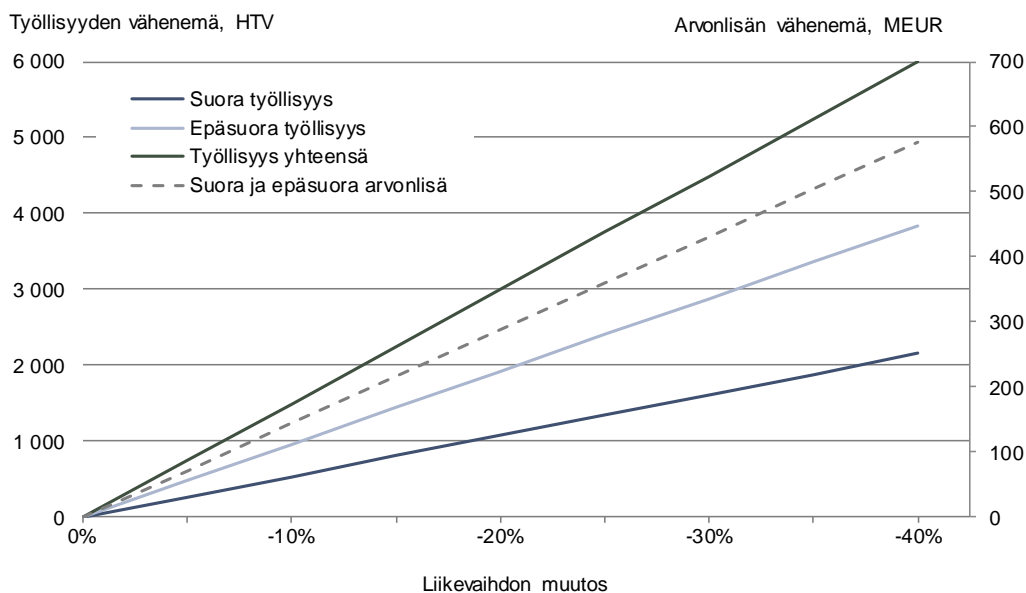
Taulukko 14. Suomen lentoliikenteen kansantaloudelliset vaikutukset 2016–2019 (arvio)

Kategoria	2016	2019
Suora työllisyys, henkilötyövuotta	4 300	5 385
Epäsuora työllisyys, henkilötyövuotta	7 670	9 600
Suora arvonlisä, MEUR	575	720
Epäsuora arvonlisä, MEUR	575	720
Tuotos, MEUR	2 585	3 235

Suorien ja epäsuorien vaikutusten lisäksi lentoliikenteen välilliset työllisyys ja vaikutukset esimerkiksi matkailuun, logistiikkaan ja muihin palveluihin ovat merkittäviä. Yksistään Helsinki-Vantaan lentoasemalla on noin 20 000 työntekijää ja Finavian arvion mukaan lentoala työllistää noin 100 000 henkilöä (Finavia, 2020i). Lisäksi lentoliikenteen ostojen kotimaisuusaste on korkea. Kotimaiset tuotteet olivat yhteensä yli 70 % lentoliikenteen ostopanoksista vuonna 2016. (Suomen virallinen tilasto (STV), 2020) Kotimaan lentoliikenteen toimijoista Finnair on suurin yksittäinen työllistäjä. Finnairilla oli vuoden 2019 lopussa yhteensä 6 788 työntekijää, josta kokoaikaisten työntekijöiden osuus oli 87 % ja ulkomailla työsuhteessa oli 645 henkilöä (Finnair, 2020f).

Uusiutuvien lentopolttoaineiden jakeluelvoitteella voi olla sekä myönteisiä että kielteisiä työllisyysvaikutuksia. Mahdollinen jakeluelvoite nostaisi Suomessa tankatun lentopolttoaineen hintaa, joka voisi heikentää alan toimijoiden kilpailukykyä. Heikentyneellä kilpailukyvyllä, mahdollisilla uudelleenreitityksillä ja lisääntyneillä lentämisen kustannuksilla voi olla lentoja vähentävä vaikutus, joka vastaavasti vähentäisi lentoliikenteen kotimaista työllisyyttä ja arvonlisää. Jo 10 % muutos lentoliikenteen tuotokseen voi aiheuttaa 540 suoran ja 960 epäsuoran henkilötyövuoden työllisyysvaikutukset. Lentoliikenteen mahdollisen supistumisen vaikutuksia työllisyyteen ja luotuun arvonlisään perustuen vuoden 2019 arvioituihin lentoliikenteen kansantaloudellisiin tunnuslukuihin on havainnollistettu kuvassa 29. Kansantaloudellisten vaikutusten kokonaiskuvan hahmottaminen olisi tärkeää jakeluelvoitelain valmistelussa, mutta jakeluelvoitteen vaikutuksia ei voida nykytiedon valossa luotettavasti arvioida. Lentoliikenne on erittäin kilpailtu matalien katteiden toimiala, jossa eri tekijöiden, kuten hintaherkkyiden, uudelleen reitityksen ja tankkeroinnin yhteisvaikutuksia Suomen lentoliikenteelle on vaikea arvioida ennen kun jakeluelvoite on voimassa ja vaikutuksista on saatu ensimmäisiä tilastotietoja. Työryhmä suosittelee jakeluelvoitteen aloittamista matalalla veloitetasolla, jotta vaikutuksia voidaan uudelleen arvioida.

Kuva 29. Lentoliikenteen liikevaihdon vähenemisen vaikutukset työllisyyteen ja luotuun arvonlisään



Lentoliikenteen jakeluelvoitteella voi olla myös tuotantoa ja investointeja edistäviä vaikutuksia. Kotimaisista toimijoista sekä Nesteellä, UPM:llä että St1:llä on suunnitelmia kasvattaa lentoliikenteen uusiutuvien polttoaineiden tuotantoa. Suomen kansallisen jakeluelvoitteen vaikutus uusien tuotantolaitosten investointihankkeisiin jakaa mielipiteitä. Esimerkiksi UPM korostaa kansainvälisten ja EU:n biopolttoaineita koskevien päätösten vaikutusta investointihankkeiden toteutukseen (UPM, 2020). Osa toimijoista näkee tieliikenteen korkean kysynnän uusiutuville polttoaineille ensisijaisena ajurina laitosinvestoinneille. AFRYn arvion mukaan Nesteen suunniteltu Porvoon enimmillään 1,4 miljoonaa tonnia uusiutuvia polttoaineita tuottava laitos työllistäisi suoraan noin 100 henkilötyövuotta, epäsuorasti 500–600 htv ja rakentamisen aikana enintään 2 000 henkilöä. Hankkeen suora arvonlisä olisi noin 700 miljoonaa euroa ja epäsuora noin 50–60 miljoonaa euroa Suomen kansantaloudelle. UPM:n suunniteltu enimmillään 0,7 miljoonaa tonnia uusiutuvia polttoaineita tuottava laitos työllistäisi puolestaan suoraan noin 150 htv, epäsuorasti 300–500 htv ja rakentamisen aikana enintään 1 500 henkilöä. Laitoksen suora arvonlisä olisi noin 350 miljoonaa euroa ja epäsuora noin 30–60 miljoonaa euroa. Edellä esitetyt laskelmat perustuvat AFRYn näkemukseen suunnitellusta raaka-ainepohjasta, kustannusrakenteesta ja enimmäistuotantomäärästä julkisten tietolähteiden pohjalta. Nesteen ja UPM suunnitellut uusiutuvien polttoaineiden investoinnit työllistäisivät Suomessa yhteensä yli 1 000 henkeä.

7.7 Yhteenveto

Hallitusohjelman mukaisen Suomi 30 % -toteutuspolun mahdollisuuksia ja riskejä Suomen lentoliikenteelle ei pystytä kokonaisvaltaisesti arvioimaan ilman merkittäviä epävarmuustekijöitä. Kuvassa 30 on koostettu eri toteutuspolkujen positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia sekä epävarmuuksia.

Liikenteen päästötavoitteissa huomioidaan vain kotimaan lentoliikenteen päästöt. Kaikilla esitetyillä jakeluvolvoitteasoilla saavutetaan merkittävä päästövähennys Suomen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöihin. Jo 14 prosentin jakeluvolvoitteella vuonna 2030 vähennettäisiin Suomen kaikki vuonna 2018 kotimaan lennoista aiheutuneet hiilidioksidipäästöt. Jakeluvolvoitteella vähennettäisiin merkittävästi myös kansainvälisen lentoliikenteen päästöjä, mutta saavutettava päästövähennys riippuu voimakkaasti siitä, mikä osuus lisäkustannuksia pystyttäisiin siirtämään lipun hintaan. Mikäli kustannuksia ei voida merkittävässä määrin siirtää matkustajille, Finnairin kustannusrakenne ei pysty kantamaan uusiutuvan lentopoltoaineen tuomaa rasitetta ilman erillisiä tukimekanismeja. Tankkerointi ja uudelleen reititys voi esitetyn riskilaskelman mukaan heikentää jakeluvolvoitteen tuomia päästövähennyksiä.

Jakeluvolvoitteen kaikki toteutuspolut loisivat Suomesta yhden kestävästä ilmailun edelläkävijöistä, millä voisi olla positiivisia vaikutuksia matkailubrändiin sekä EU:n ja ICAOn jakeluvolvoitteita koskevaan päätöksentekoon. Ilman kansallisia jakeluvolvoitteita ReFuelEU-hanke ei olisi edennyt nykyisessä aikataulussa.

Ilmailuala on merkittävä työllistäjä Suomessa ja lentoliikenteen mahdollisella supistumisella olisi laajamittaisia työllisyysvaikutuksia, minkä covid-19 pandemia on viime aikoina tuonut esille.

Kuva 30. Yhteenveto jakeluvorituksen eri toteutuspolkujen vaikutuksista

VAIKUTUKSET	Suomi 5%	Suomi 14%	Suomi 30 %
Suomen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen	++	+++	+++
Kansainvälisen lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen	+	+?	++?
Kansainvälinen edelläkävijyys lentoliikenteen päästöjen vähentämisessä	+	++	+++
Vaikutus EU:n ja ICAO:n päätöksentekoon	+?	+?	+?
Investoinnit uusiutuvan lentopolttoaineen tuotantoon	+	+	++
Kestävän matkailun tuomat liiketoimintamahdollisuudet	++	++	++
Suora lisäkustannus suhteessa lipun hintaan		-	--
Jakeluvorituksen suora kustannusvaikutus Finnairin liiketoimintaan	-	--	---
Vaihtomatkustuksen kilpailukyky	-	--	---
Uudelleen reititys		-	--
Tankkerointi	-	--	---
Vientiyriyten toiminta ja rahti		-	--
Työllisyysvaikutukset	+	?	??

8 Suositukset jatkovalmisteluun

Marinin hallitusohjelmassa tavoitellaan 30 prosentin osuutta kestäville lentoliikenteen biopolttoaineille sekoitevelvoitteen avulla. AFRY suosittelee velvoitteen laajentamista kaikkiin uusiutuviin lentopolttoaineisiin, jotta huomioidaan teknologianeutraaliuus ja muun muassa sähköpolttoaineet. Sekoitevelvoite velvoittaisi kaikkia Suomen lentoasemia jakelemaan uusiutuvia lentopolttoaineita, kun taas jakeluelvoitteella voidaan tuoda enemmän joustoa ja vähentää kustannuksia samoilla päästövähennyksillä. Jakeluelvoitteella uusiutuvien lentopolttoaineiden jakelu voidaan halutessa keskittää Helsinki-Vantaalle. Puolustusvoimien toiminta ja sotilasilmailu suositellaan jätettäväksi jakeluelvoitteen ulkopuolelle, sillä tavoitteena on vähentää kasvavan siviili-ilmailun ilmastovaikutuksia.

Uusiutuvien lentopolttoaineiden saatavuus tai jakelu eivät ole esteenä jakeluelvoitteen käyttöönotolle jo 2022. Aikaisempi käyttöönotto voisi luoda painetta EU:n ja ICAO:n päätöksentekoon, sekä kotimaista kysyntää uusiutuvien lentopolttoaineiden valmistajille. Toimijakuulemisissa nousi esille huoli jakeluelvoitteen mahdollisesta lisärasitteesta Suomen lentoliikenteelle, joka kärsii parhaillaan covid-19 pandemian vaikutuksista. Monet esittivät myös vaihtoehdon odottaa EU:n päätöksenteon etenemistä, sillä EU-laajuisen jakeluelvoitteen riskit lentoliikenteen kilpailukyvyille ovat kansallista velvoitetta matalammat. Ruotsin ja Norjan lentoliikenteen profiili on keskittynyt Euroopan ja Atlantin liikenteeseen, kun Suomessa pääpaino on Aasian vaihtoliikenteessä.

Tasaisen kasvun sijaan AFRY suosittelee maltillisesti kehittyvää kasvupolkua, jotta uusiutuvien lentoliikenteen polttoaineiden kilpailutilanne tasaantuu ja toimijat ehtivät mukautua velvoitteen vaikutuksiin. Vuoden 2030 tavoitetaso asettamisessa tulisi huomioida epävarmuudet kilpailukyvyille. Energiaperusteisen 30 % jakeluelvoitteen tuomia riskejä Suomen lentoliikenteelle ei pystytä kvantitatiivisesti määrittämään. Jo maltillisella jakeluelvoitteella saavutetaan positiivisia vaikutuksia ilmastopäästöihin ilman merkittäviä epävarmuus- ja riskitekijöitä.

Sekä energia- että khk-perusteinen velvoite soveltuisi lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi. Khk-perusteinen velvoite kannustaisi käyttämään uusiutuvia lentopolttoaineita, joilla on mahdollisimman korkea päästövähennys. Kuluttajien voisi olla helpompaa ymmärtää velvoitteen vaikutus päästöihin. Myös tieliikenteessä oleva energia-perusteinen jakeluelvoite olisi toimiva ja kannatettava vaihtoehto. Jos lentoliikenteessä päädyttäisiin khk-perusteiseen velvoitteeseen, yhteensopivuutta tieliikenteen jakeluelvoitteen kanssa tulisi tarkastella uudelleen.

AFRYn markkinanäkemyksen mukaan uusiutuvan lentopolttoaineen hinta voisi määriäytyä sakkomaksujen kautta. Lentoliikenteen jakeluelvoitteen sakkomaksujen ollessa korkeammat kuin tieliikenteessä, uusiutuvan polttoaineen markkinatilanne voisi vääristyä ja kustannusvaikutukset liikenteelle asetetuille velvoitteille voisi kasvaa tarpeettomasti. AFRY esittääkin lentoliikenteen jakeluelvoitteelle samaa sakkomaksua 40 EUR/GJ, mikä on käytössä tieliikenteen jakeluelvoitteessa.

Uusiutuvien lentopolttoaineiden kestävyyskysymykset eivät eroa tieliikenteen polttoaineista, eikä päällekkäinen lainsäädäntö ole mielekäästä. Jakeluelvoitteessa ei kuitenkaan suositella hyväksyttävän ruokapohjaisia eikä palmuöljystä tuotettuja polttoaineita, sillä niiden yleinen hyväksyttävyyden Suomessa on alhaisella tasolla ja myös EU-lainsäädäntö pyrkii vähentämään niiden merkitystä liikenteessä.

RED II määrittää 1,7 % enimmäismäärän Liite IX Osa B -raaka-aineista tuotetuille polttoaineille tieliikenteessä. AFRYn nykytiedon valossa enimmäismäärä on jäsenvaltiokohtainen ja koskee kaikkia liikenteen polttoaineita, vaikka raja lasketaan tieliikenteen perusteella. Tieliikenteen jakeluelvoitteessa raja on varmistettu jakelijakohtaisilla enimmäismäärillä, jotka todennäköisesti täyttävät Suomen 1,7% kiintiön, johon voi perustellusti hakea korotusta. On vielä epäselvää koskeeko tämä rajoitus myös RED II kiintiön ylittäviä uusiutuvien polttoaineiden määriä. Tarkastellut päästövähennemät vähentävät pääasiallisesti kansainvälisiä lentoliikenteen päästöjä, joita ei raportoida Suomen kansallisiin päästötavoitteisiin. Komissio ottanee kantaa raaka-ainerajoituksiin vuoden 2021 aikana ReFuelEU-aloitteen yhteydessä. Mikäli osa B raaka-aineet jäisivät kokonaan lentoliikenteen jakeluelvoitteen ulkopuolelle, nostaisi se merkittävästi polttoainekustannuksia ja asettaisi riskejä polttoaineen saatavuudelle. Suurin osa tällä hetkellä kansainvälisesti tuotetuista uusiutuvista lentopolttoaineista pohjautuu osa B raaka-aineisiin.

AFRY suosittelee jakeluelvoitetason ja mahdollisen sähköpolttoaineiden alavelvoitteen uudelleen arviointia vuonna 2025, kun sekä pandemian että jakeluelvoitteen vaikutukset ovat paremmin selvillä ja sähköpolttoaineiden teknologia kehittyneet. Erilistä kehittyneiden biopolttoaineiden velvoitetta ei suositella sillä se lisäisi kokonaiskustannuksia.

Suomen tulisi panostaa EU:n ja ICAO:n päästövähennyskeinojen toimeenpanon edistämiseen. EU-laajuinen jakeluelvoite yhdessä suunniteltujen kansallisten velvoitteiden kanssa olisi vaikutukseltaan 14-kertainen Suomen 30 % jakeluelvoitteen päästövähennemiin. Kansainvälinen ICAO:n jakeluelvoite estäisi kilpailutilanteen vääristymiä.

Taulukko 15. AFRYn työryhmän suositukset jakeluelvoitelain jatkovalmisteluun

Suositukset	
Suomen tulisi valmistella uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoitetta	<ul style="list-style-type: none"> • Marinin hallitusohjelman kirjaus koskee 30% biopolttoaineiden sekoitelvelvoitetta • AFRY suosittelee velvoitteen laajentamista kaikkiin uusiutuviin lentopolttoaineisiin, jotta huomioidaan teknologianeutraaliuus ja mm. sähköpolttoaineet • Sekoitelvelvoite velvoittaisi kaikkia Suomen lentoasemia jakelemaan uusiutuvia lentopolttoaineita, kun taas jakelu-velvoitteella voidaan tuoda enemmän joustoa ja vähentää kustannuksia samoilla päästövähennyksillä
Jakeluelvoitteen tulisi koskea siviili-ilmailua	<ul style="list-style-type: none"> • Puolustusvoimien toiminta ja sotilasilmailu suositellaan jätettäväksi jakeluelvoitteen ulkopuolelle, sillä tavoitteena on vähentää kasvavan siviili-ilmailun ilmastovaikutuksia
Jakeluelvoite voitaisiin ottaa käyttöön jo vuonna 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Uusiutuvien lentopolttoaineiden saatavuus tai jakelu ei ole esteenä jakeluelvoitteen käyttöönotolle jo 2022 • Aikaisempi käyttöönotto voisi luoda painetta EU:n ja ICAO:n päätöksentekoon, sekä kotimaista kysyntää uusiutuvien lentopolttoaineiden valmistajille
Jakeluelvoitteeseen suositellaan kehittyvää kasvupolkua	<ul style="list-style-type: none"> • Tasaisen kasvun sijaan, AFRY suosittelee maltillisesti kehittyvää kasvupolkua, jotta uusiutuvien lentoliikenteen polttoaineiden kilpailutilanne tasaantuu ja toimijat ehtivät mukautua velvoitteen vaikutuksiin
Vuoden 2030 tavoitetason asettamisessa tulisi huomioida epävarmuudet kilpailukyville	<ul style="list-style-type: none"> • Hallitusohjelman mukaisen 30% jakeluelvoitteen tuomia riskejä Suomen lentoliikenteelle ei pystytä kvantitatiivisesti määrittämään nykytiedon valossa • Jo maltillisella jakeluelvoitteella saavutetaan positiivisia vaikutuksia ilmastopäästöihin, ilman merkittäviä epävarmuus- ja riskitekijöitä
Sekä energia- että khk-perusteinen velvoite soveltuisi lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi	<ul style="list-style-type: none"> • Khk-perusteinen velvoite kannustaisi käyttämään uusiutuvia lentopolttoaineita, joilla on mahdollisimman korkea päästövähennys. Kuluttajien voisi olla helpompi ymmärtää velvoitteen vaikutus päästöihin. • Myös tieliikenteessä oleva energiaperusteinen jakeluelvoite olisi toimiva ja kannatettava vaihtoehto, joka voi olla kokonaisuudeltaan kustannustehokkaampi ratkaisu
Seuraamusmaksut tulisi asettaa tieliikenteen sakkomaksujen tasolle	<ul style="list-style-type: none"> • AFRYn markkinanäkemyksen mukaan uusiutuvan lentopolttoaineen hinta voisi määräytyä sakkomaksujen kautta. Lentoliikenteen jakeluelvoitteen sakkomaksujen ollessa korkeammat kuin tieliikenteessä, uusiutuvan polttoaineen markkinatilanne voisi vääristyä • AFRY esittääkin lentoliikenteen jakeluelvoitteelle samaa sakkomaksua 40 EUR/GJ, mikä on käytössä tieliikenteen jakeluelvoitteessa.
Jakeluelvoitteessa tulisi pääosin noudattaa Suomen kestävyyslakia	<ul style="list-style-type: none"> • Uusiutuvien lentopolttoaineiden kestävyyskysymykset eivät eroa tieliikenteen polttoaineista, eikä päällekkäinen lainsäädäntö ole mielekäästä • Jakeluelvoitteessa ei kuitenkaan suositella hyväksyttävään ruokapohjaisia eikä palmuöljystä tuotettuja polttoaineita
Liite IX osa B raaka-aineiden RED II	<ul style="list-style-type: none"> • RED II määrittää 1,7% enimmäismäärän Liite IX Osa B -raaka-aineista tuotetuille polttoaineille tieliikenteessä. AFRYn nykytiedon valossa enimmäismäärä on jäsenvaltiokohtainen ja koskee kaikkia

Suositukset	
-rajoituksia tulisi selvittää tarkemmin	<p>liikenteen polttoaineita, vaikka raja lasketaankin tieliikenteen perusteella.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tieliikenteen jakeluelvoitteessa raja on varmistettu jakelijakohtaisilla enimmäismäärillä, jotka todennäköisesti täyttävät Suomen 1,7% kiintiön, johon voi perustellusti hakea korotusta. • On vielä epäselvää koskeeko tämä rajoitus myös RED II kiintiön ylittäviä uusiutuvien polttoaineiden määriä. Tarkastellut päästövähennemät vähentävät pääasiallisesti kansainvälisiä lentoliikenteen päästöjä, joita ei raportoida Suomen kansallisiin päästötavoitteisiin. Komissio ottanee kantaa raaka-ainerajoituksiin vuoden 2021 aikana ReFuelEU-aloitteen yhteydessä.
Jakeluelvoitetta tulisi tarkastella uudelleen vuonna 2025	<ul style="list-style-type: none"> • AFRY suosittelee jakeluelvoitetason ja mahdollisen sähköpolttoaineiden alavelvoitteen uudelleen arviointia vuonna 2025, kun sekä pandemian että jakeluelvoitteen vaikutukset ovat paremmin selvillä ja sähköpolttoaineiden teknologia kehittynyt
Suomen tulisi panostaa EU:n ja ICAO:n päästövähennyskeinojen toimeenpanon edistämiseen	<ul style="list-style-type: none"> • EU-laajuinen jakeluelvoite yhdessä suunniteltujen kansallisten velvoitteiden kanssa olisi vaikutukseltaan 14-kertainen Suomen 30% jakeluelvoitteen päästövähennemiin • Kansainvälinen ICAO:n jakeluelvoite estäisi kilpailutilanteen vääristymisen

9 Johtopäätökset

Uusiutuvat lentopolttoaineet ovat yksi tehokkaimmista keinoista vähentää kansainvälisen lentoliikenteen kasvavia kasvihuonekaasupäästöjä. Tämä selvitys tarkasteli jakeluvelvoitteen vaihtoehtoisia toteutuspolkuja niin, että lentoliikenteen päästövähennystavoitteet toteutuisivat mahdollisimman kustannustehokkaasti ja teknologianeutraalisti.

Norja on toistaiseksi ainoa Euroopan maa, joka on jo asettanut jakeluvelvoitteen lentoliikenteen uusiutuville polttoaineille. Eri tasoisia velvoitteita on suunnitteilla sekä EU-laajuisena osana ReFuelEU-aloitetta, että jäsenvaltioiden toimesta. Työssä tarkasteltiin hallitusohjelmassa tavoitellun 30 % velvoitetason ohella myös 14 % ja 5 % jakeluvelvoitteiden vaikutuksia, joista keskimääräinen vastaisi Alankomaiden ja alin EU:n tavoitetasoja vuodelle 2030. Uusiutuvien lentopolttoaineiden saatavuus tai jakelu eivät ole esteinä velvoitteen käyttöönotolle jo vuodesta 2022 alkaen. Kehittyvä kasvupolku mahdollistaisi tasaisemman kilpailutilanteen ja toimijat ehtisivät mukautua velvoitteen vaikutuksiin.

Lentoliikenteen jakeluvelvoitteella saavutetaan suoria positiivisia vaikutuksia ilmasto-
päästöihin ja kannustetaan uusiutuvien polttoaineiden tuotantoon. Kotimaisista toimi-
joista sekä Nesteellä, UPM:lla että St1:llä on suunnitelmia kasvattaa uusiutuvien len-
topolttoaineiden tuotantoa. Energiaperusteisella 30 % jakeluvelvoitteella voitaisiin
saavuttaa jopa 880 000 CO2 tonnin ja 24 % elinkaaripäästövähennelmä vuonna 2030
verrattuna tilanteeseen ilman jakeluvelvoitetta. Korkean jakeluvelvoitteen tuomia ris-
kejä Suomen lentoliikenteelle ei pystytä objektiivisesti arvioimaan. Jakeluvelvoitteen
lisäkustannus eri reiteillä on hyvin maltillinen lipun hintaan nähden (1–71 EUR/mat-
kustaja), muttei ole varmuutta kuinka suuri osuus kustannuksia voidaan siirtää suo-
raan matkustajille. Edulliset lentomatkat ja internetin tuoma läpinäkyvyys ovat johta-
neet hintaherkkään ja erittäin kilpailtuun markkinaan. Finnairiin voisi kohdistua jopa
280 MEUR lisäkustannus vuonna 2030, joka on nelinkertainen yhtiön vuoden 2019 lii-
ketulokseen verrattuna.

Pohjoismaiset matkustajat hyväksyvät todennäköisemmin päästötoimien aiheuttamat
hinnankorotukset, mutta korkea jakeluvelvoite heikentäisi erityisesti vaihtomat-
kustuksen kilpailukykyä, joka mahdollistaa kattavat ja edulliset yhteydet kotimaan matkusta-
jille. Suomen läpi kulkevan liikenteen siirtyminen muille reiteille voi vähentää kansalli-
sen jakeluvelvoitteen tuomia kansainvälisiä päästövähennyksiä. Aasian vaihtoliikenteen
myötä Suomi on muita Pohjoismaita herkempi korkean jakeluvelvoitteen tuomalle kil-
pailukyvyn heikkenemiselle.

Jakeluelvoite on selkeä ja tehokas ohjauskeino lentoliikenteen päästöjen vähentämiseen, mutta vuoden 2030 tavoitetaso asettamisessa tulisi huomioida sekä epävarmuudet kilpailukyvyllä että mahdollisen tankkeroinnin ja uudelleen reitityksen riskit. Maltillisella jakeluelvoitteella saavutetaan positiivisia vaikutuksia ilmastopäästöihin ilman merkittäviä epävarmuus- ja riskitekijöitä. Jakeluelvoitteen tasoa ja mahdollista sähköpolttoaineiden alavelvoitetta tulisi tarkastella uudelleen vuonna 2025, kun sekä covid-19 -pandemian että jakeluelvoitteen vaikutukset ovat paremmin selvillä ja sähköpolttoaineiden teknologia kehittynyt.

Edellä esitetyin perustein AFRYn työryhmä suosittelee jo vuodesta 2022 alkavaa hitaasti kasvavaa kansallista uusiutuvien lentopolttoaineiden jakeluelvoitetta, joka saavuttaisi 2,5 % velvoitetaso vuonna 2025. Uusiutuvien lentopolttoaineiden hinnan ollessa 3–4 kertainen fossiiliseen polttoaineeseen nähden, AFRYn työryhmä kannattaa maltillista enintään 5–10 % jakeluelvoitetasoa vuodelle 2030. Tavoitetasoa tulisi arvioida uudelleen vuonna 2025, kun kansallisten velvoitteiden ja mahdollisen EU-laajuisen velvoitteen vaikutukset, polttoaineiden hintatasot sekä Suomen lentoalan toimijoiden kilpailukyky pandemian jälkeisessä maailmassa ovat paremmin selvillä. Suomen tulisi aktiivisesti panostaa EU-laajuisen jakeluelvoitteen edistämiseen, sillä sen päästövaikutukset olisivat moninkertaiset Suomen kansalliseen veloitteeseen nähden. Ympäristö ja ilmastovaikutuksien lisäksi päätöksenteossa suositellaan huomioimaan myös sosiaaliset ja taloudelliset kestävyystekijät – erityisesti näin pandemian keskellä.

Lähteet

- AirBP. (2020a, 11 2). *Where to buy*. Retrieved from AirBP: <https://www.bp.com/en/global/air-bp/where-to-buy.html>
- AirBP. (2020b, 11 2). *Sustainable aviation fuel*. Retrieved from AirBP: <https://www.bp.com/en/global/air-bp/aviation-fuel/sustainable-aviation-fuel.html>
- AirBus. (2019). *Global Market Forecast, Cities, Airports & Aircraft 2019-2038*. AirBus.
- aireg. (2020, 11 3). *aireg - Climate protection and sustainability*. Retrieved from aireg - Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e.V: <https://aireg.de/en/home-en/>
- Airport Technology. (2020, 11 9). *Analysis Projects*. Retrieved from Airport Technology: <https://www.airport-technology.com/>
- Avinor. (2020). *Traffic statistics*. Avinor.
- Burkhardt, U., Bock, L., & Bier, A. (2018). *Mitigating the contrail cirrus climate impact by reducing*. Climate and Atmospheric Science .
- Commercial aviation alternative fuels initiative. (2020). *Aviation's Market Pull*. Commercial aviation alternative fuels initiative.
- Delta. (2020, 10 29). *Delta enters offtake agreement with Gevo for 10M gallons per year of sustainable aviation fuel, creates long-term carbon solution-1*. Retrieved from Delta News Hub: <https://news.delta.com/delta-enters-offtake-agreement-gevo-10m-gallons-year-sustainable-aviation-fuel-creates-long-term>
- Delta. (2020, 10 29). *Delta's Journey to Carbon Neutral Starts Now*. Retrieved from Delta sustainability: <https://www.delta.com/us/en/about-delta/sustainability>
- Department for Transport. (2020). *RTFO Guidance Part One, Process Guidance, 2020:01/01/20 to 31/12/20*. London: Department for Transport.
- DHL. (2020, 11 9). *Carbon Calculator*. Retrieved from DHL: <https://www.dhl-carboncalculator.com/#/scenarios>
- EASA. (2019). *Grant agreement EASA.2015.GC21, Sustainable Aviation Fuel 'Monitoring System'*. European Union Aviation Safety Agency .
- EASA. (2020, 11 11). *Sustainable aviation fuels*. Retrieved from EASA: <https://www.easa.europa.eu/eaer/climate-change/sustainable-aviation-fuels>
- Eurocontrol. (2018). *European aviation in 2040*. EUROCONTROL.
- Euroopan komissio. (2015). *EU ETS Handbook*. Euroopan Unioni.
- Euroopan komissio. (2020a, 10 30). *Sustainable aviation fuels - ReFuelEU Aviation*. Retrieved from European Commission: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12303-ReFuelEU-Aviation-Sustainable-Aviation-Fuels>
- Euroopan komissio. (2020b, 11 4). *Reducing emissions from aviation*. Retrieved from Euroopan komissio: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_en
- Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. (2018). *Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto.
- European Commission. (2019). *Taxes in the Field of Aviation and their impact*.
- Eurostat. (2020). *EU Trade Since 1998 by HS2,4,6 and CN8*. Eurostat.
- Eurostat. (2020, 11 13). *Eurostat Database*. Retrieved from Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2020). *The National Hydrogen Strategy*. Berlin: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.
- Finansdepartementet. (2020). *Utgiftsområde 20 Allmän miljö- och naturvård*. Tukholma: Finansdepartementet.
- Finavia. (2019h). *Vuosikertomus 2018*. Finavia.
- Finavia. (2020a). *Kansainvälisen reittiliikenteen matkustajat maittain 2013-2019*. Finavia.

- Finavia. (2020b). *Kotimaan ja kansainvälisen liikenneilmailun laskeutumiset lentoasemittain 1998-2019*. Vantaa: Finavia.
- Finavia. (2020c). *Finavia*. Retrieved from Lentoasemat Suomessa: <https://www.finavia.fi/fi/lentoasemat>
- Finavia. (2020d, 1 10). *Finavia*. Retrieved from Uutishuone: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2020/finavian-lentoasemilla-26-miljoonaa-matkustajaa-vuonna-2019-lentoliikenteessa-oli>
- Finavia. (2020e). *Matkustajamäärät lentoasemittain 1998-2019*. Vantaa: Finavia.
- Finavia. (2020f). *Kansainvälisen reittiliikenteen matkustajat maittain 2013-2019*. Finavia.
- Finavia. (2020g). *Vastuullisuusraportti*. Finavia.
- Finavia. (2020h). *Kansainvälisen reittiliikenteen matkustajat maittain 2013-2019*. Finavia.
- Finavia. (2020i, 11 7). *Tietoa lentoliikenteestä*. Retrieved from Finavia: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/tietoa-lentoliikenteesta>
- Finavia. (2020j). *Vuosikertomus 2019*. Finavia.
- Finavia. (2020k). *Helsinki-Vantaan kotimaan ja kansainvälisen liikenteen saapuvien, lähtevien ja vaihtomatkustajien määrät 1998-2019*. Finavia.
- Finnair. (2018, 12 12). *Toimintaympäristö*. Retrieved from Finnair: <https://investors.finnair.com/fi/finnair-as-an-investment/operating-environment>
- Finnair. (2020a). *Hiilidioksidipäästöt*. Retrieved from Finnair: <https://company.finnair.com/fi/vastuullisuus/hiilidioksidip%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t>
- Finnair. (2020b, 11 12). *Media*. Retrieved from Finnair: <https://company.finnair.com/en/media/all-releases/news?id=2997059>
- Finnair. (2020c, 11 4). *Aiemmin julkistetusta poiketen Finnair kasvattaa tavoitettaan 140 miljoonan euron pysyvään kustannustason alenemaan vuoden 2022 alusta*. Retrieved from Finnair: <https://company.finnair.com/fi/media/kaikki-tiedotteet/tiedote?id=3813635>
- Finnair. (2020d, 11 4). *Finnair vähentää noin 700 työpaikkaa, tuhansien finnairilaisten pitkäaikaiset lomautukset jatkuvat*. Retrieved from Finnair: <https://company.finnair.com/fi/media/kaikki-tiedotteet/tiedote?id=3801599>
- Finnair. (2020e, 11 7). *Finnair päästölaskuri*. Retrieved from Finnair: <https://www.finnair.com/int/gb/emissions-calculator>
- Finnair. (2020f). *Vuosikertomus 2019*. Finnair.
- Finnair. (2020g). *Sustainability Report 2019*. Finnair.
- Government of the Netherlands. (2020, 11 3). *Aviation policy*. Retrieved from Government of the Netherlands: <https://www.government.nl/topics/aviation/aviation-policy>
- IATA. (2019a). *Aviation Climate Policy & Lower Carbon Aviation Fuel*. IATA.
- IATA. (2019b). *IATA sustainable aviation fuel symposium*. New Orleans: IATA.
- IATA. (2019c). *Aircraft Technology Roadmap to 2050*. IATA.
- IATA. (2020a). *Fuel, Fact sheet*. IATA.
- IATA. (2020b, 11 4). *Recovery Delayed as International Travel Remains Locked Down*. Retrieved from IATA: <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2020-07-28-02/>
- IATA. (2020c, 10 20). *Working towards ambitious targets*. Retrieved from IATA: <https://www.iata.org/en/programs/environment/climate-change/>
- IATA. (2020d, 10 29). *Offsetting CO2 Emissions with CORSIA*. Retrieved from IATA Programs: <https://www.iata.org/en/programs/environment/corsia/#tab-2>
- IATA. (2020e, 10 29). *Post-Covid-19 Green Recovery Must Embrace Sustainable Aviation Fuels*. Retrieved from IATA: <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2020-07-09-01/>

- IATA. (2020f, 11 4). *Jet Fuel Price Monitor*. Retrieved from IATA:
<https://www.iata.org/en/publications/economics/fuel-monitor/>
- IATA. (2020g). *Industry Statistics - Fact Sheet*. IATA.
- IATA. (2020h, 10 29). *Offsetting CO2 Emissions with CORSIA*. Retrieved from IATA:
<https://www.iata.org/en/programs/environment/corsia/>
- ICAO. (2020a, 10 9). *About ICAO*. Retrieved from ICAO: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>
- ICAO. (2020b, 10 29). *Climate Change*. Retrieved from ICAO:
<https://www.icao.int/environmental-protection/pages/climate-change.aspx>
- ICAO. (2020c, 10 30). *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)*. Retrieved from ICAO Environment: Hallitusohjelman mukaisesti Suomessa tavoitellaan 30% osuutta kestäville biopolttoaineille lentoliikenteessä
- ICAO. (2020d, 11 20). *ICAO Newsroom*. Retrieved from ICAO:
<https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ICAO-Council-agrees-to-the-safeguard-adjustment-for-CORSIA-in-light-of-COVID19-pandemic.aspx>
- IEA. (2020). *World Energy Outlook 2020*. IEA.
- InterVISTAS Consulting Inc. (2007). *Estimating Air Travel Demand Elasticities*. IATA.
- jetBlue. (2020, 10 29). *JetBlue Prepares its Business for a New Climate Reality*. Retrieved from jetBlue Investor Relations:
<http://mediaroom.jetblue.com/investor-relations/press-releases/2020/01-06-2020-131859289>
- Klima- og miljødepartementet. (2020a, 11 2). *Luftfarten skal bruke 0,5 prosent avansert biodrivstoff fra 2020*. Retrieved from regjeringen.no:
<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/biodrivstoff-i-luftfarten/id2613122/>
- Klima- og miljødepartementet. (2020b). *Forskrift om endring i forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter (innføring av omsetningskrav til luftfart)*. Klima- og miljødepartementet.
- KLM. (2020, 11 02). *KLM, SkyNRG and SHV Energy announce project first European plant for sustainable aviation fuel*. Retrieved from Newsroom:
<https://news.klm.com/klm-skynerg-and-shv-energy-announce-project-first-european-plant-for-sustainable-aviation-fuel/>
- Kymen sanomat. (2020, 11 11). *UPM:n Pesonen Ylen Ykkösaamussa: Kotka edelleen ykkösvaihtoehto biojalostamolle, kilpailukyky ja tuotteiden pääsy markkinoille varmistettava*. Retrieved from Kymen sanomat:
<https://kymensanomat.fi/uutiset/lahella/b22d8a03-8842-4da4-acc4-c89889e998c6>
- LiQuid Wind. (2020, 11 9). *Flagships*. Retrieved from liquidwind:
<https://www.liquidwind.se/flagships>
- Lufthansa. (2020). *Offset carbon emissions*. Retrieved from Lufthansa:
<https://www.lufthansa.com/us/en/offset-flight>
- Ministere de la transition écologique et solidaire. (2019). *Mise en place d'une filière de biocarburants aéronautiques durables en France*. Puteaux: Ministère de la transition écologique et solidaire.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2020). *Verantwoord vliegen naar 2050*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Neste. (2020a, 11 2). *Tietoa meistä*. Retrieved from Neste:
<https://www.neste.fi/konserni/tietoa-meista>
- Neste. (2020b, 11 2). *Tuotanto*. Retrieved from Neste:
<https://www.neste.fi/konserni/tietoa-meista/tuotanto>
- Neste. (2020c, 11 2). *Tiedotteet ja uutiset*. Retrieved from Neste:
<https://www.neste.fi/tiedotteet-ja-uutiset/oljytuotteet/neste-suunnittelee->

- suomen-jalostamotoimintojen-uudelleenjärjestelyja-ja-aloittaa-yhteistoimintaneuvottelut
- Neste. (2020d, 11 2). *Tiedotteet ja uutiset*. Retrieved from Neste: <https://www.neste.fi/tiedotteet-ja-uutiset/lentoliikenne/neste-ja-shell-sopivat-vastuullisen-lentopolttoaineen-tarjonnan-lisaamisesta>
- Neste. (2020e, 11 2). *Neste MY uusiutuva lentopolttoaine™ tarjoaa ilmailualalle kestävän ratkaisun*. Retrieved from Neste: <https://www.neste.com/fi/puhtaammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-lentopolttoaine>
- Neste. (2020f). *Neste Capital Markets Day*. Neste.
- Neste. (2020g). *Renewable Aviation*. Neste.
- Neste. (2020h). *Neste Annual Report 2019*. Neste.
- Neste. (2020i, 11 12). *Releases and news*. Retrieved from Neste: <https://www.neste.com/releases-and-news/aviation/neste-and-all-nippon-airways-ana-collaborate-first-supply-sustainable-aviation-fuel-asia>
- Norwegian. (2020a). *Annual Report 2019*. Norwegian.
- Norwegian. (2020b). *Environmental sustainability strategy 2023*. Norwegian.
- Samferdselsdepartementet. (2020, 11 2). *Luftfart og klima*. Retrieved from Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/luftfart/tiltak-for-a-redusere-klimagassutslipp/id2076453/>
- SAS. (2020a). *SAS Annual and Sustainability Report FY 2019*. SAS Group.
- SAS. (2020b). *Biofuel*. Retrieved from Flysas: <https://www.flysas.com/en/fly-with-us/travel-extras/biofuel/>
- SENASA. (2020, 11 10). *Sustainable fuels for aviation in Europe*. Retrieved from Biofuels flightpath: <https://www.biofuelsflightpath.eu/>
- Shell. (2020a, 11 4). *Aviation fuel*. Retrieved from Shell: <https://www.shell.com/business-customers/aviation/aviation-fuel.html>
- Shell. (2020b, 11 4). *Neste and Shell Sign an agreement to increase the supply of Sustainable Aviation Fuel*. Retrieved from Shell: <https://www.shell.com/business-customers/aviation/news-and-media-releases/news-and-media-2020/neste-and-shell-sign-an-agreement-to-increase-the-supply-of-sustainable-aviation-fuel.html>
- Sipilä, E., Kiuru, H., Nylund, N.-O., & Sipilä, K. (2020). *Jakeluvonvoiton laajentaminen*. AFRY Management Consulting Oy.
- St1. (2020a, 11 11). *LUT, Wärtsilä ja St1: Power-to-X-ratkaisut tulee nostaa Suomen energia- ja ilmastoratkaisujen ytimeen*. Retrieved from St1: <https://www.st1.fi/lut-wartsila-ja-st1-power-to-x-ratkaisut-tulee-nostaa-suomen-energia-ja-ilmastoratkaisujen-ytimeen>
- St1. (2020b, 11 11). *Synteettisten polttoaineiden pilotlaitoksen selvitystyö Joutsenoon käynnistyi*. Retrieved from St1: <https://www.st1.com/fi/synteettisten-polttoaineiden-pilotlaitoksen-selvitystyö-joutsenoon-kaynnistyi>
- Statens Offentliga Utredningar. (2019). *Biojet för flyget (SOU 2019:11)*. Tukholma: Regeringskansliet.
- Suomen virallinen tilasto (STV). (2020, 11 13). *Panos-tuotos*. Retrieved from Suomen virallinen tilasto (STV): <http://www.stat.fi/til/pt/>
- the European Parliament and the Council of the European Union. (3028). *Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources*. the European Parliament and the Council of the European Union.
- Tilastokeskus. (2019). *Ilmastopolitiikan seuraintindikaattorit*. Helsinki: Tilastokeskus.
- Tilastokeskus. (2019). *Liikenteen energiankulutus*. Tilastokeskus.
- Tilastokeskus. (2020a). *Kotimaan lentoasemien matkustajamäärät ja rahtitonnit, 2019M01-2020M09*. Tilastokeskus.

- Tilastokeskus. (2020b). *Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2019*. Helsinki, http://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2019_2020.pdf: Tilastokeskus.
- Tilastokeskus. (2020c). *Liikenteen energiakulutus*. Helsinki: Tilastokeskus.
- Traficom. (2020a, 10 29). *CORSIA - kansainvälisen lentoliikenteen päästöjärjestelmä*. Retrieved from Traficom: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/ilmailu/corsia>
- Traficom. (2020b, 2020 4). *Eu:n lentoliikenteen päästökauppa*. Retrieved from Traficom, Liikenne ja viestintävirasto: 11
- Transport Analysis. (2019). *Civil Aviation 2018*. Transport Analysis.
- U.S. Department of Energy. (2020). *Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways*. U.S. Department of Energy.
- UPM. (2020, 11 11). *About UPM Biofuels*. Retrieved from UPM Biofuels: <https://www.upmbiofuels.com/about-upm-biofuels/>
- Valtioneuvosto. (2019). *Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019, Osallistava ja osaava Suomi - sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta*. Helsinki: Valtioneuvosto.
- World Economic Forum. (2020). *Joint Policy Proposal to Accelerate the Deployment of Sustainable Aviation Fuel in Europe*. World Economic Forum.
- Yle. (2020, 11 4). *Finnairin toimitusjohtaja matkustusrajoituksista: "Jos emme pian pysty lisäämään lentoja kuten kilpailijat, yhtiö pienenee pysyvästi"*. Retrieved from Yle: <https://yle.fi/uutiset/3-11586128>