

# Lentomatkustuksen päästöt

**Mistä lentoliikenteen päästöt syntyvät ja  
miten niitä voidaan vähentää?**

**Johanna Niemistö, Sampo Soimakallio, Ari Nissinen  
ja Marja Salo**





# Lentomatkustuksen päästöt

**Mistä lentoliikenteen päästöt syntyvät ja miten niitä voidaan vähentää?**

**Johanna Niemistö, Sampo Soimakallio, Ari Nissinen ja Marja Salo**



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 2 | 2019

Suomen ympäristökeskus

Kulutuksen ja tuotannon keskus

Kirjoittajat: Johanna Niemistö, Sampo Soimakallio, Ari Nissinen, Marja Salo

Suomen ympäristökeskus

Vastaava erikoistoimittaja: Jari Lyytimäki

Julkaisu on tuotettu Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran ja Suomen ympäristökeskus SYKEN rahoituksella

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Johanna Niemistö

Kannen kuva: Johanna Niemistö

Julkaisu on saatavana veloitusetta internetistä: [www.syke.fi/julkaisut](http://www.syke.fi/julkaisut) | [helda.helsinki.fi/syke](http://helda.helsinki.fi/syke) sekä ostettavissa painettuna SYKEN verkkokaupasta: [syke.juvenesprint.fi](http://syke.juvenesprint.fi)

ISBN 978-952-11-4993-1 (nid.)

ISBN 978-952-11-4994-8 (PDF)

ISSN 1796-1718 (pain.)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

Julkaisuvuosi: 2019

## TIIVISTELMÄ

### Lentomatkustuksen päästöt

Selvitys pyrkii antamaan lukijalle yleiskuvan lentoalasta ja sen vaikutuksista, esittämään mitä tekijöitä huomioidaan kun päästöjä arvioidaan ja lasketaan eri tarkoituksia varten, ja miten suuria lentomatkustuksen päästöt ovat. Lisäksi tarkastellaan erilaisia päästöjen vähentämisen keinoja keskittyen erityisesti teknisiin ja säädöksellisiin toimiin. Selvityksen kohteina ovat myös erilaiset päästöskenaariot sekä muita lentämiseen liittyviä seikkoja kuten lentovero, päästölaskurit, hiilineutraalius, matkustuskäyttäytymisen mahdolliset muutokset ja kuluttajan henkilökohtainen hiilibudjetti.

Globaalisti lentoliikenteen osuus on noin 2–3 prosenttia ihmisen toiminnan aiheuttamista suorista hiilidioksidipäästöistä. Lentoala kuitenkin kasvaa nopeasti ja lentomatrustajien määrän odotetaan tuplaantuvan seuraavan 20 vuoden aikana. Lentoliikenteen aiheuttamia melu- ja kasvihuonekaasupäästöjä on jo vähennetty erilaisin teknisin ja operatiivisin keinoin. Standardien ja teknisen kehityksen avulla rajoitetaan lentokoneiden moottori- ja melupäästöjä sekä parannetaan koneiden tehokkuutta. Päästöjä on vähennetty myös tehostamalla lentämistä yhteisten ilmatilasopimusten, lentojen reitityksen ja lennonohjauksen avulla. Fossiilisten lentopolttoaineiden korvaaminen uusiutuvista raaka-aineista kestävästi tuotetuilla vaihtoehtoisilla polttoaineilla on olennaista päästöjen rajoittamiseksi. Raaka-aineiden ja tuotannon kalleus sekä vähäinen tuotantokapasiteetti ovat toistaiseksi olleet suurimpia esteitä vaihtoehtoisten polttoaineiden käytön yleistymiselle. Sähkön avulla tuotettuja polttoaineita ja sähkölentokoneita kehitetään myös parhaillaan. Euroopan talousalueen sisäiset lennot ovat kuuluneet päästökaupan piiriin vuodesta 2012 lähtien ja kansainvälisesti valtiot ovat sitoutuneet lentoalan hiilineutraaliin kasvuun vuoden 2020 jälkeen. Hiilineutraalius perustuu päästöjen kasvun kompensointiin ICAOn päästöhyvitysjärjestelmä CORSIA:n avulla.

Päästöjen laskennassa lentoliikenne jaetaan kotimaan ja ulkomaan liikenteeseen. Erottelu perustuu myydyin lentopolttoaineen määrään. Tilastot eivät anna selvää kuvaa eri kansallisuuksiin kuuluvien matkustajien jakautumisesta lentoliikenteessä. Ulkomaalaisen lentämä matka Suomessa vaikuttaa Suomen lentoliikenteen päästöihin, mutta suomalaisten lentomatkat ulkomaisten valtioiden välillä tai ulkomailta Suomeen eivät puolestaan vaikuta Suomen lentoliikennepäästöihin. Vaikka lentojen keskimääräinen merkitys kasvihuonekaasupäästöissä onkin vielä pienehkö, kuluttajan henkilökohtaisessa hiilibudjetissa jo yksittäinen lentomatka voi olla suuressa roolissa. Kuluttaja voi vähentää lentomatkustuksensa päästöjä omien valintojensa avulla, esimerkiksi vaihtamalla matkakohdetta tai kulkutapaa ja jättämällä lentomatkan tekemättä. Päästöjä voi myös kompensoida.

Lentoliikenne on kansainvälistä ja säädelyä toimintaa, joka kietoutuu yhteen eri toimialojen kanssa. Lentoliikenteen kasvuun tulevaisuudessa vaikuttavat useat eri tekijät kuten yleinen talous- ja liikelämän kasvu, tekninen kehitys, sääntelyjärjestelmät, polttoaineiden ja lentolippujen hinnat sekä niiden kysyntä. Vaihtoehtoisten liikkumistapojen saatavuus ja hinta vaikuttavat niiden kilpailukykyyn lentämiseen verrattuna, samoin kuin ihmisten odotukset matkoille.

Tutkimus-, kehitys- ja innovaatio toimintaa tarvitaan edelleen kestävämpien ratkaisujen kehittämiseksi. Lentämisen verotus ja toimet vaihtoehtoisten polttoaineiden käytön lisäämiseksi voivat olla merkittäviä ohjauskeinoja tulevaisuudessa. Sääntelyn uudistaminen ja yhtenäistäminen globaalisti tai vähintään Euroopan laajuisesti mahdollistaa tasaisemman kilpailuasetelman lentoyhtiöiden ja -asemien välillä. Samaan aikaan kansalliset kokeilut ja uudistukset voivat omalta osaltaan kehittää myös kansainvälistä sääntelyä. Esimerkiksi muutamien valtioiden käyttöön ottamat lentoliikenteen verot herättävät keskustelua myös muissa valtioissa. Lentoliikenteen ennakoitu voimakas kasvu ja kasvun hiilineutraaliuden saavuttaminen kompensoimalla ovat todennäköisesti jatkossakin kriittisen tarkastelun kohteina, kun kansainvälisin ja kansallinen sopimuksin pyritään saavuttamaan kansainvälisen ilmastopaneelin määrittämä ilmaston lämpenemisen kasvun rajoittaminen 1,5 tai 2 asteeseen.

**Asiasanat:** hiilidioksidi, hiilineutraalius, lentoliikenne, päästöt, ympäristövaikutukset

## SAMMANDRAG

### Utsläpp från flygresor

Utredningen är avsedd att ge läsaren en översikt över luftfartssektorn och dess effekter. Rapporten tar upp vilka faktorer som beaktas när utsläpp uppskattas och beräknas för olika syften samt hur stora utsläppen från flygtrafiken är. Därtill diskuteras olika sätt att minska utsläppen, med särskilt fokus på tekniska åtgärder och regelverk. Utredningen tar även upp, olika utsläppsscenarioer samt andra faktorer som anknyter till flygtrafiken, såsom flygskatt, utsläppsräknare, koldioxidneutralitet, möjliga förändringar i resandet och konsumentens personliga kolbudget.

Flygtrafiken står för omkring 2–3 procent av de koldioxidutsläpp som orsakas av mänsklig verksamhet. Luftfartssektorn växer dock snabbt, och antalet flygpassagerare förväntas fördubblas de närmaste 20 åren.

Bullret och utsläppen av växthusgaser från flygtrafiken har redan minskats genom olika tekniska och operativa metoder. Genom standarder och teknisk utveckling begränsar man flygplanens motor- och bullerutsläpp och förbättrar effektiviteten. Man har också minskat utsläppen genom att effektivisera flygtrafiken genom gemensamma luftrumsavtal, ruttplanering och flygledning. Ersättandet av fossila flygbränslen med alternativa bränslen som producerats hållbart av förnybara råvaror har en nyckelroll när det gäller begränsningen av utsläppen. Höga kostnader för råvaror och produktion samt låg produktionskapacitet utgör hittills de största hindren för att alternativa bränslen ska börja användas mer allmänt. Elektriska drivmedel och flygplan är också under utveckling. Flygtrafiken inom Europeiska ekonomiska samarbetsområdet har omfattats av utsläppshandeln sedan 2012, och den internationella luftfartssektorn har förbundit sig till koldioxidneutral tillväxt efter 2020. Koldioxidneutraliteten bygger på kompensatio- n av utsläppsökningarna genom ICAOs CORSIA-systemet.

Vid beräkningen av utsläppen skiljer man mellan inrikes och utrikes flygtrafik. Distinktionen baserar sig på de mängder flygbränsle som sålts. Statistiken ger ingen klar bild av andelarna passagerare av olika nationaliteter i flygtrafiken. En utländsk person som reser med flyg inom Finland påverkar utsläppen från flygtrafiken i Finland, medan finländares resor mellan andra länder eller från utlandet till Finland inte påverkar Finlands utsläpp. Även om flygens genomsnittliga betydelse av växthusgasutsläpp fortfarande är låg, kan en enskild flygresa dock ha stor betydelse för konsumentens personliga kolbudget. Konsumenten kan minska utsläppen från sina resor genom sina val, exempelvis genom att resa till en annan destination eller på ett annat sätt och avstå från att flyga. Utsläppen kan även kompenseras.

Flygtrafiken är en internationell och reglerad verksamhet som är sammanflätad med flera andra faktorer. Luftfartens framtida tillväxt påverkas av flera olika faktorer, såsom tillväxten inom ekonomin och näringslivet, den tekniska utvecklingen, föreskrifter, priserna på bränsle och flygbiljetter samt efterfrågan. Tillgången och priset på alternativa transportformer såväl som människors förväntningar att resa påverkar deras konkurrenskraft jämfört med flyget.

Forsknings-, utvecklings- och innovationsverksamhet behövs fortfarande för att utveckla hållbarare lösningar. Beskattningen av flygtrafiken och utökande av användningen av alternativa bränslen kan komma att bli betydande styrmedel i framtiden. Genom att förnya och förenhetliga regelverket globalt eller åtminstone i Europa kan man möjliggöra en jämnare konkurrenssituation mellan olika flygbolag och flygplatser. Samtidigt kan nationella experiment och reformer också bidra till utvecklingen av internationell reglering. Till exempel ökar en del staters ibruktagande av flygskatter debatt i andra stater. Den förväntade starka tillväxten i flygtrafiken och uppnåendet av kolneutral tillväxt genom kompensatio- n kommer troligtvis fortsätta att vara under kritisk granskning, när man med internationella och nationella avtal strävar till att uppnå en 1,5 eller 2 värmegraders utsläppsutveckling definierad av den internationella klimatpanelen.

**Nyckelord:** flygtrafik, koldioxid, kolneutralitet, miljöeffekter, utsläpp

## ABSTRACT

### Aviation emissions

This report aims to provide the readers with an overview of the aviation sector and its impact. The report looks at the factors that are considered when assessing and calculating emissions for different purposes and the amount of emissions from air traffic. In addition to this, it discusses various ways of reducing emissions, focusing specifically on technical and legislative means. The review also looks at various emission scenarios and other flight-related items, such as aviation tax, emission calculators, carbon neutrality, possible changes in travel modes, and consumers' individual carbon budgets.

Air traffic accounts for approximately 2–3 per cent of carbon dioxide emissions originating from human activity. However, the aviation sector is growing fast and the number of air passengers is expected to double in the next 20 years. The amount of noise and greenhouse gas emissions generated by air traffic have been reduced by technical and operative means. Various standards and technical developments help to restrict emissions and noise from aeroplane engines and improve their efficiency. Emissions have also been reduced by making the aviation sector more efficient through general airspace agreements, flight path planning and flight control. Replacing fossil fuels with alternative fuels manufactured sustainably from renewable raw materials plays a vital role in reducing emissions. The high cost and volume of the raw materials and manufacturing form the greatest obstacles to the wider adoption of alternative fuels. Electric fuels and aircraft are also being developed. Flights within the European Economic Area have been part of the emission trading scheme since 2012, and globally, the aviation sector has pledged to engage in carbon-neutral growth after 2020. Carbon neutrality is based on emission compensation through the ICAO's CORSIA emission offsetting scheme.

When calculating emissions, air traffic is divided into domestic and international travel. This division is based on the amount of flight fuel sold. The statistics do not provide a clear picture of the nationality of air passengers: Flights taken by foreign travellers in Finland affect the level of Finnish air traffic emissions, while flights taken by Finnish citizens between two foreign states or from a foreign country to Finland have no impact on the Finnish air traffic emissions. Although the average significance of flights for greenhouse gas emissions is still low, a single flight may play a significant role in an individual consumer's personal carbon budget. A consumer can reduce the amount of their air traffic emissions through personal choices, by changing their travel destination or mode or by choosing not to fly, for example. Emissions can also be compensated for.

Air traffic is a global, regulated business that is connected to a number of sectors. The future growth of aviation depends on several factors, such as the overall economic growth and business development, technological innovations, regulatory systems, and the price of fuel and flight tickets and their demand. The availability and price of alternative modes of transport and people's expectations of travelling will have an effect on how competitive they are in comparison to flying.

Research, development and innovation operations will still be needed to create more sustainable solutions. The taxation on flights and the measures to increase the use of alternative fuels may prove to be important steering measures in the future. Reforming and making regulation globally, or at least across Europe, more uniform will enable more equal competition between airlines and airports. At the same time, national experiments and reforms can also contribute to the development of international regulation. For example, the use of aviation taxes by some states raises debate in other states. The anticipated strong growth in air traffic and the compensating for carbon neutralization of growth will probably continue to be a critical consideration when international and national agreements aim at achieving a 1.5 or 2 degrees climate warming limitation defined by the Intergovernmental Panel on Climate Change.

**Keywords:** air traffic, carbon dioxide, carbon neutrality, emissions, environmental effects

## ESIPUHE

Tämä selvitys on osa Sitran ja Suomen ympäristökeskuksen yhteishanketta, joka on toteutettu osana Sitran Ilmastoratkaisut -avainaluetta. Hankkeen tavoitteena on selventää kuvaa siitä, kuinka suuria lentomatkustamisen päästöt ovat, millaisilla keinoilla ja säädöksillä haitallisia vaikutuksia pyritään hallitsemaan tällä hetkellä ja mitä päästöjen vähentämiseksi voidaan tehdä tulevaisuudessa. Selvityksellä pyritään kuvaamaan alan nykytilanne kokoamalla alaan liittyvät faktat yhtenäiseksi tietopaketti, johon tutustumalla lukija saa yleiskuvan lentoalasta ja sen ympäristövaikutuksista.

Tekijät kiittävät lämpimästi kaikkia selvitykseen tietoja ja kommentteja antaneita tahoja: Erityisesti hankkeen ohjausryhmätyöskentelyyn osallistuneet Vesa-Matti Lahti ja Mariko Landström Sitralta sekä selvityksen asiantuntijoina toimineet kestävän kehityksen johtajat Kati Ihamäki (Finnair Oyj) ja Mikko Viinikainen (Finavia Oyj), kehityspäällikkö Virpi Kröger (Neste Oyj), yliaktuaari Kari Grönfors (Tilastokeskus) ja erityisasiantuntija Tiia Jyräsalo (Trafi) sekä muut selvitystä kommentoineet henkilöt. Tekijät vastaavat selvityksen lopullisesta sisällöstä.

Joulukuussa 2018

*Tekijät*

## SISÄLLYS

<b>1.</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>Yleiskuva lentoliikenteestä</b> .....	<b>10</b>
2.1	Lentoalan toimijat .....	11
2.2	Lentoliikenne globaalisti ja Euroopassa .....	13
2.3	Lentoliikenne Pohjoismaissa .....	15
2.4	Lentoliikenne Suomessa .....	17
2.4.1	Suomalaisten lentomatkustaminen vuonna 2017.....	19
2.4.2	Ketkä matkustavat? .....	20
<b>3.</b>	<b>Lentoliikenteen päästöt ja ympäristövaikutukset</b> .....	<b>21</b>
3.1	Lentokoneiden aiheuttamat päästöt .....	22
3.2	Päästöjen seuranta ja laskenta.....	23
3.3	Päästölaskurit ja päästöjen kompensointi .....	25
3.4	Lentoliikenteen päästöt globaalisti ja Euroopassa .....	28
3.5	Suomen lentoliikenteen päästöt .....	29
3.6	Finavian ja Finnairin päästöt vuonna 2017.....	32
<b>4.</b>	<b>Keinot päästöjen vähentämiseksi</b> .....	<b>33</b>
4.1	Säntelypohjaiset keinot: Standardit koneiden melu- ja päästötasolle .....	34
4.2	Tekniset keinot.....	35
4.2.1	Lentokoneiden ja moottoreiden tekninen kehitys .....	35
4.2.2	Sähkölentokoneet .....	36
4.2.3	Kerosiinille vaihtoehtoiset lentopolttoaineet .....	36
4.3	Operatiiviset keinot.....	38
4.3.1	Lennonohjaus ja reittien optimointi .....	38
4.3.2	Lentoasemien hiilidioksidipäästöjen hallintaohjelma ja hiilineutraalius .....	39
4.4	Taloudelliset ohjauskeinot .....	40
4.4.1	Lentoliikenteen päästökauppa Euroopassa .....	40
4.4.2	Päästöhyvitysjärjestelmä CORSIA .....	41
4.4.3	Lentoliikenteen verotus.....	43
4.4.4	Lentoliikenteen saamat tuet .....	45
4.5	Matkustajien ja työnantajien vaikutusmahdollisuudet.....	45
4.6	Yhteenveto vähennyskeinoista .....	47
<b>5.</b>	<b>Lentämisen päästöjen kehitys Pariisin ilmastopöytäkirjasta toteutettaessa</b> .....	<b>48</b>
5.1	Globaali hiilibudjetti ja päästöpolku.....	48
5.2	Lentoliikenteen päästöpolku vuoteen 2050 .....	49
5.3	Päästöbudjettien raameissa jäljellä olevat lentokilometrit.....	50
<b>6.</b>	<b>Johtopäätökset</b> .....	<b>51</b>



# 1. Johdanto

Lentoliikenteen päästöjen osuus Euroopan unionin alueen kasvihuonekaasupäästöistä on noin kolme prosenttia ja vastaavasti yli kaksi prosenttia globaaleista kasvihuonekaasupäästöistä. Ilmastomuutoksen kannalta keskeinen ongelma on lentoalan kasvu: kansainvälinen ilmakuljetusliitto IATA ennakoi lentoliikenteen kaksinkertaistuvan seuraavan 20 vuoden kuluessa yhteensä 8,2 miljardiin lentomatkustajaan vuonna 2037 (IATA 2018a). Tekninen kehitys pystyy tuskin kokonaan kompensoimaan lentoliikenteen kasvusta aiheutuvia päästöjä, samaan aikaan kun maailmanlaajuisesti kasvihuonekaasupäästöjä pitäisi pystyä vähentämään nopeasti. Vaikka valtiotasolla on kansainvälisesti sitouduttu hiilineutraaliin kasvun vuoden 2020 jälkeen, se ei tarkoita kasvun päästöttömyyttä, vaan hiilineutraalius voidaan sovitun käytännön mukaisesti toteuttaa pitkälti ostamalla päästöoikeuksia muilta sektoreilta tai päästövähennys-hankkeista.

Tämän selvityksen tavoitteena oli selvittää kuvaa siitä, kuinka suuria lentomatkustamisen päästöt ovat sekä millaisilla keinoilla haitallisia vaikutuksia ja päästöjä pyritään hallitsemaan ja vähentämään. Selvityksellä pyritään kuvaamaan lentoalan nykytilannetta kokoamalla tärkeimmät faktat yhtenäiseksi tietopaketti, johon tutustumalla lukija saa yleiskuvan lentoliikenteen määrästä, sen aiheuttamista ympäristövaikutuksista ja päästöjen vähennyskeinoista.

Tiedonhaussa hyödynnettiin erilaisia aiheeseen liittyviä ajankohtaisia ja avoimesti saatavilla olevia tilastoja, selvityksiä, päästölaskureita, raportteja ja uutisia. Lisäksi haastateltiin alalla pitkään toimineita asiantuntijoita sekä pyydettiin lisätietoja ja tarkennuksia muun muassa Tilastokeskukselta ja Trafilta. Hankkeessa on lisäksi tuotettu blogikirjoituksia, jotka löytyvät Sitran internetsivuilta (Niemistö 2018a; 2018b).

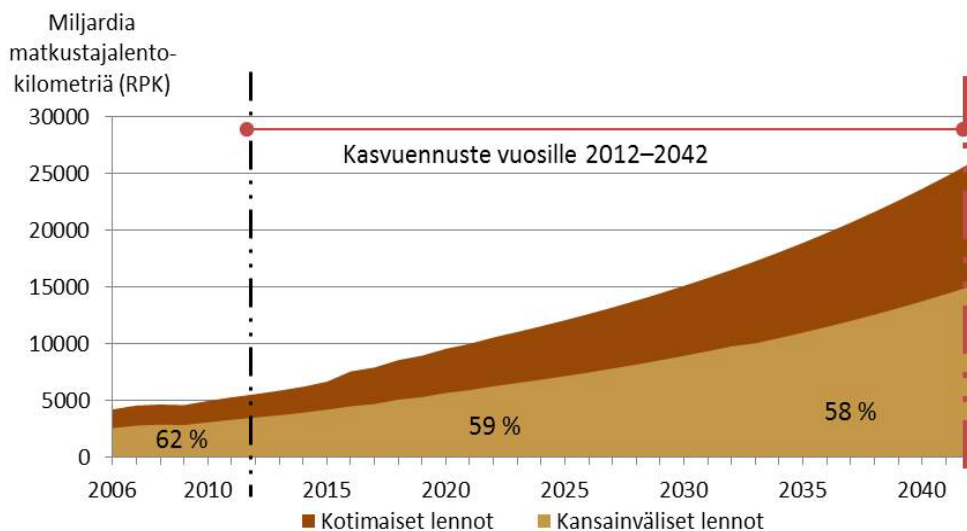
Luvussa kaksi annetaan yleiskuvaa lentoliikenteestä, alan eri toimijoista sekä lentoliikenteen määrästä. Luvussa kolme tarkastellaan lentoliikenteen päästöjen muodostumista ja laskentaa sekä tarkastellaan erilaisia päästölaskureita ja päästöjen määriä. Päästöjen kompensointia käsitellään myös lyhyesti. Luvussa neljä käydään läpi erilaisia keinoja päästöjen vähentämiseksi, luvussa viisi puolestaan tarkastellaan päästöjä hiilibudjettien näkökulmasta ja pohditaan mikä on lentoliikenteen osuus päästöistä erilaisissa tulevaisuuden päästöskenaarioissa.

## 2. Yleiskuva lentoliikenteestä

Maailman ensimmäinen lentokone lento tehtiin vuonna 1903 ja lentoyhtiöitä alettiin perustaa 1920-luvulla. Kaupallisen lentoliikenteen alkaessa lentäminen oli pitkään erilaisten sopimusten kautta taloudellisesti ja kansainvälisesti tiukkaan säädelyä: Ensimmäinen kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimus laadittiin 52 valtion kesken Chicagossa vuonna 1944. Tällöin sovittiin myös niin sanottujen bunkeripolttoaineiden verottomuudesta kansainväliselle lento- ja laivaliikenteelle. Lisäksi valtiot määrittivät kahdenkeskisillä sopimuksilla liikennöintioikeuksista, liikennöinnin kapasiteetista ja vuorotiheyksistä maiden välillä. Kaupallinen lentäminen avautui vähitellen, kun Yhdysvallat vapautti kotimaan markkinansa vuonna 1978 ja Euroopasta tehtiin yhtenäinen markkina-alue vuonna 1993. Euroopan yhteisön valtioiden sisäinen liikenne (eli niin sanottu kabotaasiliikenne) vapautettiin vuonna 1997, jolloin kaikki toimiluvan omaavat lentoyhtiöt saivat oikeuden operoida näitä lentoja. Yhdysvaltojen ja Euroopan välisen liikenteen sääntely ja kilpailu avautui puolestaan merkittävästi vuonna 2008 tehdyn Open skies-sopimuksen myötä. (Vuola 2012.) Ilmailuun ja lentoliikenteeseen liittyy kuitenkin edelleen paljon säädöksiä ja sopimuksia, joita on koottuna muun muassa Trafín internetsivuilla (Trafi 2018a). Suomen lentoalan historian pääkohtia on koottu taulukkoon 1.

Toimintaympäristön muutoksen myötä usein kansallisessa omistuksessa olevien ”perinteisten” lentoyhtiöiden rinnalle muodostui niin kutsuttuja halpalentoyhtiöitä. Vuosina 2001–2004 niitä perustettiin pelkästään Euroopassa yli 30. Lentoyhtiötyyppien välillä on selkeitä eroja: perinteinen lentoyhtiö tarjoaa yleensä monipuolisen reittitarjonnan hyödyntäen erikokoisia lentokoneita ja suurimpia lentokenttiä ja palvelutaso on korkea. Halpalentoyhtiöt puolestaan operoivat usein hieman pienemmiltä kentiltä ja käyttävät rajattua lentolaivastoa. Matkatavarat eivät useinkaan kuulu lipun hintaan, vaan ne ja muut lisäpalvelut ostetaan erikseen. (Vuola 2012.) Lentoalalla on lisäksi pienin konein operoivia alueellisia lentoyhtiöitä. Kilpailun lisääntymisen myötä etenkin perinteiset lentoyhtiöt ovat muodostaneet paremman kapasiteetin ja kannattavuuden saavuttamiseksi yhteenliittymiä yrityskauppojen, codesharing-sopimusten (lentoyhtiö voi myydä paikkoja sopimuskumppanin operoimille lennoille) ja allianssien kuten oneworld, Star Alliance ja SkyTeam kautta (Viri 2015).

Lentoliikenne on herkkä talouden suhdannevaihteluille ja muille maailmanlaajuisille ilmiöille. Lentoliikennettä ovatkin ohjanneet merkittävästi muun muassa taloustaantumet, syyskuun 11. päivän terroriteot vuonna 2001, Irakin sota, öljyn hinnan nousu, Islannin tuhkapilvi ja epidemiat eli laajat tartuntataudit (Vuola 2012). Useiden toimialojen ja toimintojen kansainvälistymisen, lentämisen kustannusten alenemisen sekä ihmisten elintason nousun myötä lentämisen määrä on lisääntynyt etenkin tällä vuosikymmenellä. Lentoliikenteen kasvun odotetaan jatkuvan myös tulevina vuosikymmeninä (kuva 1).



Kuva 1. Lentoliikenteen globaali kehitys vuosina 2006–2015 ja ennuste vuoteen 2042. Ennusteessa vuosikasvu 4,6 % vuoteen 2032 saakka ja 4,5 % 2033–2042. Lähteet: ICAO 2016a, IHLG 2017.

Taulukko 1. Suomen lentoalan historiaa. Lähteet: Finavia 2018a, Aurinkomatkat 2013, SMAL 2018.

Vuosi- kymmen	Tapahtumia
<b>1900</b>	Maailman ensimmäinen lentokone lento tehtiin vuonna 1903 sekä lento Englannin kanaalin yli vuonna 1909.
<b>1910</b>	Ensimmäiset lentoyritykset ja -näytökset pidettiin Suomessa. Lentokoneiden ja lentämisen sijasta puhuttiin lentolaitteista, aeroplaaneista sekä ilmapurjehduksesta.
<b>1920</b>	Ensimmäiset lentoyhtiöt perustettiin, Suomeen vuonna 1923 Aero (nykyinen Finnair). Vesilentokoneet käytössä. Kaupunkien väliset lentoreitit vakiintuivat maailmalla, lentoja tehtiin usein entisillä sotilaskoneilla. Atlantin valtameri ylitettiin ensimmäistä kertaa lentäen vuonna 1927.
<b>1930</b>	Lentomatkestaminen yleistyi: vuonna 1930 yhteensä 6000 lentomatkestajaa maailmassa, vuonna 1938 jo yli 1,2 miljoonaa lentomatkestajaa. Siviili-ilmailu kehittyi Suomessa, Helsinki-Malmin lentokenttä avattiin vuonna 1936 ensimmäisenä maakenttänä.
<b>1940</b>	Maalta ilmaan nousevat lentokoneet syrjäyttivät lentoveneet ja vesitasot. Kaupallinen lentomatkestaminen alkoi ja siviili-ilmailu kehittyi. Sotavuodet vaikuttivat lentämiseen.
<b>1950</b>	Helsinki-Vantaan lentoasema avattiin olympialaisten vuoksi. Suihkumoottorikoneet otettiin käyttöön matkustajalennolla ja entisiä sotilaslentäjiä oli paljon reittilentojen kapteenina. Matkailu yleistyi vapaa-ajan viettotapana, matkatoimistoja perustettiin ja seuramatkailu lentäen alkoi, matkakohteina muun muassa Madrid ja Kanariansaaret. Matka Las Palmasiin kesti neljä vuorokautta, josta lentoaika oli 30 tuntia.
<b>1960</b>	Elintason nousun ja kaupungistumisen myötä matkestaminen vapaa-ajanviettotapana yleistyi. Lentomatkestailu ja etelänlomat lisääntyivät, kahdesta Suomen lentohistorian pahimmista lentoturmistista (molemmista yli 20 uhria) huolimatta.
<b>1970</b>	Vuosilomalain myötä suomalaisten vapaa-aika lisääntyi ja lentomatkestailu kasvoi nopeasti. Reittiliikenne Aasiaan avautui ja seuramatkat Thaimaahan aloitettiin. Laajarunkokoneet otettiin käyttöön. Lentokonekaappausten myötä aloitettiin turvatarkastukset. Öljykriisi nosti polttoaineiden hintoja.
<b>1980</b>	Taloudellinen nousukausi lisäsi matkestamista, aktiivilomat, kierto- ja harrastematkat lisääntyivät. Helsinki-Vantaan lentoaseman matkestajamäärä ylitti ensimmäistä kertaa viiden miljoonan matkestajan rajan.
<b>1990</b>	Talouden lamavuodet hidastivat lentomatkestailun kasvua. Lentoalan sääntely muuttui ja ala avautui kilpailulle tuoden mukanaan muun muassa halpalentoyhtiöt ja erilaiset lentoyhtiöiden väliset allianssit. Lentolippujen hinnat halpenivat.
<b>2000 ja 2010</b>	Terrori-iskujen myötä turvatoimet ja tarkastukset lisääntyivät. Lentäminen kuitenkin lisääntyi edelleen, muun muassa kauttakululiikenne Aasian ja Euroopan välillä, joka mahdollistaa kattavat liikenneyhteydet myös Suomen ja Euroopan välille. Lentojen ostaminen siirtyi internetiin. Kestävän kehityksen mukainen vastuullinen matkailu nähdään matkailualan merkittävänä haasteena nykypäivänä.

## 2.1 Lentoalan toimijat

Ilmailu on kansainvälistä toimintaa, jonka sääntely pohjautuu yhteisesti sovittuihin sääntöihin. Lentoalan keskeisin toimija on Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO, joka on Yhdistyneiden kansakuntien (YK) alainen ja 192 jäsenvaltion yhteinen järjestö. ICAOn päämääränä on kehittää kansainvälisen ilmailun periaatteita ja tekniikkaa sekä edistää kansainvälisen lentoliikenteen suunnittelua ja kehittämistä. Järjestö on tärkeässä roolissa lentoalan kehittämisessä ja yhteisten sopimusten laatimisessa. ICAOn jäsenvaltiot kokoontuvat kolmen vuoden välein yleiskokouksiin. Jäsenvaltioiden tulee myös laatia ja

päivittää kolmen vuoden välein toimintasuunnitelma (State Action Plan), joka sisältää toimenpidelinjatukset ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. ICAOn ilmailua ja ympäristönsuojelua käsittelevä komitea CAEP laatii säädöksiä ja suosituksia muun muassa lentokoneiden moottoreiden päästörajojen osalta. ICAO hallinnoi kaikkiaan yli 12 000 standardia ja suositeltua käytäntöä (SARPs) (IHLG 2017).

Lentoalan eri etujärjestöjen ja lentokoneiden valmistajien edustajista koostuvan ATAGin<sup>1</sup> toimintaan kuuluu kestävään kehitykseen tähtäävän yhteistyön edistäminen. Lentoyhtiöillä on lisäksi oma kansainvälinen etu- ja yhteistyöjärjestö IATA, jonka jäsenet kattavat yli 80 prosenttia maailmanlaajuisesta lentoliikenteestä. Lentoasemien vastaava järjestö on ACI. Euroopan unioni puolestaan toimii aktiivisesti lentomarkkinoiden ja turvallisuuden sääntelyssä, luomalla lainsäädäntöä ja osallistumalla alan toimintaan erilaisten organisaatioiden kautta. Näitä ovat muun muassa Euroopan lentoturvallisuusviranomaisen EASA, Euroopan siviili-ilmailukonferenssi ECAC ja Euroopan lennonvarmistusjärjestö Eurocontrol. Euroopassa on lisäksi erilaisia teknologiayhteisöjä ja muita tutkimus- ja kehitystoiminnan yhteistyötahoja esimerkiksi ACARE, NISA sekä ECAC:n alainen koordinaatioryhmä ACCAPEG.

Kansallisilla toimijoilla on tiettyjä tehtäviä erityisesti tarkkailuun ja raportointiin liittyen. Suomessa liikenne- ja viestintäministeriö (LVM) vastaa liikennejärjestelmän suunnittelusta ja kehittämisestä, mukaan lukien siviili-ilmailu ja sen tarvitsemat lentopaikat<sup>2</sup>. Liikenne- ja viestintäministeriön toiminta-ajatuksena on väestön hyvinvoinnin ja elinkeinoelämän kilpailukyvyyn sekä turvallisten, toimivien ja edullisten yhteyksien edistäminen. LVM jakaa eri liikennemuodoille tukia ja valtionavustusta, ohjaa valtion omistamia alan yhtiöitä sekä on laatinut esimerkiksi Suomen lentoliikennestrategian vuosille 2015–2030 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2015).

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on puolestaan Suomen kansallinen ilmailuviranomainen, joka vastaa muun muassa lentoturvallisuudesta sekä neuvotteluista kansainvälisiin lentoliikennesuhteisiin ja kahdenvälisiin lentoliikennesopimuksiin liittyen. Trafi vastaa myös lennonvarmistuksen kansallisten säädösten valmistelusta sekä kansainvälisestä yhteistyöstä eurooppalaisessa säädösvalmistelussa ja lennonvarmistustoiminnassa EASAn, Eurocontrolin ja ICAOn kanssa. Vuoden 2019 alussa Trafi, Viestintävirasto ja Liikenneviraston tietyt toiminnot yhdistyvät Liikenne- ja viestintävirastoksi (Traficom). Liikenneviraston nimi muuttuu lisäksi Väylävirastoksi.

Suomen lennonvarmistuspalveluja<sup>3</sup> on hoitanut huhtikuusta 2017 alkaen Air Navigation Services Finland Oy eli ANS Finland, joka on valtion omistama ja LVM:n ohjaama yhtiö (ANS Finland 2018). Aiemmin tehtäviä hoiti Finavia. Ilmatieteen laitos toimittaa kaikki ilmailualaan liittyvä säätiedot. Energiaviraston tehtävänä on vastata EU:n päästökaupan päästöoikeuksien huutokauppoihin liittyvistä viranomaistoimista ja huutokaupasta saatavien varojen tulouttamisesta valtion talousarvioon (Trafi 2018b). Lisäksi virasto vastaa lentoliikenteen päästöoikeuksien kirjaamisesta vuosittain ilma-alusten käyttäjien päästöoikeustileille sekä päästöyksiköiden siirroista, mitätöinnistä ja palautuksista tarvittaessa.

Finavia Oyj on valtioneuvoston kanslian omistajaohjauksessa toimiva palveluyhtiö, joka ylläpitää 21 lentoaseman verkostoa. Myös reitti- ja lomalentoliikennettä harjoittava Finnair Oyj on valtionyhtiö, jonka osakekannasta Suomen valtio omistaa enemmistön. Reitti- ja lomalentotoiminnan lisäksi Finnair-konsernin toimialoja ovat tekniset ja maapalvelut, catering-toiminta, matkailualan tieto- ja varauspalvelut sekä matkatoimistoala. Lentotoimintaa harjoittavat myös muun muassa puolustusvoimat, harrastelentäjät sekä viranomaiset kuten rajavartiolaitos ja pelastustoimi.

Neste Oyj on maailman johtava jäte- ja sivuvirtapohjaisen uusiutuvan dieselin tuottaja. Porvoon ja-lostamalla tuotetaan sekä perinteistä että uusiutuvaa lentopolttoainetta. Yritys ollut mukana muun muas-

<sup>1</sup> Lentoalan toimijoiden täydelliset nimet on jätetty tekstistä pois lukemisen selkeyttämiseksi. Nimet löytyvät raportin lopussa olevasta sanastosta. Tarkempia kuvauksia toimijoista löytyy lisäksi sanaston jälkeen sivulla 55.

<sup>2</sup> Lentopaikka on esimerkiksi lentoasema, mutta myös pienlentopaikka ja tilapäiseen lentotoimintaan käytetty laskeutumis-, lentoonlähtö- ja tankkauspaikka. Lentopaikkoihin liittyvät ilmailulain mukaiset luvat myöntää Trafi.

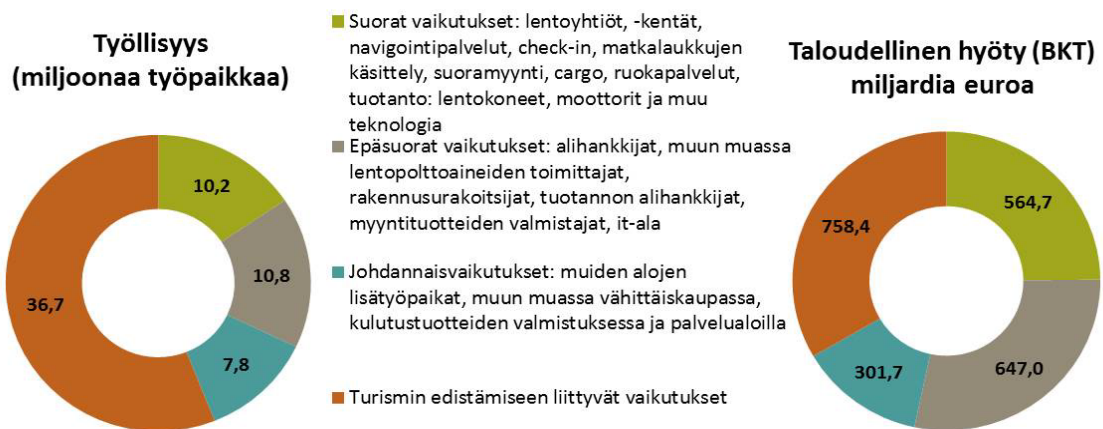
<sup>3</sup> Lennonvarmistuspalveluja ovat esimerkiksi ilmatilan käytön hallinta, lennonjohto, lennonneuvonta sekä lennonvarmistuksen infrastruktuurin ja järjestelmien suunnittelu ja ylläpito.

sa EU:n rahoittamassa lentopolttoaineisiin liittyvässä ITAKA-tutkimushankeessa (vuosina 2012–2016) ja solminut yhteistyösopimuksia lentoalan muiden toimijoiden kanssa uusiutuvien lentopolttoaineiden käyttöönnoton lisäämisestä (Neste 2018a).

## 2.2 Lentoliikenne globaalisti ja Euroopassa

Lentoliikenteen luo taloudellisia ja sosiaalisia hyötyjä erityisesti mahdollistamalla nopean liikkumisen. Lentoliikenteen aiheuttamia negatiivisia vaikutuksia puolestaan ovat ympäristö- ja terveyshaitat, joita on pyritty rajoittamaan erilaisin toimin (keinoja esitellään tarkemmin luvussa 4). Lentoala on suuri työllistäjä, niin suoraan kuin välillisesti. Lentoliikenne mahdollistaa tavaroiden ja ihmisten nopean liikkumisen pitkienkin välimatkojen välillä, lisäten kaupallista sekä sosiaalista ja kulttuurillista vuorovaikutusta. Lentosektorilla onkin suuri vaikutus kansantalouteen paitsi suorana työllistäjänä, myös välillisesti turismin, kaupanteon ja kontaktien edistäjänä (kuva 2). Näin ollen lentoliikenteen tilanne kytkeytyy vahvasti myös monien muiden (taloudellisten) toimijoiden intresseihin, kun esimerkiksi lentoalan tarjoamat nopeat yhteydet ja hyvä saavutettavuus edistävät yritysten toimintoja. Matkailusektori on esimerkki toimialasta, johon lentoliikenteen yhteydet, kasvu ja hinnoittelu vaikuttavat merkittävästi. Arvioiden mukaan 57 prosenttia kansainvälisistä turisteista lentää matkakohteisiinsa (ATAG 2018a). Laajat yhteistyöverkostot ja yhteiset sopimukset tehostavat lentoalan teknistä kehitystä ja päästöjen hallintaa sekä vähentämistä. Yhteistyö ja sääntely ovat kuitenkin käytössä osin vain alueellisesti (esimerkiksi EU:n sisällä), mikä heikentää niiden tehokkuutta päästöjen rajoittamisessa.

Maailmassa kuljetettiin yli neljä miljardia lentomatkustajaa vuonna 2017. Tuolloin lähes 32 000 lentokonetta ja 1300 lentoyhtiötä operoivat maailman yli 3 700 lentokentällä. Matkustajalentokilometrejä oli yhteensä 7 750 miljardia, kun taas rahtia kuljetettiin aikataulutetuilla lennoilla yhteensä 255 miljardin tonnikipometrin verran. Rahtia kuljetettiin lentäen yhteensä lähes 62 miljoonaa tonnia vuonna 2017 (ATAG 2018a). ICAOn ympäristöraportin (2016a) mukaan 65–70 prosenttia lentopolttoaineiden kulutuksesta kohdistuu kansainvälisille lennoille ja 30–35 prosenttia kansallisille lennoille. Matkustajat puolestaan jakaantuvat siten, että 58,5 prosenttia on kansallisilla ja 41,5 prosenttia kansainvälisillä lennoilla (ATAG 2018a). ATAGin arvion mukaan lentoala työllistää kaikkiaan yli 63 miljoonaa ihmistä (kuva 2), joista lähes kymmenen miljoonaa työllistyy suoraan lentoalalle. Globaalin talousvaikutuksen arvioidaan olevan koko lentoalalle noin 2,4 tuhatta miljardia euroa. Tämä vastaa noin 3,6 prosenttia koko maailman bruttokansantuotteesta (BKT:sta). Lentoalan suorat vaikutukset, noin 617 miljardia euroa, vastaavat esimerkiksi Sveitsin bruttokansantuotteen suuruutta.



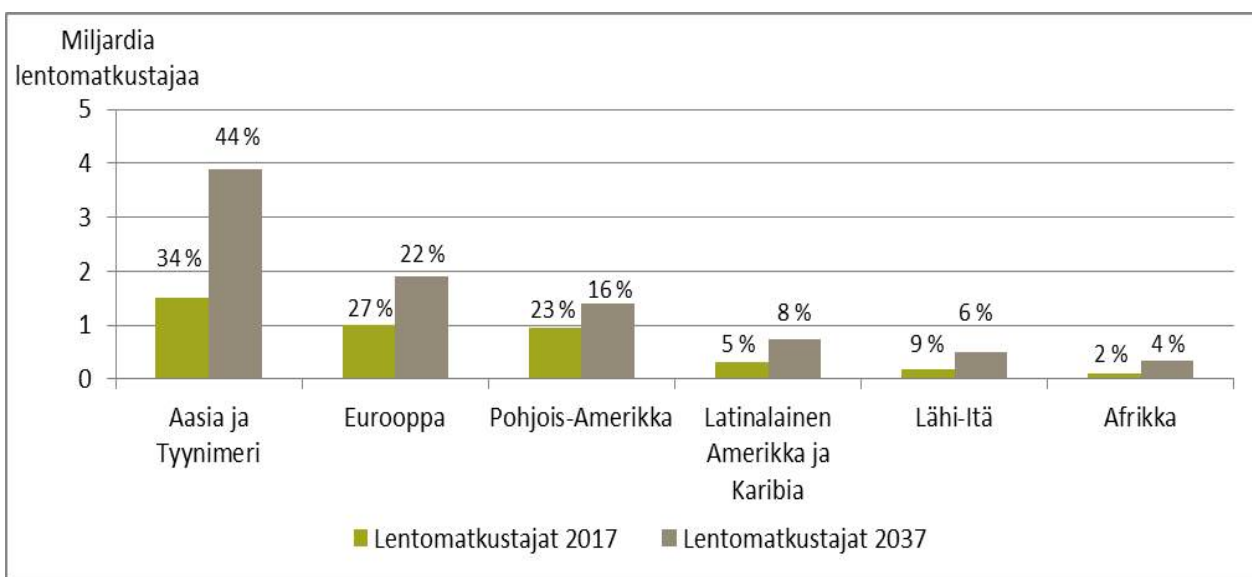
Kuva 2. Lentoalan työllistävä ja taloudellinen vaikutus globaalisti (ATAG 2018a).

Euroopan alueella on noin 810 miljoonaa vuosittaista matkustajaa, 430 lentokenttää, 220 lentoyhtiötä ja yli 5000 lentokonetta. Lentosektori työllistää Euroopassa suoraan yli kaksi miljoonaa ja kaikkiaan noin 12,2 miljoonaa henkilöä (ATAG 2018a.). Vuonna 2016 Euroopan lennoista 47 prosenttia oli Euroopan talousalueen sisäisiä, 36 prosenttia talousalueen ulkopuolisia ja 17 prosenttia kansallisia lentoja (Eurostat 2017). Eurooppalaiset lentoyhtiöt lennättävät kaikkiaan puolet maailman kansainvälisistä matkustajista (IHLG 2017).

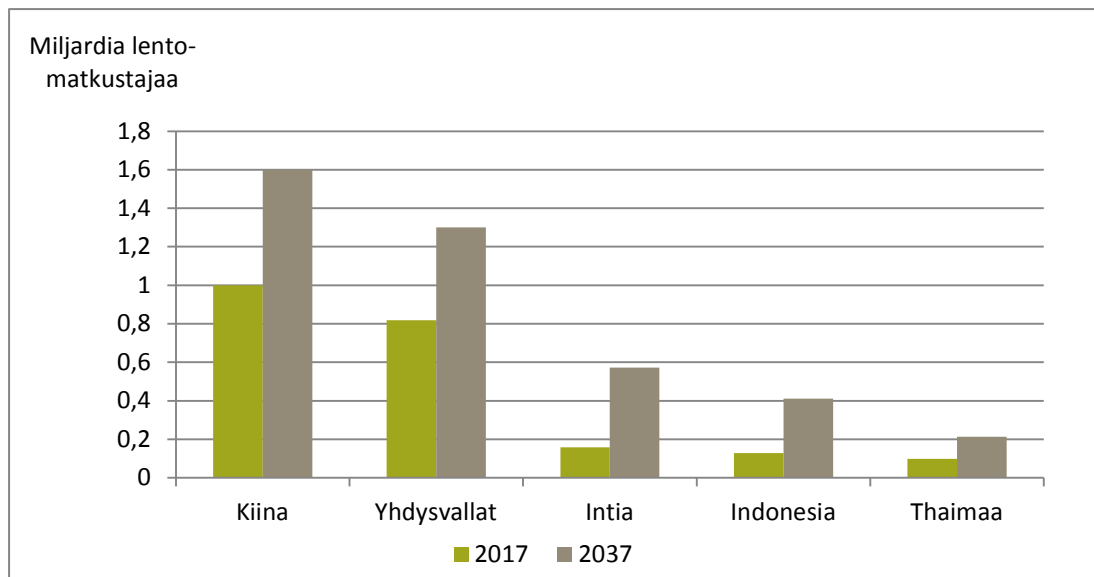
Oxford Economicsin selvityksen mukaan lentoalan arvioidaan työllistävän Suomessa suoraan noin 25 000 ja kaikkiaan noin 70 000 ihmistä. Lentoala tuottaa noin 2,4 prosenttia Suomen bruttokansantuotteesta. (ATAG 2018a.)

Kuvassa 3 on esitetty lentoliikenteen matkustajamäärien jakautuminen maanosittain vuonna 2017 sekä ennuste vuodelle 2037 (IATA 2018a). Lentomatikustajien määrä tulee tämän IATAN ennusteen mukaan kasvamaan kaikkialla maailmassa, vuoden 2017 neljästä miljardista lentomatikustajasta yhteensä 8,2 miljardiin vuonna 2037. Arvioon on laskettu myös vaihtomatikustajat mukaan. Pelkästään lähtevät ja saapuvat matikustajat huomioiden IATAN ennustaa matikustajien määräksi 7 miljardia vuonna 2037. Valtioittain arvioituna lentomatikustajien määrä kasvaa nopeimmin tulevaisuudessa Intiassa ja Indonesiassa, joissa lentomatikustajien määrä yli kolminkertaistuu (kuva 4). Thaimaassa lentomatikustajien määrä kaksinkertaistuu, kun puolestaan Kiinassa ja Yhdysvalloissa tulee olemaan noin 1,6 kertaa enemmän matikustajia vuonna 2037 vuoteen 2017 verrattuna. Myös Afrikan lentoliikenteen arvioidaan kasvavan suhteellisesti paljon, vaikka vielä siellä lennetään suhteellisen vähän.

Vuonna 2017 Euroopan valtioista Iso-Britanniassa oli eniten lentomatikustajia. Myös Espanja, Saksa, Italia ja Ranska kuuluivat kymmenen suurimman lentomatikustajamarkkina-alueen joukkoon. (IATA 2018a.) Lontoon Heathrow oli Euroopan vilkkain lentoasema yli 70 miljoonalla matikustajallaan vuonna 2016, myös Pariisin (Charles de Gaulle), Amsterdamin (Schiphol) ja Frankfurtin lentoasemilla oli yli 60 miljoonaa matikustajaa (Eurostat 2017).



Kuva 3. Lentoliikenteen markkinat vuonna 2017 ja ennuste vuodelle 2037 (Data: IATA 2018a).



Kuva 4. Matkustajamäärät vuonna 2017 ja ennuste vuodelle 2037 valtioissa, joissa lentoliikenteen markkinoiden kasvun ennakoitaan olevan nopeinta. Matkustajamäärien laskennassa on huomioitu myös vaihtomatrustajat. (IATA 2018a.).

### 2.3 Lentoliikenne Pohjoismaissa

Konsulttiyhtiö Timetricin vuonna 2014 tekemän tutkimuksen mukaan pohjoismaalaiset tekivät henkilöä kohti laskettuna eniten matkoja maailmassa: suomalaiset olivat kärkisijalla tehden (matkustustavasta riippumatta eli esimerkiksi laiva- ja automatkat on myös huomioitu lentämisen lisäksi) keskimäärin lähes kuusi yöpymisen sisältänyttä kotimaanmatkaa ja lähes kaksi ulkomaanmatkaa vuodessa per henkilö. Ruotsalaiset, tanskalaiset ja norjalaiset olivat myös kärkiviisikossa. Norjalaiset tekivät eniten ulkomaanmatkoja maailmassa, keskimäärin kaksi vuosittaista matkaa per henkilö. Pohjoismaalaisten matkustusinnon syinä pidetään kylmän talvi-ilmaston lisäksi suhteellisen korkeaa tulotasoa ja alhaista työttömyyttä sekä korkeita elinkustannuksia, jolloin halvemmän elintason maihin matkustaminen houkuttaa enemmän. (Traveller 2014, Expressen 2014.)

Lentoliikennettä Pohjoismaissa voidaan tarkastella taulukon 2 avulla. Kaikissa Pohjoismaissa suurin osa lentomatrustajista kulkee maan päälentokentän kautta. Norjan lentoliikenne on poikkeuksellinen muihin Pohjoismaihin verrattuna, sillä maantieteellisen sijainnin ja vuoristoisen maaston vuoksi pienempiä lentokenttiä on paljon ja kotimaan lentomatrustuksen osuus on siellä muita Pohjoismaita suurempi (49 prosenttia lentomatrustoista). Suomessa alueellisten lentoasemien kehitys on ollut 2000-luvulla Norjaa ja Ruotsia vähäisempää (Viri 2015).

Kotimaan lentoliikenne aiheutti Norjassa noin 44 prosenttia lentämisen päästöistä vuonna 2016, kun Ruotsissa osuus oli 18 prosenttia ja muissa Pohjoismaissa alle 10 prosenttia. Norjalaisten ulkomaanlentomatrustus on myös maailman vilkkainta, sillä ulkomaille on helpointa matrustaa sieltä lentäen. Suomikin mielletään saareksi ulkomaanmatrustailun ja rahtiliikenteen osalta, sillä maanteitä ja rautateitä pitkin esimerkiksi Keski-Eurooppaan kulkeminen on erittäin hidasta.

Taulukko 2. Lentoliikenteen avainlukuja Pohjoismaissa vuosilta 2016 ja 2017. Matkustajamäärät eivät ota kantaa matkustajien kansallisuuksiin, vaan jaottelu tehdään kotimaan lentoihin ja kansainvälisiin lentoihin. Lähteet: ICAOille lähetetyt kansalliset toimintasuunnitelmat, (ICAO 2018a), Tilastokeskus 2018a, Eurostat 2017, Kansalliset päästöraportit (UNFCCC 2018), ATAG 2018a.

	Suomi	Ruotsi	Norja	Tanska	Islanti
<b>Asukasluku (2016), miljoonaa asukasta</b>	5,5	9,9	5,2	5,7	0,3
<b>Lentoasemien määrä (kaupallinen lentotoiminta)</b>	23	38	51	9	17
<b>Lentoasemien päätoimija</b>	Finavia	Swedavia	Avinor	CPH	Isavia
<b>Suurin lentoasema</b>	Helsinki	Tukholma/ Arlanda	Oslo/ Gardermoen	Kööpenhamina	Keflavík
<b>Lentomatkustajien kokonaismäärä, miljoonaa</b>	18,1	36,0	37,7	32,8	6,8
<b>Lentomatkustajaa/asukas (2016) (EU-keskiarvo: 1,9)</b>	3,3	3,6	7,2	5,7	20,3
<b>Suurimman lentokentän matkustajamäärä, miljoonaa (2016)</b>	17,2	24,7	25,7	28,9	6,8
<b>Kotimaan lentomatkustajien määrä, miljoonaa (2016)</b>	2,7	7,7	15,2	2,0	0,8
<b>Kotimaan lentoliikenteen päästöt miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv.<sup>1)</sup> (2016)</b>	0,2	0,5	1,2	0,1	0,02
<b>Ulkomaan lentoliikenteen päästöt miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. (2016)</b>	2,0	2,6	1,5	2,8	0,9
<b>Lentoliikenteelle asetettu vero käytössä</b>	ei	kyllä	kyllä	ei <sup>2)</sup>	ei
<b>Lentomatkaa/ asukas (2017)<sup>3)</sup></b>	1,5	2,3	4,7	2,7	12,3
<b>Lentoalan työpaikkojen määrä, suorat ja välilliset (2017)</b>	25 000 ja 69 500	49 000 ja 207 000	52 000 ja 160 000	34 000 ja 83 000	11 000 ja 72 000
<b>Lentoalan osuus BKT:sta, prosenttia (2017)</b>	2,4	3,5	4,4	2,5	32,2
<b>Turismin osuus BKT:sta, prosenttia (2017)</b>	8,3	9,5	9,0	7,7	34,6

<sup>1)</sup> Hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>-ekv.) on kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, katso lisätietoja sivulta 23.

<sup>2)</sup> Lentoliikenteen verotus oli käytössä Tanskassa vuosina 2005–2007. <sup>3)</sup> Lähtevien matkustajien määrä.

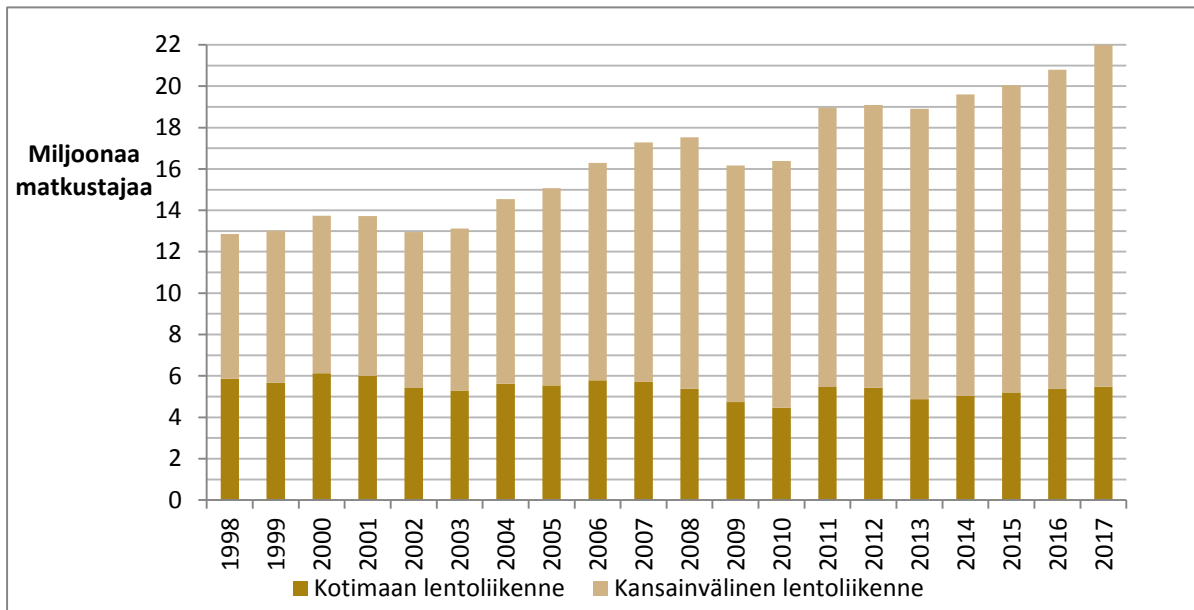
## 2.4 Lentoliikenne Suomessa

Valtio-omisteinen Finavia Oyj ylläpitää 21 lentokenttää Suomessa. Lisäksi kaupungit ja kunnat omistavat joitakin pienempiä lentokenttiä, esimerkiksi Seinäjoella ja Mikkelissä on kuntien ylläpitämät itsenäiset lentokentät. Suomessa operoi 13 kaupallista lentoyhtiötä. Kaksi suurinta suomalaista lentoyhtiötä, Finnair Oyj ja Nordic Regional Airlines eli Norra operoivat yhdessä halpalentoyhtiö Norwegianin kanssa lähes kaikki kotimaiset ja yli 70 prosenttia kansainvälisistä lennoista Suomessa. (Trafi 2018c.) Norran pääomistus siirtyy syksyllä 2018 tehdyn kaupan jälkeen Danish Air Transportille, Finnair Oyj:n omistaessa 40 prosenttia osakkeista.

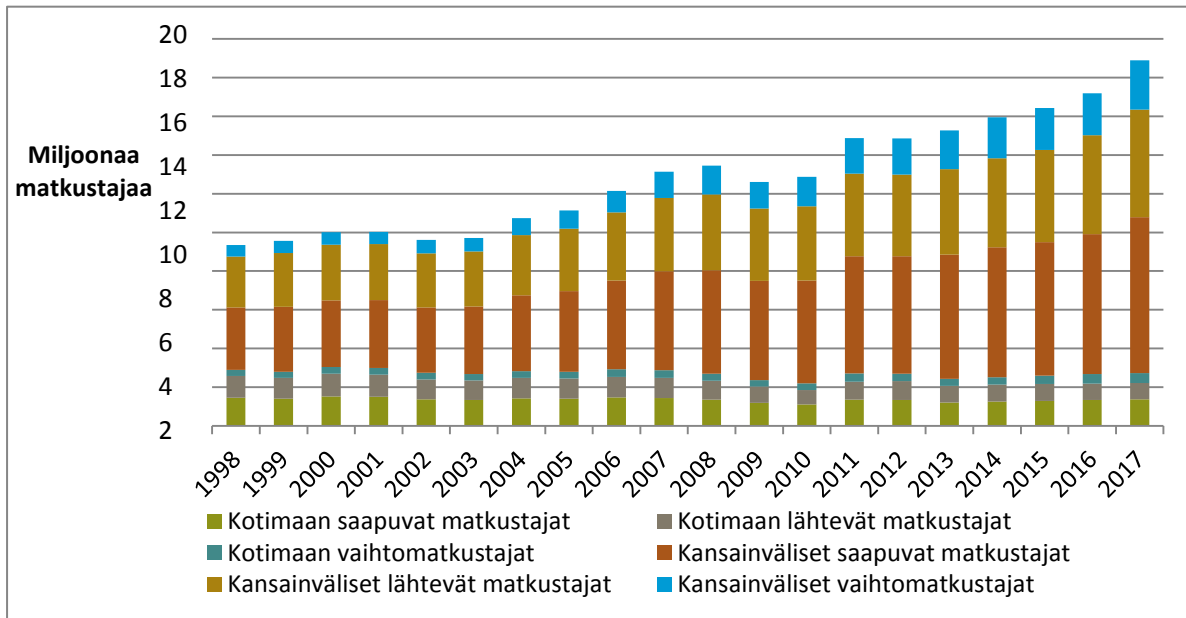
Lentoliikenteen infrastruktuuri ei sisälly Suomen verovaroin ylläpidettyyn liikenneverkkoon, jonka muodostavat maantie- ja rataverkko sekä vesiväylät. EU:n lainsäädännön mukaan lentoasemien liiketoiminnan tulee perustua liiketaloudellisiin periaatteisiin eli lentoaseman investoinnit ja toimintamenot pitäisi pystyä kattamaan lentoaseman tuloilla. Suomessa Finavian lentokentät toimivat direktiivin 2009/12/EY mukaisella verkostoperiaatteella. Tällöin koko lentoasemaverkostoa tarkastellaan kokonaisuutena ja kannattamattomia lentokenttiä voidaan tukea kannattavien lentokenttien tuloilla. Käytännössä siis Suomen lentokenttäverkostoa ylläpidetään Helsinki-Vantaan vilkkaan kansainvälisen lentoliikenteen tuomien tulojen turvin: Suomen muiden kenttien toimintaa on tuettu tämän niin sanotun ristiinsubvention avulla noin 20 miljoonalla eurolla ja lennonvarmistustoimintaa 10 miljoonalla eurolla vuosittain. Verkostolentoasemien tappiollisuudesta huolimatta Finavia on investoinut niiden kehitykseen 170 miljoonaa euroa 2000-luvulla ja matkustajamääriään koko ajan kasvattavalle Helsinki-Vantaan lentokentälle yli 500 miljoonaa euroa samassa ajassa. Lisäksi Lapin lentoasemien investointeihin kohdistetaan 55 miljoonaa euroa vuosina 2018–2019. (Finavia 2018b.) Finavian arvion mukaan ylläpitoinvestoinnit ja EU-sääntelystä johtuva lentoasematoiminnan kehittämiskustannusten nousupaine huomioiden vuosittainen ristiinsubvention rahoitustarve pysyy nykytasollaan lähitulevaisuudessa, johtuen samanklaisesta toiminnan kustannustehokkuuden kehittämisestä (Finavia 2018c). Lisäksi tulevat vielä lentoasemien kunnossapitoinvestoinnit (Liikenne- ja viestintäministeriö 2015). Valtion ja veronmaksajien kannalta järjestelmä on edullinen, sillä Finavian tekemä lentoasemaverkon ylläpito ja kehittäminen tapahtuu lentosektorin toimesta ilman valtion tukea.

Kuvista 5 ja 6 nähdään, että kansainvälinen lentoliikenne on kasvanut viime vuosina Suomessa, kun taas kotimaan lentoliikenteen määrä on pysynyt melko vakaana. Finavian (2018d) mukaan Suomen lentokenttien kautta matkusti yhteensä 22,7 miljoonaa matkustajaa vuonna 2017. Lentomatrustajista yli 83 prosenttia (18,7 miljoonaa matkustajaa) lensi Helsinki-Vantaan lentokentän kautta. Noin 85 prosenttia tästä lentoliikenteestä suuntautui kansainvälisiin kohteisiin ja 15 prosenttia kotimaan kohteisiin. Matkustuksen päätarkoitus Helsinki-Vantaan lentomatrustajista oli 50 prosentilla vapaa-ajan matkustus ja 30 prosentilla liikematrustus. Lentomatrustajista 49 prosenttia (lähes 9,3 miljoonaa) oli suomalaisia. Ulkomaalaisista suurin osuus oli saksalaisia ja ruotsalaisia, molempia noin 900 000 matkustajaa. Myös kiinalaisia, brittiläisiä, venäläisiä ja yhdysvaltalaisia oli kutakin kansallisuutta noin 500 000 matkustajan verran. (Finavia 2018d.)

Matkustajamäärien tilastointeja ja esimerkiksi kuvaa 6 tarkastellessa on suomalaisten suorittamien lentomatrustojen määrää arvioitaessa syytä huomioida, että yksittäinen matkustaja lasketaan tilastoihin tilanteesta riippuen kaksi tai jopa kolme kertaa: Esimerkiksi Oulu-Helsinki-välillä matkustaja on sekä Oulusta lähtevä että Helsinkiin saapuva (kotimaan) matkustaja. Vaihromatrustaja puolestaan saapuu lentoasemalle lentäen ja jatkaa matkaansa toiselle lentoasemalle (24 tunnin kuluessa). Esimerkiksi reitillä Oulu-Helsinki-Tukholma tämä matkustaja lasketaan kotimaassa lähteväksi sekä saapuvaksi matrustajaksi ja lisäksi ulkomaille lähteväksi kansainväliseksi vaihromatrustajaksi, eli yhteensä kolme kertaa. Ulkomailta tuleva vaihromatrustaja, joka jatkaa matkaansa ulkomaille vaihromatrustajana lasketaan kaksi kertaa (kansainvälisenä saapuvana matrustajana ja kansainvälisenä lähtevänä vaihromatrustajana). Tilastot perustuvat siis lähtö- ja saapumisaikoihin eivät ota kantaa myöskään matrustajien kansallisuuksiin eli kansainväliset matrustajat voidaan lukea valtioiden kotimaan lentoihin mukaan ja vastaavasti kotimaan kansalaiset kansainvälisiksi matrustajiksi.



Kuva 5. Suomen lentoliikenne vuosina 1998–2017 (Data: Finavia 2018e).



Kuva 6. Helsinki-Vantaan lentoaseman matkustajat 1998–2017. Tilasto ei ota kantaa matkustajien kansallisuuksiin. (Data: Finavia 2018e).

Helsinki-Vantaan lentoaseman matkustajamäärät ovat olleet tällä vuosituhannella jatkuvassa kasvussa. Helsinki-Vantaalla kilpailuvaltteja ovat maantieteellinen sijainti, Euroopan halvimmat operointihinnat <sup>4</sup> ja korkea asiakastytyväisyys sekä lentomatrustajien että lentoyhtiöiden osalta. Lentoasema on niin sanottu vaihtokenttä eli hub-asema Euroopan ja Aasian välisen liikenteen välillä. Finavian mukaan investointeja on kuitenkin edelleen tehtävä, mikäli Euroopan lentoasemien välisessä kiristyneessä vaihtoliikennekilpailussa halutaan pysyä mukana. Noin miljardin euron laajuinen investointihanke onkin käynnissä (Finavia 2018f). Pohjoismaissa myös muun muassa Arlandan kentällä Tukholmassa sekä Kööpenhaminan lentokentällä Tanskassa ollaan tekemässä parhaillaan laajoja investointeja.

<sup>4</sup> Lentoyhtiöiltä perittävät lentoasemapalvelut ja -maksut liittyen muun muassa laskeutumiseen, paikoitukseen, sähkөөn, matkustajiin ja heidän turvatarkastuksiinsa ja avustamiseensa, meluun ja jäänpoistoon. Lisätietoja löytyy esimerkiksi [Finavian palveluohdoista](#).

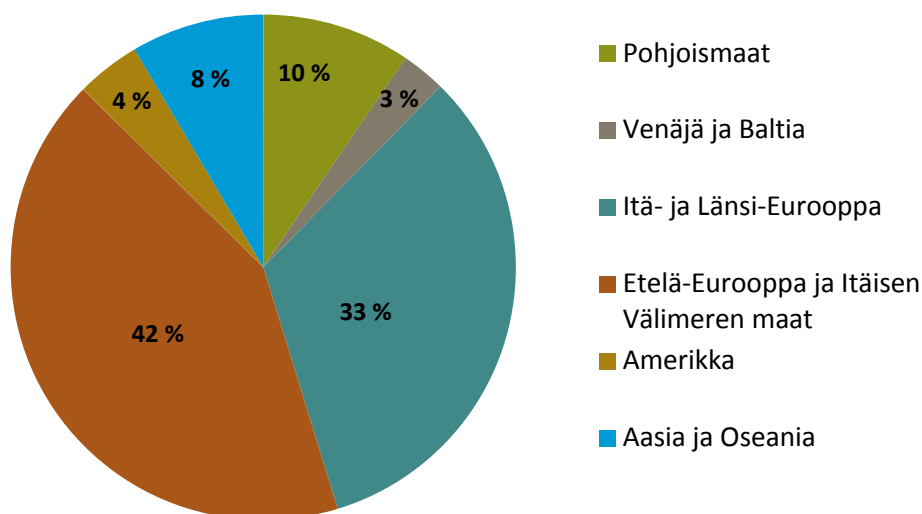
## 2.4.1 Suomalaisen lentomatkustaminen vuonna 2017

Tilastokeskuksen (2018a) mukaan suomalaiset tekivät koti- ja ulkomaille lentäen yhteensä noin 6,2 miljoonaa matkaa eli noin 12,4 miljoonaa lentoa vuonna 2017. Näistä vapaa-aikaan liittyviä matkoja oli yli 4 miljoonaa ja töihin liittyviä lähes kaksi miljoonaa. Lentomatkoja ulkomaille tehtiin 5,4 miljoonaa, joista 3,9 miljoonaa (72 prosenttia) oli vapaa-ajanmatkoja ja 1,5 miljoonaa (28 prosenttia) työmatkoja. Kotimaan lentomatkoja suomalaiset tekivät yhteensä 750 000, joista 400 000 (53 prosenttia) oli töihin liittyviä ja 350 000 (47 prosenttia) vapaa-ajan matkoja.

Vähintään yhden yön yli kestävien ulkomaanmatkojen yleisin kulkuväline oli lentokone, jolla 60 prosenttia matkoista tehtiin. Laivalla tai lautalla tehtiin noin 30 prosenttia ja autolla noin kahdeksan prosenttia yöpymisen sisältävistä ulkomaanmatkoista. Yön yli kestävästä kotimaanmatkoista henkilöautolla tehtiin 78 prosenttia, junalla 11 prosenttia, bussilla yhdeksän prosenttia ja lentäen ainoastaan prosentti matkoista. Myös kotimaan työmatkojen osalta henkilöauto on suosituin kulkuväline (62 prosenttia matkoista), sitten juna (18 prosenttia), ja lentokoneella tehdään noin 10 prosenttia työmatkoista. (Tilastokeskus 2018b.) Liikenneviraston tekemien henkilöliikennetutkimusten perusteella voidaan todeta, että 100–200 kilometrin pituisilla kotimaanmatkoilla henkilöauto on jo pitkään ollut selkeästi yleisin kulkutapa. Matkojen pidentyessä junan ja lentokoneen käyttö yleistyy (Liikennevirasto 2012 ; 2018).

Kun tarkastellaan kaikkia suomalaisten tekemiä ulkomaanmatkoja (ei vain lentäen tehtyjä matkoja), suosituimmat kohdemaat vuonna 2017 olivat Viro (29 prosenttia eli 2,4 miljoonaa vapaa-ajanmatkaa) ja Ruotsi (19 prosenttia eli 1,6 miljoonaa matkaa). Viron matkoista 99 prosenttia ja Ruotsin matkoista 72 prosenttia tehtiin laivalla. Vapaa-ajanmatkakohteena kolmanneksi suosituin oli Espanja, jonne matkat tehtiin pääasiassa lentäen.

Kuvassa 7 on esitetty suomalaisten tekemien lentomatkojen jakauma maanosittain. Erityisesti Manner-Espanja ja Kanariansaaret ovat suomalaisten suosiossa. Itä- ja Länsi-Eurooppaan (Iso-Britannia, Saksa, Ranska, Tsekki ja Puola) suuntautui yhteensä 1,4 miljoonaa matkaa ja Euroopan puoleiselle Välimerelle (Manner-Espanja, Kanariansaaret) 1,2 miljoonaa matkaa. Kaukomatkailu väheni hieman aiemmista vuosista. Työmatkoja tehtiin yli 100 000 matkan verran muun muassa Ruotsiin, Saksaan, Viroon, Tanskaan, Amerikkaan sekä Etelä-Euroopan ja Itäisen Välimeren maihin. (Tilastokeskus 2018b.) Suurin osa näistä matkoista on oletettavasti tehty lentäen. Helsinki-Vantaalta tehtyjen (matkustajan kansallisuudesta riippumatta) Euroopan matkojen suosituimmat kohteet vuonna 2017 olivat Saksa, Ruotsi, Espanja ja Iso-Britannia, kaukokohteista puolestaan Japani, Kiina, Thaimaa, Yhdysvallat ja Hongkong (Finavia 2018d).



Kuva 7. Suomalaisen vuonna 2017 lentäen tekemät vapaa-ajanmatkat kohdemaanosiin jaoteltuna (Data: Tilastokeskus 2018a).

## 2.4.2 Ketkä matkustavat?

Ottamatta kantaa käytettyihin liikennevälineisiin, yksi suomalainen teki vuoden 2017 aikana keskimäärin 1,5 maksullisen majoituksen matkaa kotimaassa, 1,5 ulkomaanmatkaa kohdemaassa yöpyen sekä 0,4 ulkomaan päivämatkaa tai risteilyä lähialueille. Vähintään yhden vapaa-ajanmatkan teki 91 prosenttia suomalaisista (tarkemmin analysoituna pääkaupunkiseudulla asuvista 97 prosenttia, korkea-asteen koulutuksen saaneista 96 prosenttia ja alle 45-vuotiaista suomalaisista 95 prosenttia). Vapaa-ajanmatkoillaan ulkomaille suuntasivat eniten 35–64-vuotiaat, pääkaupunkiseutulaiset sekä länsisuomalaiset. Kotimaanmatkoja tekivät eniten puolestaan alle 35-vuotiaat ja Länsi-Suomessa asuvat. (Tilastokeskus 2018b.)

Suomalaisten matkustaminen erityisesti ulkomaille on kasvanut viimeisen vuosikymmenen aikana runsaasti: 15–74-vuotiaat tekivät vuonna 2007 vapaa-ajallaan kotimaassa maksullisessa majoituksessa lähes viisi miljoonaa matkaa. Vuonna 2017 tämä sama ikäryhmä (nyt 25–84-vuotiaita) teki 21 prosenttia enemmän eli lähes kuusi miljoonaa kotimaanmatkaa. Ulkomaanmatkojen osalta kasvu oli 77 prosenttia (3,2 miljoonasta 5,7 miljoonaan matkaan). Eläkkeellä olevien ikäryhmässä (nyt 65–74-vuotiaita) yöpymisen sisältäneet ulkomaan matkat lisääntyivät runsaat 20 prosenttia, kun taas matkailu kotimaan maksullisessa majoituksessa väheni heillä 16 prosenttia. Yli 74-vuotiaat ovat vähentäneet vapaa-ajanmatkailuaan. (Tilastokeskus 2018b.)

Matkailumessuilla tehdyn Matkailututkimuksen 2018 mukaan suomalaisten matkailun syitä ovat rentoutuminen, arjen kiireistä ja rutiineista irrottautuminen sekä uusiin paikkoihin ja kulttuureihin tutustuminen. Lisäksi haetaan erilaisia elämyksiä sekä yhteistä aikaa ja kokemuksia perheen tai ystävien kanssa. Myös toive paremmasta lomasäästä on edelleen tärkeä syy ulkomaan matkalle lähtemiseen. (Messukeskus 2018.)

### 3. Lentoliikenteen päästöt ja ympäristövaikutukset

Lentotoiminnan aiheuttamat päästöt ilmakehään vaikuttavat niin maailmanlaajuisella, alueellisella kuin paikallisella tasolla. Päästöjä tarkastellaankin paitsi globaalisti ja maanosittain, myös yksittäisten valtioiden, lentokenttien ja lentoyhtiöiden osalta. Paikallisen tason merkittävimpiä ympäristövaikutuksia ovat lentotoiminnasta aiheutuva melu ja päästöt ilmaan. Lentoalan päästölähteitä sekä päästöjen vaikutuksia on esitetty taulukossa 3. Lentoliikenteen haittavaikutusten terveysriskit kohdistuvat todennäköisimmin suurten lentoasemien läheisyydessä asuviin henkilöihin. Lisätietoja terveysriskien osalta löytyy esimerkiksi lähteestä EASA ym. (2016).

Taulukko 3. Lentoalan päästölähteitä ja mahdollisia negatiivisia vaikutuksia. Lähteet: EEA 2017, Finavia 2018g, EASA ym. 2016, ICAO 2016b, Lyytimäki & Rinne 2013.

	Päästölähde	Mahdolliset haittavaikutukset ympäristölle ja terveydelle
<b>Päästöt ilmaan</b>		
Hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> )	Lentokoneet ja lentokentällä käytettävät moottoriajoneuvot (esimerkiksi VOC-yhdisteitä voi vapautua myös tankkaamisen yhteydessä lentoasemalla), polttoainesten valmistus	Kasvihuonekaasu, ilmastomuutoksen edistäminen
Rikin oksidit (SO <sub>x</sub> )		Sulfaattihiukkasten muodostuminen (ilmakehää viilentävä vaikutus)
Typen oksidit (NO <sub>x</sub> )		Typen oksidit lisäävät otsonin muodostumista (ilmakehää lämmittävä vaikutus) ja vähentävät metaanin määrää (viilentävä vaikutus)
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)		Häkä, typen oksidit ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet vaikuttavat paikalliseen ilmanlaatuun ja voivat aiheuttaa terveyshaittoja (esim. sydän- ja verisuonisairauksia).
Hiilimonoksidi eli häkä (CO)		Pienhiukkaset lisäävät pilvien muodostusta yläilmakehässä (lämmittävä vaikutus)
Pienhiukkaset (PM)		Jättövanojen vaikutukset pilvien muodostukseen ovat edelleen epäselviä.
Vesihöyry (H <sub>2</sub> O)		
<b>Melu</b>	Lentokoneet, lennon aikana sekä erityisesti nousun ja laskeutumisen aikana	Kuulovammat, unihäiriöt, sydänsairaudet
<b>Keinovalo</b>	Lentoasemien kiitoteiden lähestymisvalot, lentokoneiden valot ja muu valaistus	Luonnollisten valorytmien häiriintyminen, erityisesti haitat pimeyteen ja hämäryyteen sopeutuneille eliöille.
<b>Jätteet</b> (seka-, hyöty- ja vaarallinen jäte)	Lentokoneet, lentoasemat, lentokenttätoiminnot	Jätteenkäsittelyn aiheuttamat ympäristövaikutukset
<b>Veden käyttö ja päästöt veteen</b>	Lentokoneiden ja -kenttien jäänpoisto, jäänesto sekä liukkaudentorjunta*)	Haitat ekosysteemeille ja terveydelle
<b>Maan käytön muutokset</b>	Lentokenttien rakentamisen aiheuttamat muutokset	Muutokset eliöstössä ja luontoympäristöissä
<b>Energiantuotanto</b>	Energiantuotannossa (muun muassa lämmitystä, jäädytystä, ilmanvaihtoa, valaistusta, varten) syntyvät päästöt	Muutokset eliöstössä ja luontoympäristöissä
<b>Eläimet</b>	Eläinten (erityisesti lintujen) ja lentokoneiden törmäykset	Eläinkuolemat, turvallisuusriskit lentäessä

\*) Jäänpoistokemikaaleja ovat mm. etyleeni/propyleeniglykoli, urea, asetaatti, formiaatti, betaiini. Etyleeniglykolia ja ureaa ei käytetä Suomen lentoasemilla.

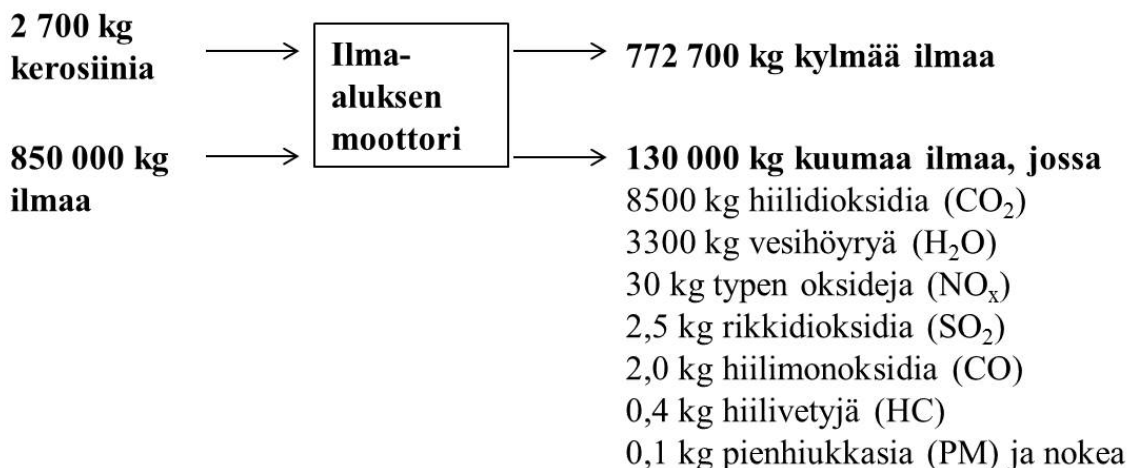
Päästöjä aiheuttavat siis muun muassa lentokoneiden valmistus, polttoaineiden jalostus ja kuljetus, lentoasemien ja niiden tarvitseman infrastruktuurin rakentaminen ja ylläpito ja matkustus lentoasemille. Lisäksi esimerkiksi lentokoneiden jäänesto- ja jäänpoistokäsittelyt sekä lentoasematoiminnon kuten energiantuotanto, kenttäalueiden talvikunnossapito ja lentokentällä käytetty maakalusto aiheuttavat päästöjä.

### 3.1 Lentokoneiden aiheuttamat päästöt

Valtaosa lentoliikenteen päästöistä aiheutuu lentämisen aikana tapahtuvan polttoaineen palamisprosessin tuloksena (kuva 8). Tällöin muodostuu hiilidioksidin (noin 70 prosenttia kokonaispäästöjen määrästä) lisäksi vesihöyryä (noin 30 prosenttia) sekä alle prosentin verran muita päästöjä, kuten typen oksideja (typpimonoksidi NO ja typpidioksidi NO<sub>2</sub>, merkitään usein yleisessä muodossa NO<sub>x</sub>), rikin oksideja (SO<sub>x</sub>), palamattomia tai osittain palaneita hiilivetyjä (HC), häkää (CO) ja pienhiukkasia (PM).

Eri yhdisteiden reaktio- ja vaikutustapoja ilmakehässä ei tunneta vieläkään kaikilta osin tarkasti, ja esimerkiksi sääolosuhteet vaikuttavat reaktioiden syntymiseen ja ilmastovaikutuksiin. Typen oksideja syntyy lentoonlähtövaiheessa sekä merkityksellisempiä määriä lentomatkalentokorkeudessa (10–12 kilometrissä). Ne lisäävät ilmakehää lämmittävän otsonin (O<sub>3</sub>) muodostumisen määrää, mutta toisaalta vähentävät ilmakehän metaanin (CH<sub>4</sub>) määrää. Rikkioksidipäästöistä syntyy sulfaattihiukkasia, jotka viilentävät maapalloa auringon säteilyä heijastamalla. Noki puolestaan imee lämpösäteilyä ja edistää näin maapallon lämpenemistä. Myös haihtuvat orgaaniset yhdisteet voivat vaikuttaa alailmakehän otsonin muodostukseen, joka on haitallista sekä ympäristölle että eliöille (Lentoliikenne ja ilmasto -sivusto 2018, Eurocontrol 2018a.).

Polttoaineen palamisessa syntyvän vesihöyryn poistuminen alailmakehästä kestää 1–2 viikkoa, kun taas yläilmakehässä hajoaminen kestää kuukausista jopa vuosiin (Eurocontrol 2018a). Vesihöyry muodostaa tietyissä olosuhteissa tiivistymisvannoja eli niin sanottuja jättövannoja, joita voi havaita lentokoneita maan pinnalta katsellessakin. Nämä vanat sitovat vähäisessä määrin lämpösäteilyä. Vanoista voi kuitenkin sopivissa olosuhteissa muodostua ilmakehää lämmittäviä cirrus- eli untuvapilviä. Pilvien muodostumisen mekanismi ja lämmitysvaikutukset tunnetaan vielä huonosti (Lentoliikenne ja ilmasto -sivusto 2018.).



Kuva 8. Tyypillisen kaksimoottorisen suihkukoneen päästöt tunnin pituisella lentomatalla ja 150 matkustajan kuormalla (EASA ym. 2016, jonka mukaan alkuperäinen data FOCAIta).

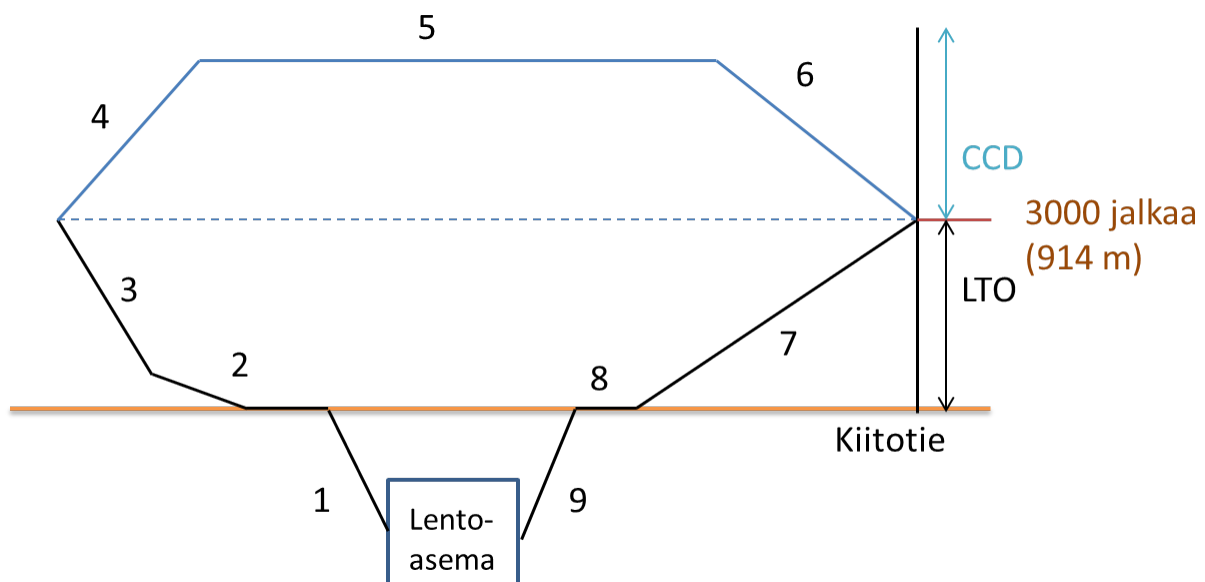
Ilmailun kasvihuonekaasupäästöistä esitetään usein vain polttoaineen palamisessa syntyneen hiilidioksidin määrä. Hiilidioksidin ja muiden palamistuotteiden kuten vesihöyryn, aerosolien ja typen oksidien aiheuttamaa yhteisvaikutusta ilmastoon voidaan arvioida esimerkiksi niin sanotun säteilypakotekertoi-

men eli Radiative Forcing -indeksin (RFI) avulla. Toinen ympäristövaikutuksen arvioinnissa yleisesti kasvihuonekaasupäästöjen yhteismittana käytetty arvo on hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>-ekv.), jonka avulla lasketaan ja ilmoitetaan eri kasvihuonekaasujen päästöjen yhteisvaikutus hiilidioksidin määräksi muutettuna.

Päästöjen eri yhdisteet jäävät ilmakehään eripituisiksi ajoiksi ja myös ilmakehän olosuhteet kuten lämpötila ja muiden yhdisteiden pitoisuudet vaikuttavat yhdisteiden reaktioihin yhteisvaikutusten muodostumiseen. Reaktiomekanismeja ei edelleenkään tunneta tarkasti, joten yksiselitteistä arvoa RFI-indeksille ei ole onnistuttu määrittämään (Carbon brief Ltd 2018). Arviot indeksin arvosta vaihtelevat yhden ja viiden välillä (Finnair 2018a). Uusissa tutkimuksissa on useimmiten käytetty kokonaisvaikutusten arviona noin kaksi kertaa suurempia vaikutuksia pelkkään hiilidioksidiin verrattuna (Jungbluth & Meili 2018, 2008/101/EY johdantoteksti).

### 3.2 Päästöjen seuranta ja laskenta

Moottorin kuormitus ja työntövoima vaihtelevat lennon eri vaiheissa vaikuttaen polttoaineen kulutukseen ja päästöjen muodostumiseen. Tämä huomioidaan myös päästöjen laskennassa: ICAOn ohjeiden mukaisessa laskennassa lento jaetaan yhteensä yhdeksään eri vaiheeseen (kuva 9). Lentovaiheet jaetaan edelleen alle 3000 jalan (noin 914 metriä) korkeudessa tapahtuvaan LTO-sykliin (Landing and Take off Cycle, laskeutuminen ja lentoon nousu) ja 3000 jalan yläpuolella tapahtuvaan CCD-vaiheeseen (Climb/Cruise/Descent eli nousu-, matkalento- ja liukuvaihe). LTO-sykli huomioi lentoonlähden, laskeutumisen ja näihin liittyvien rullausten aiheuttamat päästöt (lentovaiheet 1–3 ja 7–9), käytännössä noin kuuden kilometrin lentomatkalta noususuunnassa ja 18 kilometrin lentomatkalta laskeutumissuunnassa. CCD-vaihe puolestaan kattaa yli 3000 jalan korkeudessa tapahtuvan nousuvaiheen, matkalento-korkeuden ja laskeutumisvaiheen (lentovaiheet 4–6). Lennon pituus (stage length) määritetään nousuvaiheen lopun ja laskeutumisen väliseksi matkaksi. ICAOn laskentaohjeissa lennon jokaiselle vaiheelle on arvioitu tietty moottorin työntövoiman tarve (7, 30, 85 tai 100 prosenttia). Erilaisista päästötietokannoista, esimerkiksi EASAn ylläpitämästä ICAO Aircraft Engine Emissions Databank -tietokannasta, voidaan tarkistaa tietyn kone- ja moottorityypin polttoaineen kulutus ja päästöt. (Eurocontrol 2016.)



Kuva 9. Periaatekuva lennon eri vaiheiden määräytsestä päästöjen laskentaa varten. Vaiheet (vapaasti käännettynä) suomeksi: 1: Rullaus kiitotielle lentoonläähtöä varten, 2: Lentoonläähtö, 3: Nousu matkalentokorkeuksiin (LTO-vaiheessa) 4: Nousu (CDD-vaiheessa), 5: Matkalentovaihe, 6: Korkeuden vähentäminen eli niin sanottu liukuvaihe, 7: Loppuläähestyminen, jossa ollaan jo kiitotielinjalla ja liu'ussa laskeutumista varten, 8: Laskeutuminen kiitotielle, 9: Rullaaminen asematasolle lennon päättämistä varten. (EUROCONTROL 2016)

Päästöjen laskentaa tehdään usealla tavalla eri organisaatioiden toimesta. Taulukkoon 4 on koottu tietoa erilaisista käytössä olevista laskenta- ja raportointijärjestelmistä. Eurocontrolin laskenta perustuu kahden ympäristövaikutusten arviointityökaluun (IMPACT modelling platform ja Advanced Emission Modelling (AEM)-malliin). Nämä laskentatyökalut on hyväksytty myös ICAOn CAEP-työryhmissä. (Eurocontrol 2018b.) Muita ICAOn hyväksymiä laskentamalleja on listattu ICAOn nettisivuilla (ICAO 2018b).

Taulukko 4. Lentopäästöjen laskentajärjestelmiä.

Laskenta-järjestelmä	Mitä lentoja ja lennon osia huomioidaan	Mitä päästöjä huomioidaan	Muita huomioita
<b>Eurocontrolin kokoama data ja laskenta</b>	Euroopanlaajuiseen tietokantaan kerätään jokaisesta lennosta tiedot, muun muassa operaattori, lentokoneen tyyppi, lennon kesto ja viivästyminen syineen. Kaikki lennon vaiheet (LTO ja CCD) huomioidaan. Päästöjen laskentaa huomioidavat lennot voidaan eritellä tietojärjestelmien avulla.	<b>Hiilidioksidi, vesihöyry, rikin ja typen oksidit, hiilivedyt, hiilimonoksidi ja muut orgaaniset kaasut.</b> Eriolaisten lentokone- ja moottorityyppien yhdistelmille saadaan päästöt tietokantojen avulla (esimerkiksi ICAOn Engine Emission Databank).	Eurocontrol myy laskentapalvelua mm. valtioille ja päästökauppaan kuuluville lentoyhtiöille. Tällä hetkellä Eurocontrolin laskennassa saattaa olla hiukan Suomen konekannasta poikkeavia lentokone/moottoriyhdistelmiä, mikä vaikuttaa päästömääriin (NO <sub>x</sub> , CO, HC).
<b>Kasvihuonekaasu (KHK)-raportointi</b>  (Tilastokeskus 2018c; 2018d)	Kotimaan lennot huomioidaan. Ulkomaa lentojen päästöt raportoidaan lisäksi KHK-raportissa erikseen ns. Memo-tietona, eli niitä ei lasketa mukaan Suomen kokonaispäästöihin. Ulkomaa lentojen osalta laskenta perustuu hallitusten välisen ilmastomuutospaneeli IPCC:n ohjeiden mukaisesti ulkomaille suuntautuvien koneiden polttoaineen myyntiin (eli ns. menomatkat huomioidaan) Kaikki lennon vaiheet huomioidaan.	<b>Hiilidioksidi, metaani, dityppioksidit, haihtumattomat hiilivedyt sekä mahdollinen biopohjainen hiilidioksidi (bioCO<sub>2</sub>), erikseen Memo-tietona.</b> Potkuriturbiinia tai suihkumootoreita käyttävät ilma-alukset (turbiinimoottorikäyttöinen laivasto) ja yleisilmailussa käytetyt mäntämoottorilentokoneet. Helikoptereiden ja sotilasliikenteen päästöt raportoidaan sektorilla 'Muu polttoainekäyttö' (ei siis osana liikennesektoria).	Tilastokeskus laskee päästöt ILMARI-laskentamallin avulla Eurocontrolin keräämän datan, Energiatilaston polttoainemyyntitietojen ja mäntämoottoreiden osalta lentotuntien perusteella, käyttäen hyväksi muun muassa aiemman Finavian ILMILaskentamallin tuloksia.
<b>Ilman epäpuhtauksien raportointi</b>  (Suomen ympäristökeskus 2018)	Kaikki lennot ja lennonvaiheet huomioidaan. Kansainvälisten ja kotimaan liikenteen lähtö- ja laskeutumispäästöt (LTO) sisältyvät sopimusten rajoitusvelvoitteisiin. Yli kilometrin korkeudessa lennettävän matkan kansainväliset ja kotimaan päästöt (Cruise) raportoidaan ns. Memo Itemina, eli ei lasketa mukaan Suomen kokonaispäästöihin. Laskenta perustuu EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook – ohjeistukseen.	Päästöt vuodesta 1980 alkaen: rikin ja typen oksidit, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, hiukkaset (TSP, PM10, PM2,5, mustahiili), hiilimonoksidi, ammoniakki, raskasmetallit (lyijy, kadmium, elohopea, arseeni, kromi, kupari, nikkeli, seleeni, sinkki) ja pysyvät orgaaniset yhdisteet (dioksiinit ja furaanit, polyaromaattiset hiilivedyt (bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni ja näiden summa (PAH-4), heksaklooribentseeni, polyklooratut binefyylit.	Suomen ympäristökeskus käyttää Tilastokeskuksen toimittamia polttoaineen käyttömääriä.
<b>LIPASTO (VTT 2009)</b>	Suomen reitti- ja lomalentojen keskimääräinen päästö ja energiankulutus henkilökilometriä kohden. Kotimaan ja Euroopan lennot jaoteltuna lyhyihin ja pitkiin lentoihin (rajana 463 kilometrin lentomatka) sekä kaukolennot.	<b>Hiilimonoksidi, hiilivedyt, typen oksidit, metaani, dityppioksidit, rikkidioksidi, hiilidioksidi ja hiilidioksidiekvivalentti.</b> Lisäksi polttoaineen kulutus ja (g/hkm ja l/hkm) energian kulutus (MJ/hkm)	Laskentadata on vanhentunutta (vuodelta 2008). VTT suosittelee käytettävän esimerkiksi ICAOn laskuria jos halutaan laskea vain CO <sub>2</sub> -päästöt.
<b>LTO-päästö-laskenta (Finavia)</b>	Lentokoneen laskeutumisen ja lentoalähdön ja niihin liittyvien maarallauksien päästöt 3000 jalan (915 m) korkeuteen asti.	<b>Hiilimonoksidi, hiilivedyt, typen oksidit, rikin oksidit, hiilidioksidi ja polttoaineen kulutus</b>	LTO-syklin aikaiset päästöt konetyyppi- ja moottorikohdaisesti lasketaan kaikilta Finavian lentoasemilta.

Tilastokeskus laskee kasvihuonekaasuinventaariorissa raportoitavat Suomen lentoliikenteen vuosittaiset päästötiedot pääosin Eurocontrolin laskentamallista saatavien tietojen sekä energiatilastosta saatujen polttoaineen kulutustietojen (käytännössä polttoaineen myyntitietojen) perusteella. Erityisesti hiilidioksidipäästöt ovat suoraan verrannollisia kulutetun polttoaineen määrään. Eurocontrolilta saatavat tiedot kattavat polttoaineen kulutustiedot eriteltyinä LTO- ja matkalentovaiheeseen. Järjestelmä kattaa siviili-liikenteen reittilentojen lentopetrolin kulutuksen (suihku- ja potkuriturbiinikoneet) hyvin, mutta lentobensiinin (mäntämoottorikoneet, lähinnä yleisilmailussa) osalta Eurocontrolin tietojen kattavuus on huono. Tämän vuoksi tietoja täydennetään lentobensiinin osalta kotimaan yleisilmailun lentotuntitietojen perusteella. Laskennassa huomioidaan kasvihuonekaasuinventariioon raportoitavat päästökomponeetit (hiilidioksidi, metaani, ilokaasu, typen oksidit, rikkidioksidi, hiilivedyt ja häkä).

Suomen ympäristökeskus laskee YK:n kaukokulkeutumissopimuksen ja EU:n päästökattodirektiivin raportointiluokituksen mukaiset ilman epäpuhtauksien päästöt vuodesta 1980 lähtien: rikin- ja typenoksidit, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, hiukkaset (TSP, PM10, PM2.5, mustahiili), hiilimonoksidi, ammoniakki, raskasmetallit (lyijy, kadmium, elohopea, arseeni, kromi, kupari, nikkeli, seleeni, sinkki) ja pysyvät orgaaniset yhdisteet (dioksiinit ja furaanit, polyaromaattiset hiilivedyt (bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni ja näiden summa (PAH-4), heksaklooribentseeni, polyklooratut bifenyylit. Laskenta tehdään Tilastokeskuksen toimittamien polttoainetietojen pohjalta EMEP/EEA Emission Inventory Guidebookin ohjeiden mukaisesti. Ilmastositomuksen ja kaukokulkeutumissopimuksen/päästökattodirektiivin raportointiluokittelut ja rajoitusvelvoitteisiin sisältyvät päästöt poikkeavat toisistaan. Sopimusten rajoitusvelvoitteisiin sisältyvien lennon lähtö- ja laskeutumisvaiheiden epäpuhtauspäästöjen osuudet Suomen kokonaispäästöistä ovat pieniä, reilusti alle prosentin luokkaa. (Suomen ympäristökeskus 2018.)

Lentoyhtiöt ja lentoasemat tarkkailevat myös päästöjään matkustajakohtaisia lukuja laskemalla: esimerkiksi Finnair arvioi lentojensa polttoainetehokkuutta hyötykuormamittarin avulla, jolloin huomioidaan koneen matkustajatäyttöaste, kuljetetun rahdin määrä sekä lähtö- ja määräasemien välinen etäisyys. Lentoyhtiöt laskevat yleensä polttoainetehokkuuden joko tarjottua matkustajakilometriä (ASK) tai toteutunutta matkustajakilometriä (RPK) kohti. Jos myös lentokoneessa oleva rahti otetaan huomioon laskennassa, niin tehokkuus lasketaan tarjottua tonnikilometriä (ATK) tai toteutunutta tonnikilometriä (RTK) kohden. Esimerkiksi Finnairin lentojen polttoainetehokkuus vuonna 2017 oli 25 polttoainegrammaa tarjottua matkustajakilometriä kohti (ASK), 30 polttoainegrammaa toteutunutta matkustajakilometriä kohti (RPK), 167 polttoainegrammaa tarjottua tonnikilometriä (ATK) ja 248 toteutunutta tonnikilometriä (RTK) kohti. Finnairin ja Finavian päästölukuja vuodelta 2017 käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 3.6. Lisäksi lentoyhtiöt tarkkailevat ja raportoivat viranomaisille polttoaineen kulutuksensa ja sitä kautta hiilidioksidipäästönsä Euroopan unionin päästökaupan sääntöjen mukaisesti (päästökaupasta lisätietoja luvussa 4.4.1).

### 3.3 Päästölaskurit ja päästöjen kompensointi

Lentomatkustuksen päästöjen arviointiin on kuluttajille olemassa useita laskureita, joita muun muassa ICAO, lentoyhtiöt sekä erilaiset yhteisöt ja yritykset tarjoavat internet-sivustoillaan. Taulukkoon 5 on koottu esimerkkinä neljän eri laskurin (Finnair, ICAO, AtmosFair ja MyClimate) laskentatietoja ja tuloksia. Muita laskureita tarjoavat muun muassa Climate Care, Greenseat, SAS ja Terrapass. Enemmistö päästölaskureista huomioi vain polttoaineen palamisessa syntyvät hiilidioksidipäästöt, mutta osa laskureista ottaa huomioon myös muita vaikutuksia kuten polttoaineen jalostuksesta ja kuljetuksesta aiheutuvia päästöjä tai hiilidioksidin lisäksi myös muiden palamistuotteiden aiheuttamia vaikutuksia ilmakehässä. Etäisyyksien arvioinnissa käytetään usein laskennallisia isoymprätäisyyksiä (GCD).

Lentomatkojen päästölaskennan tulokset vaihtelevat laskureittain. Syynä eroihin ovat muun muassa poikkeamat laskentaan liittyvissä taustatiedoissa kuten matkojen etäisyyksien laskennassa sekä lentokonetyyppin tai polttoaineen kulutuksen, tavaroiden ja matkustajien painon, mahdollisen rahdin osuuden

tai koneiden täyttöasteen määrittämisessä (Baumeister 2017). Joissain sovelluksissa, kuten Atmosfairin laskurissa, tuloksia voi tarkastella lentoyhtiöittäin. Yleisesti laskureissa kuitenkin käytetään keskimääräistettyä dataa, jolloin esimerkiksi erilaisten lentokone- ja moottorityyppien päästöistä on käytetty tietokannoista saatavaa vertailutietoa todellisten kulutus- ja päästötietojen sijasta. Laskureiden antamat tulokset ovat toki osaltaan vain arvioita, sillä todellisuudessa esimerkiksi sääolosuhteiden vaihtelut ja ruuhkat voivat muuttaa lentokoneiden reittejä sekä matkojen pituuksia jonkin verran ja myös lentokoneiden massa vaihtelee matkustajien ja rahdin määrän mukaan (Kaivanto & Zhang 2017). Joka tapauksessa laskureiden avulla voi arvioida lentojen aiheuttamaa ilmastovaikutusta ainakin suuntaa-antavasti.

Osassa laskureista käyttäjälle tarjotaan myös mahdollisuus kompensoida eli hyvittää lentämisestä aiheutuvat päästöt. Yleisimmin kompensointi toteutetaan maksamalla lentämisestä tai muusta toiminnasta aiheutuneista hiilidioksidi- tai kasvihuonekaasupäästöistä niin sanottua hyvitysmaksua, jolla rahoitetaan hiilidioksidipäästöjä vähentäviä toimia toisaalla. Muun muassa uusiutuvan energian tai kestävän maan- ja metsienkäytön edistämishankkeiden toteuttaminen kehitysmaissa ovat yleisesti käytössä olevia päästöhyvityksen muotoja. Päästöjä voi kompensoida esimerkiksi YK:n Kioton ilmastopimuksen puhtaan kehityksen mekanismin (Clean Development Mechanism, CDM) piiriin hyväksytyjen hankkeiden kautta. Myös vapaaehtoisten sertifioidujen järjestelmien, kuten Gold Standard, Verified Carbon Standard, ja Plan Vivo Standard, alaiset päästöhankkeet ovat sertifioituja, todennettuja ja kolmannen osapuolen verifioimia. Kompensaatiomarkkinoilla on useita eri toimijoita, muun muassa sveitsiläinen Gold Standard, yhdysvaltalainen Verra, YK:n Climate Neutral Now, sekä suomalaiset Nordic Offset, Suomen luonnonsuojeluliiton Hiilipörssi sekä Maan ystävät ry:n Lentomaksu. Lisäksi on myös palveluntarjoajia, jotka ostavat päästöoikeuksia pois Euroopan unionin päästökaupan kiintiöstä, esimerkiksi suomalainen Co2Esto Oy (Helsingin Sanomat 2018a, Salo ym. 2017).

Päästöjen kompensoinnin hinnanmuodostuksesta päättävät viimekädessä päästöhyvityksiä myyvät toimijat. Kompensaatiomaksut vaihtelevatkin palveluntarjoajien välillä. Kompensaatioprojekteissa on suurta laatuvariaatiota ja kompensatiota kohtaan on esitetty kritiikkiä. Kompensaatioksi tulisi YK:n mukaan hyväksyä vain projekteja, ja tuottavat todellisia, mitattavia ja lisäisiä<sup>5</sup> päästövähennyksiä. Monien projektien lisäisyys on kuitenkin asetettu kyseenalaiseksi, ja päästövähennyksiä epäillään yliarvioituiksi. Öko-Institutin (Cames ym. 2016) mukaan jopa 85 % selvityksessä analysoiduista YK:n CDM:n piiriin hyväksytyistä hankkeista ei todennäköisesti ole tuottanut todellisia ja lisäisiä päästövähennyksiä. Gold Standard -sertifikaatilla on CDM:ää tiukemmat kriteerit, ja esimerkiksi kansainvälinen ympäristöjärjestö WWF suosittelee Gold Standard -hankkeiden käyttöä kompensoinnissa. Päästöyksiköiden hinnat eri kompensatioratkaisuissa vaihtelevat suuresti. Hamrick & Gallant (2017) ilmoittivat päästöoikeuden (hiilidioksidiekvivalenttitonnille) keskihinnaksi CDM-hankkeissa noin 1,4 euroa ja Gold Standard-hankkeissa noin 4,1 euroa, päästöoikeuksien hinnan ollessa halvimmillaan reilusti alle euron.

---

<sup>5</sup> Lisäisyydellä tarkoitetaan sitä, että päästövähennys syntyy aidosti kompensoinnin avulla, eikä joka tapauksessa esimerkiksi lainsäädännön, verojen tai tukien vuoksi.

Taulukko 5. Esimerkkejä erilaisista lentopäästölaskureista ja niiden antamista tuloksista.

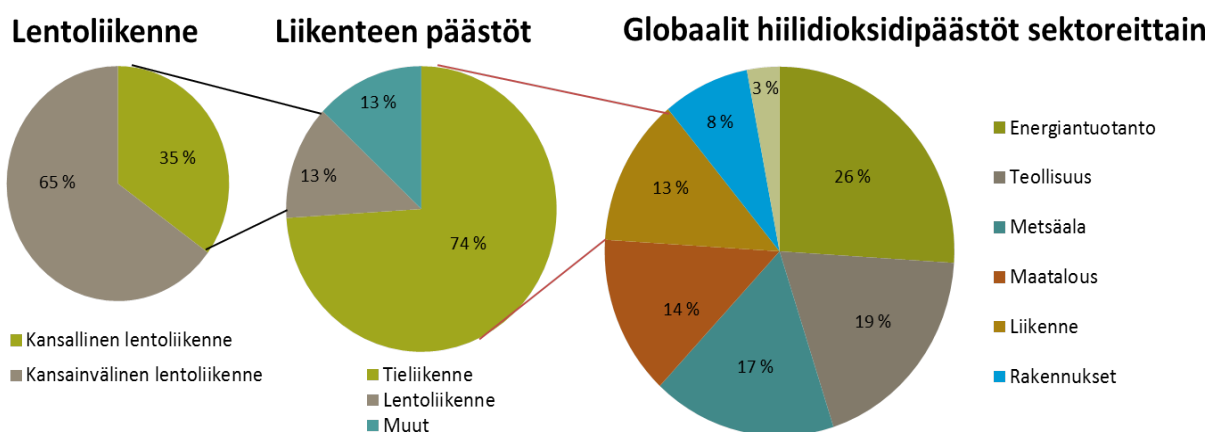
Laskuri (verkko-sivu hyperlinkkinä)	<a href="#">Finnairin päästölaskuri</a>	<a href="#">Atmosfair (kansalaisjärjestö)</a>	<a href="#">ICAO</a>	<a href="#">MyClimate</a>				
<b>Tietoja laskennasta</b>	Sisältää CO <sub>2</sub> -päästöt. RFI-kertoimesta mainitaan taustoissa, mutta sitä ei ole huomioitu laskelmassa. Sivustolla on tiiviisti esitetty laskentaperiaatteet. Laskelma perustuu yhtiön todellisiin rahti-, matkustaja-, ja polttoaineenkulutustietoihin edelliseltä tilivuodelta. Matkustaja- ja rahtitietoja päivitetään neljä kertaa vuodessa.	Päästölaskennan matkustusluokaksi valittiin economy ja lennon tyyppi reittilento. Lentokoneen tyyppiä ei määritelty. Päästölaskelma huomioi suorien CO <sub>2</sub> -päästöjen lisäksi myös yläilmakehässä syntyvien palamistuotteiden vaikutuksia. Laskuri antaa päästöt myös lentoyhtiöittäin osalle reiteistä. Tässä taulukossa on esitetty keskimääräinen päästö kyseisellä reitillä.	Matkustusluokaksi valittiin economy. Laskentamenetelmästä on sivustolla julkaistu erillinen taustaraportti. Päästöt sisältävät polttoaineen palamisen päästöt (päivätty kesäkuu 2017).	Matkustusluokaksi valittiin economy. Sivustolla on kuusisivuinen dokumentaatio päästölaskennasta (päivätty 3.9.2015). Dokumentaatiossa kerrotaan, että päästöt sisältävät polttoaineen palamisen lisäksi jalostuksen ja kuljetuksen. Tämän lisäksi palamistuotteiden ilmakehässä aiheuttamat vaikutukset huomioidaan kertomalla palamisen CO <sub>2</sub> -päästöt kahdella.				
	<b>Päästöt</b>	<b>Hyvitysmaksu</b>	<b>Päästöt</b>	<b>Hyvitysmaksu</b>	<b>Päästöt</b>	<b>Hyvitysmaksu</b>	<b>Päästöt</b>	<b>Hyvitysmaksu</b>
<b>Oulu - Helsinki - Oulu (515 km yhteen suuntaan)</b>	134 kg CO <sub>2</sub>	-	264 kg CO <sub>2</sub>	10 EUR	134 kg CO <sub>2</sub>	-	307 kg CO <sub>2</sub>	7 EUR
<b>Helsinki - Málaga - Helsinki (3356 km yhteen suuntaan)</b>	432 kg CO <sub>2</sub>	-	1240 kg CO <sub>2</sub>	29 EUR	492 kg CO <sub>2</sub>	.-	1300 kg CO <sub>2</sub>	30 EUR
<b>Helsinki - Bangkok - Helsinki (7911 km yhteen suuntaan)</b>	826 kg CO <sub>2</sub>	-	4049 kg CO <sub>2</sub>	94 EUR	594 kg CO <sub>2</sub> *)	-	3000 kg CO <sub>2</sub>	71 EUR
<b>Lisätietoja</b>	Otsikkorivillä esitetyt etäisyydet (Great Circle Distance) on poimittu Finnairin laskurista.	Hiilidioksiditonin hinnaksi on laskurissa määritelty 23 EUR. Päästöhyvityksillä rahoitetaan CDM ja Gold Standard -sertifioituja projekteja.	Laskurin etusivulla mainitaan, että laskentatapa on kehitetty sitä varten, että sitä voidaan käyttää myös päästöhyvityssovelluksissa.	Päästöhyvitysprojektit ovat sertifioituja (CDM, Gold Standard, Plan Vivo)				

- Ei päästöhyvitysmahdollisuutta. \*) ICAOon otettiin yhteyttä syyskuussa 2018 ja kysyttiin tuloksista, sillä Bangkokin lennon päästöt vaikuttavat suhteessa alhaisilta. Selitystä ei saatu raportin julkaisuhetken mennessä.

### 3.4 Lentoliikenteen päästöt globaalisti ja Euroopassa

Maailmanlaajuisesti lennot (mukana siis myös rahtilennot) aiheuttivat yhteensä 859 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt vuonna 2017, kun ihmisen toiminnasta johtuneet globaalit päästöt olivat kaikkiaan 40 miljardia tonnia hiilidioksidia. Lentojen osuus hiilidioksidipäästöistä oli siis 2,1 prosenttia. Yhteisvaikutuksiltaan (myös muut tekijät kuin hiilidioksidi huomioiden) lentoliikenteen päästöjen osuus ilmakehän lämmittämisessä on noin neljä prosenttia ihmisen kaikesta toiminnasta (Lentoliikenne ja ilmasto - sivusto 2018). Noin 80 prosenttia lentoliikenteen hiilidioksidipäästöistä syntyy yli 1500 kilometrin pituisilla lentomatkoilla (ATAG 2018a).

Maailmanlaajuisesti lentoala aiheuttaa noin 13 prosenttia koko liikennesektorin päästöistä, tieliikenteen osuuden ollessa 74 prosenttia (kuva 10). Euroopan unionin sisäisten lentojen päästöjen arviointiin olevan vuonna 2017 noin 3,3 prosenttia EU:n (EU-28) hiilidioksidipäästöistä ja noin 13 prosenttia EU:n liikenteen aiheuttamista kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä (EEA 2017). Typpioksidipäästöjen arviointiin puolestaan olevan noin kolme prosenttia globaaleista päästöistä.



Kuva 10. Globaalien hiilidioksidipäästöjen jakaantuminen sektoreittain, liikenteen osalta sekä kansainväliselle ja kansalliselle lentoliikenteelle (Data: ICAO 2016c).

Lentoliikenteen matkustajamäärät ja päästöt<sup>6</sup> ovat kasvaneet jatkuvasti viime vuosikymmenten aikana: vuosien 1990 ja 2014 välillä Euroopan lentojen ja niiden aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen määrä nousi 80 prosenttia, typpioksidipäästöt kasvoivat puolestaan 50 prosenttia. Vuonna 2014 matkustajalentokilometrien kasvu oli 32 prosenttia vuoteen 2005 verrattuna. Hiilidioksidipäästöjen kasvu puolestaan oli viisi prosenttia ja typpipäästöjen kasvu noin kymmenen prosenttia. Melutason arviointiin olevan samansuuruinen. Päästöjen kasvun hallinta lentämisen kasvuun verrattuna perustui teknologiseen kehitykseen ja konekannan uusimiseen, lennonjohdon kehittämiseen ja myös talouden hiipumiseen vuonna 2008. Euroopan lentosektorin päästöt ovat viime vuosien aikana (2013–2016) kasvaneet noin kahden prosentin vuosivauhtia (EASA ym. 2016.).

Tulevan päästökehityksen osalta on esitetty useita erilaisia skenaarioita ja laskentamalleja (muun muassa Eurocontrol 2018c, Euroopan unioni 2015, IATA 2011). Euroopan lentoliikenteen ympäristöraportin (EASA ym. 2016) esittämän päästöarvion mukaan lentojen lukumäärän ja hiilidioksidipäästöjen kasvun odotetaan lisääntyvän vuoden 2005 tasoon verrattuna noin 45 prosenttia vuosina 2014–2035. Typpioksidipäästöjen kasvun odotetaan olevan 43 prosenttia (EASA ym. 2016.).

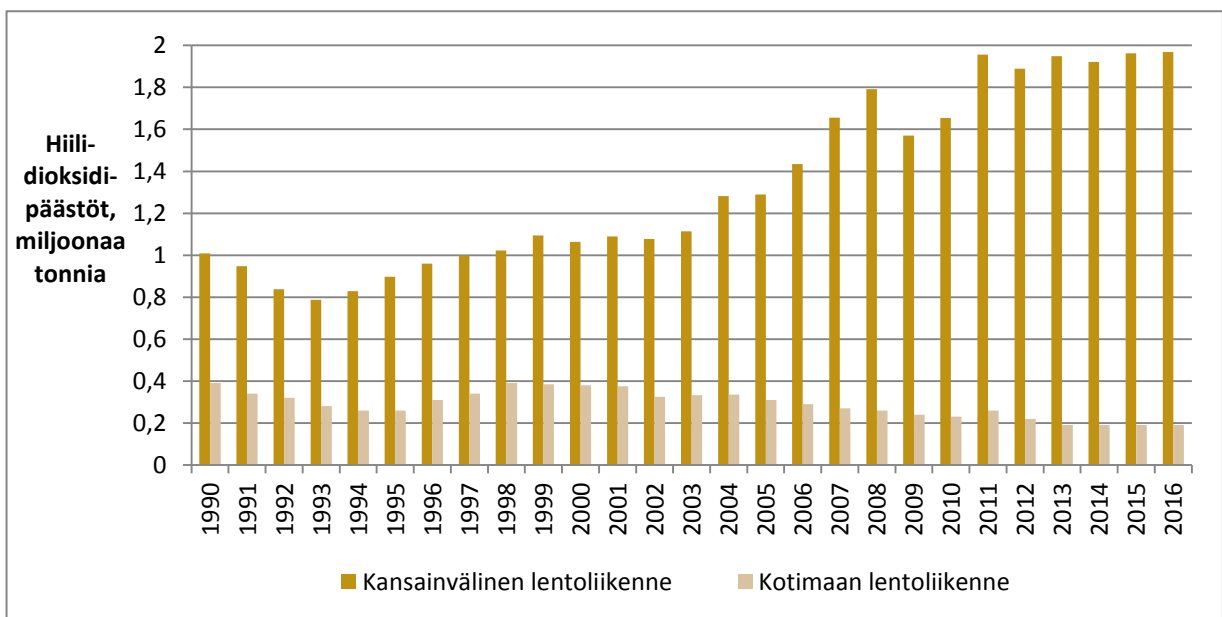
<sup>6</sup> Tässä selvityksessä ei käsitellä erikseen rahtikuljetusten vaikutusta. Yleisesti ottaen päästöluvut sisältävät myös rahtikuljetukset ja on syytä huomioida, että myös lentorahdin määrä on kasvanut huomattavasti etenkin viime vuosien aikana.

### 3.5 Suomen lentoliikenteen päästöt

Kasvihuonekaasujen raportoinnissa ilmastositoumukselle huomioidaan Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneeli IPCC:n raportointiohjeiden mukaan vain kotimaan lentoliikenteen päästöt Suomen liikenteen päästöiksi. Kuvassa 11 on esitetty Suomen kotimaan ja kansainvälisen lentoliikenteen päästöt vuosina 1990–2016. Päästöt laskivat 1990-luvun alussa talouslaman vähentäessä lentomääriä. Sen jälkeen lentojen määrä ja myös päästöt kääntyivät nousuun. 2000-luvulla tapahtunut kotimaan lentojen päästöjen lasku selittyy lentokaluston uusimisella ja lentoalan muulla tehostamisella. Myös vuonna 2008 alkaneella talouden matalasuhdanteella on ollut vaikutusta. Viime vuosina sekä kotimaan lentojen (katso kuva 5) että päästöjen määrät ovat pysyneet samalla tasolla.

Vuonna 2016 Suomen kansalliset kokonaishiilidioksidipäästöt olivat noin 59 miljoonaa tonnia, josta kotimaanliikenteen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen osuus oli 12,5 miljoonaa hiilidioksiditonnia (21 prosenttia) ja lentoliikenteen osuus lähes 187 000 (eli 0,187 miljoonaa) hiilidioksiditonnia (Tilastokeskus 2018c). Kotimaan lentoliikenteen osuus oli siis 1,5 prosenttia kotimaanliikenteen osuudesta ja 0,3 prosenttia kansallisista kokonaishiilidioksidipäästöistä. Kotimainen lentoala kulutti noin 1,4 prosenttia kaikesta Suomen liikennesektorin kuluttamasta energiasta. Dityppioksidipäästöt (N<sub>2</sub>O) olivat noin 1,9 prosenttia koko liikennesektorin päästöistä ja vähemmän muiden kasvihuonekaasupäästöjen osalta.

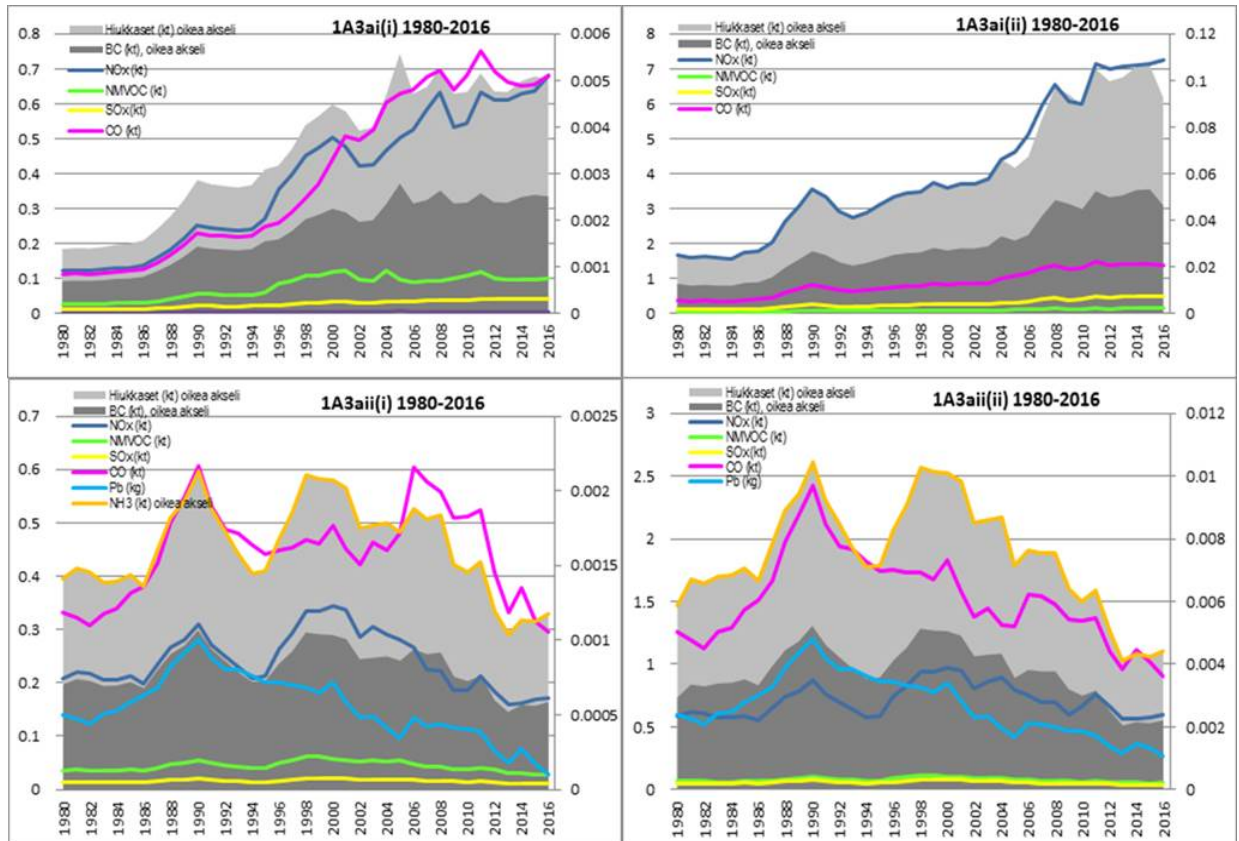
Ulkomaan lentojen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen arviointiin olevan Suomessa lähes kaksi miljoonaa (1 968 000) tonnia vuonna 2016 (Tilastokeskus 2018c). Päästöjen vaihtelut 2000-luvun alussa selittyvät lentojen ja käytetyn polttoaineen määrien vaihtelulla. Viime vuosina kansainvälisen lentoliikenteen kasvu on ollut tasaista (katso kuva 5), mutta päästöjen kasvu on pysähtynyt. Tämä johtunee lentokonekannan uusimisesta ja muista lentoalan tekemistä muutoksista päästöjen hillitsemiseksi.



Kuva 11. Suomen kotimaan ja kansainvälisen lentoliikenteen päästöt vuosina 1990–2016 (Data: Tilastokeskus 2018c).

Ilman epäpuhtauksia rajoittavien YK:n kaukokulkeutumissopimuksen ja EU:n päästökattodirektiivin rajoitusvelvoitteisiin sisältyvien lennon lähtö- ja laskeutumisvaiheiden epäpuhtauspäästöjen osuudet Suomen kokonaispäästöistä ovat pieniä, reilusti alle prosentin luokkaa. Kuvassa 12 on esitetty ilman epäpuhtauksien päästöt vuosilta 1980–2016. Rajoitusvelvoitteisiin sisältyvät lennon lähtö- ja laskeutumispäästöt ovat kuvan 12 vasemmassa reunassa esitettyinä kotimaan lentojen osalta koodilla 1A3ai(i) ja kansainvälisten lentojen osalta koodilla 1A3aii(i). Nämä alle kilometrin korkeudessa esiintyvät päästöt

Suomen ilmatilassa otetaan mukaan Suomen päästövelvoitteisiin. Rajoitusvelvoitteiden ulkopuolelle jäävät yli kilometrin korkeudessa lennettävän matkaosuuden (matkalentovaiheen) päästöt. Niitä vastaavat päästöt ovat kuvan 12 oikeassa reunassa esitettyinä kotimaan lentojen osalta koodilla 1A3ai(ii) ja kansainvälisten lentojen osalta koodilla 1A3aii(ii). Rajoitusvelvoitteiden ulkopuoliset päästöt raportoidaan siis niin sanottuina Memo Itemeinä ja niiden raportointi on pakollista, vaikka näitä päästöjä ei otetaakaan mukaan Suomen päästövelvoitteisiin.



Kuva 12. Ilman epäpuhtauksien päästöt vuosilta 1980–2016. Rajoitusvelvoitteisiin sisältyvät lennon lähtö- ja laskeutumispäästöt (LTO) vastaavat kuvissa kotimaan lentojen osalta koodia 1A3ai(i) ja kansainvälisten lentojen osalta koodia 1A3aii(i). Rajoitusvelvoitteiden ulkopuolelle jäävät yli kilometrin korkeudessa lennettävän matkan päästöt vastaavat kuvissa kotimaan lentojen osalta koodia 1A3ai(ii) ja kansainvälisten lentojen osalta koodia 1A3aii(ii).

Tilastojen avulla tehty päästöjen laskenta asukasta kohti ei ole suoraviivaista, mutta tehdään pieni laskeutus asian avaamiseksi: Asukaslukuun suhteutettuna (vuoden 2016 lopussa 5 503 297 asukasta) kansalliset kokonaishiilidioksidipäästöt olivat vuonna 2016 noin 10,7 tonnia asukasta kohti. Kotimaan lentoliikenteen päästöjen voidaan tällöin ajatella vastanneen 17 664 asukkaan aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Tai toisaalta, jos kotimaan lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt olisi jaettu tasan suomalaisten kesken, olisi yhden kansalaisen osuus noin 34 kilogrammaa. Kotimaan ja ulkomaan lentoliikenteen päästöt yhteenlaskettuna lentäminen aiheutti vuonna 2016 kaikkiaan noin 2,2 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt. Koska ulkomaan lentoliikenteeseen on kuitenkin huomioitu vain menomatkat, voidaan laskennassa huomioida ulkomaan lentoliikenteen päästöt 1,9-kertaisena<sup>7</sup>. Tällöin saadaan kokonaispääs-

<sup>7</sup> Tankattu ja kulutettu polttoainemäärä voivat vaihdella esimerkiksi jos ulkomaan menomatkalle myytyä polttoainetta käytetään myös paluulennolla, jos lento peruuntuu tankkauksen jälkeen esimerkiksi teknisen vian vuoksi, tai jos edelliseltä lennolta on jäänytkin suunniteltua paljon enemmän polttoainetta käyttämättä. Nämä seikat huomioiden päädyttiin käyttämään laskennassa kerrointa 1,9.

tömääräksi 3,9 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Kun tämä määrä suhteutetaan asukasluukuun, saadaan yhden suomalaisen osuudeksi noin 713 hiilidioksidikilogrammaa. Mikäli oletetaan vielä (laajentamalla Helsinki-Vantaan lentoaseman matkustajaprofiilin koko maata kattavaksi), että noin puolet Suomen lentoliikenteen matkustajista on ulkomaalaisia, voisi päästömäärän edelleen puolittaa (saatavilla olevien tietojen perusteella ei voida arvioida suomalaisten lentämistä muiden valtioiden välillä). Tällöin arvioitujen yhden suomalaisen lentämisen päästöt olisivat keskimäärin 357 hiilidioksidikilogrammaa. Toisaalta, noin 30 prosenttia Helsinki-Vantaan matkustajista on työmatkalaisia (Finavia 2018d). Työmatkojen aiheuttamia päästöjä ei tule kohdentaa yksityishenkilöille, vaan yritysten vastuulle. Tällöin yhden suomalaisen osuus lentojen hiilidioksidipäästöistä vähenisi noin 250 hiilidioksidikilogrammaan. Tämän päästömäärän puitteissa lentomatka ei siis voi suuntautua kovin kauas, esimerkiksi kaksi edestakaista lentomatkaa Helsingin ja Oulun välillä (katso taulukko 5) tai edestakainen lentomatka Helsingistä Saksaan vastaisi suunnilleen tätä päästömäärää. Huomionarvoista on myös se, että läheskään kaikki suomalaiset eivät lennä vuosittain. Tietoja lentämisen jakautumisesta kansalaisten välillä ei kuitenkaan ollut saatavilla tähän selvitykseen.

Taulukossa 6 on esitetty suomalaisten vuonna 2017 tekemien lentomatkojen lukumääriä kohdemaittain Tilastokeskuksen (2018a) tietoihin perustuen. Lisäksi on arvioitu Finnairin päästölaskurin avulla etäisyydet ja hiilidioksidipäästöt edestakaiselle matkalle Helsinki-Vantaalta kunkin kohdemaan esimerkkikaupunkiin. Finnairin päästölaskurista ei saatu tietoja Kanariansaarten matkan lentopäästöistä, joten ne arvioitiin ICAOn laskurin (2016c) avulla.

Taulukko 6. Suomalaisten vuonna 2017 lentäen tekemät vapaa-ajanmatkat kohdemaittain (Matkojen määrät: Tilastokeskus 2018b). Hiilidioksidipäästöt on arvioitu Finnairin päästölaskurin avulla muuten, mutta Kanariansaarten osalta käytettiin ICAOn päästölaskuria, koska Finnairin laskurissa ei ollut vaihtoehtona tätä kohdetta. Taulukosta voidaan havaita, etteivät päästöt ole suoraan verrannollisia lentomatkkaan. Finnairin päästölaskuri perustuu toteutuneisiin päästöihin eri konetyypeillä ja koneiden täyttöasteisiin, minkä johdosta päästöt matkustajaa kohti vaihtelevat, suuresti eri reiteillä.

Valtio	Vapaa-ajanmatkojen määrä	Esimerkkikaupunki ja etäisyys Helsinki-Vantaalta	Hiilidioksidipäästöt edestakaiselle matkalle [kg CO <sub>2</sub> /henkilö]	Laskennalliset hiilidioksidipäästöt lentomatkasta per kohdemaata [t CO <sub>2</sub> ]
<b>Manner-Espanja</b>	470 000	Madrid, 2950 km	390	183 300
<b>Espanjan Kanariansaaret</b>	310 000	Teneriffa, 4738 km	647	200 570
<b>Saksa</b>	250 000	Frankfurt, 1541 km	286	71 500
<b>Iso-Britannia</b>	240 000	Lontoo, 1853 km	298	71 520
<b>Kreikka</b>	240 000	Ateena, 2490 km	420	100 800
<b>Italia</b>	220 000	Rooma, 2236 km	326	71 720
<b>Ruotsi</b>	150 000	Tukholma, 400 km	124	18 600
<b>Ranska</b>	130 000	Pariisi, 1900 km	348	45 240
<b>Tanska</b>	120 000	Kööpenhamina, 895 km	174	20 880
<b>Tsekki</b>	120 000	Praha, 1322 km	226	27 120
<b>Puola</b>	110 000	Varsova, 1186 km	346	38 060
<b>Yhdysvallat</b>	100 000	New York 6626 km	876	87 600
<b>Thaimaa</b>	100 000	Bangkok 7911 km	826	82 600
	2 560 000 matkaa (~5 120 000 lentoa)			1 019 510 t CO <sub>2</sub>

Tilastokeskuksen mukaan suomalaiset tekivät yhteensä noin 3,9 miljoonaa vapaa-ajan lentomatkaa (eli 7,8 miljoonaa lentoa) ulkomaille. Taulukossa esitetyt suosituimmat matkakohteet kattavat tästä lentomäärästä noin kaksi kolmasosaa. Päästöjen yhteissummaksi saatiin noin miljoona hiilidioksiditonnia. Jos puuttuva kolmannes lennoista lisätään tähän, saadaan yhteismääräksi noin 1,5 miljoonaa hiilidioksiditonnia (Tämä suuruusluokka on verrannollinen myös aiemmin tässä luvussa esitetyn laskelman kanssa). Tällöin yhden suomalaisen ulkomaanlentojen keskimääräinen päästöosuus olisi noin 273 hiilidioksidikiloa, joka vastaisi edestakaista lentomatkaa Saksaan.

Koti- ja ulkomaan lentoliikenteen erottelussa on tällä hetkellä olemassa ristiriitainen näkökulma. Jos nimittäin yksittäinen kuluttaja jättää kauas suuntautuvan ”etelänmatkan” tekemättä ja vähentää näin omaa vuosittaista hiilijalanjälkeään, muutos ei kuitenkaan vaikuta laskennallisista syistä Suomen kokonaispäästöihin lainkaan. Sen sijaan kotimaan lentomatkan tekemättä jättäminen vähentää sekä kuluttajan omaa hiilijalanjälkeä että kansallista kokonaispäästö määrää.

### 3.6 Finavian ja Finnairin päästöt vuonna 2017

Vastuullisuusraporttinsa mukaan Finavian omista toiminnoista lentoasemilla aiheutuvat hiilidioksidipäästöt olivat vuonna 2017 noin 32 000 hiilidioksiditonnia. Päästöistä suurin osa liittyi sähköenergian (47 prosenttia), lämpöenergian (32 prosenttia) ja maakaluston (21 prosenttia) päästöihin. Finavian mukaan yhtä matkustajaa kohti kului lämpöenergiaa 2,3 kWh, sähköenergiaa 3,4 kWh ja vettä 7,5 litraa. Hiilidioksidipäästöt olivat 1,4 kilogrammaa per matkustaja. Lisäksi Finavia ilmoittaa lentokoneiden nousuista ja laskuista aiheutuvat LTO-sykli päästöt, sillä ne vaikuttavat osaltaan muun muassa lentoasemien ja niiden lähiympäristön ilmanlaatuun. LTO-sykli päästöt Finavian operoimilla siviililiikenteen lentoasemilla olivat yhteensä 211 000 hiilidioksiditonnia vuonna 2017. Nämä päästöt eivät kuitenkaan siis ole Finavian, vaan lentoja operoivien yhtiöiden päästöjä. (Finavia 2018g.)

Finnair puolestaan lennätti lähes 12 miljoonaa matkustajaa vuonna 2017 ja ilmoitti käyttäneensä siihen yhteensä 921 520 tonnia lentopolttoainetta (Jet A-1). Tästä aiheutui lentämisen päästöjä noin 2,9 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Matkustajaliikenteen kapasiteetti tarjottuina henkilökilometreinä (ASK) ilmoitettuna oli yhteensä 36 922 miljoonaa kilometriä ja myytyinä henkilökilometreinä (RPK) 30 750 miljoonaa kilometriä, jolloin matkustajakäyttöasteeksi saadaan 83,3 prosenttia (Finnair 2018b.).

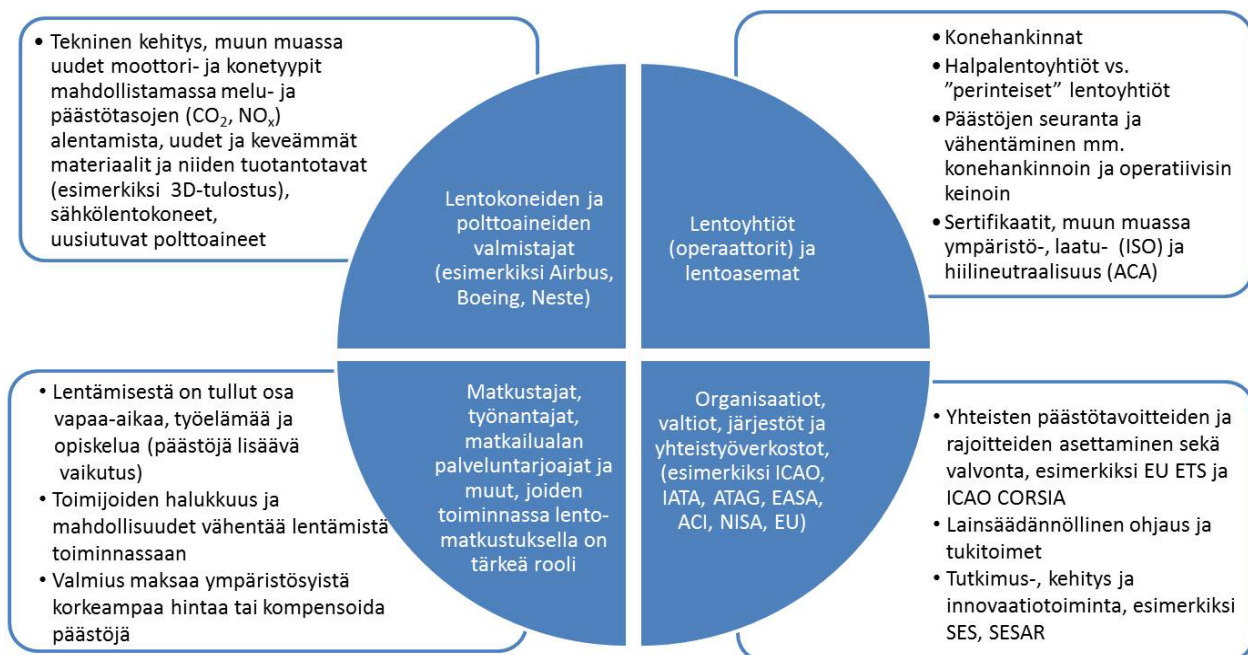
Finnair aloitti polttoainetehokkuusohjelman vuonna 2017, tavoitteenaan vähentää yksikkökohtaisia hiilidioksidipäästöjään (grammaa myytyä tonnikipometriä kohden eli g/RTK) vuoden 2013 tasosta 17 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Finnairin absoluuttisten ilmastopäästöjen kasvu oli viime vuonna neljä prosenttia, lentojen tarjonnan kasvaessa yhdeksän prosenttia. Finnairin arvion mukaan käyttöön otetut uudet kaksimoottoriset Airbus A350-laajarunkokoneet ovat 25 prosenttia energiatehokkaampia verrattuna vanhoihin, nelimoottorisiin A340-koneisiin. (Tekniikka&Talous 2018.) Finnair on vähentänyt päästöjään henkilökilometriä kohden viime vuosien aikana muun muassa uusimalla konekalustoaan, vähentämällä koneen painoa sekä optimoimalla lentoreittejä mahdollisimman suoriksi ja energiatehokkaiksi.

## 4. Keinot päästöjen vähentämiseksi

Lentoliikenteen on arvioitu kasvavan tällä hetkellä noin viiden prosentin vuosivauhtia, ympäristövaikutusten vuosittaisen kasvun ollessa noin kolme prosenttia (ATAG 2017). Valtiot ovat sopineet ICAOn kautta moottoripäästöjen rajoittamisesta. Lisäksi lentoalan yleiset tavoitteet päästöjen hillitsemiseksi ovat IATAn (2013 ja 2018) mukaan:

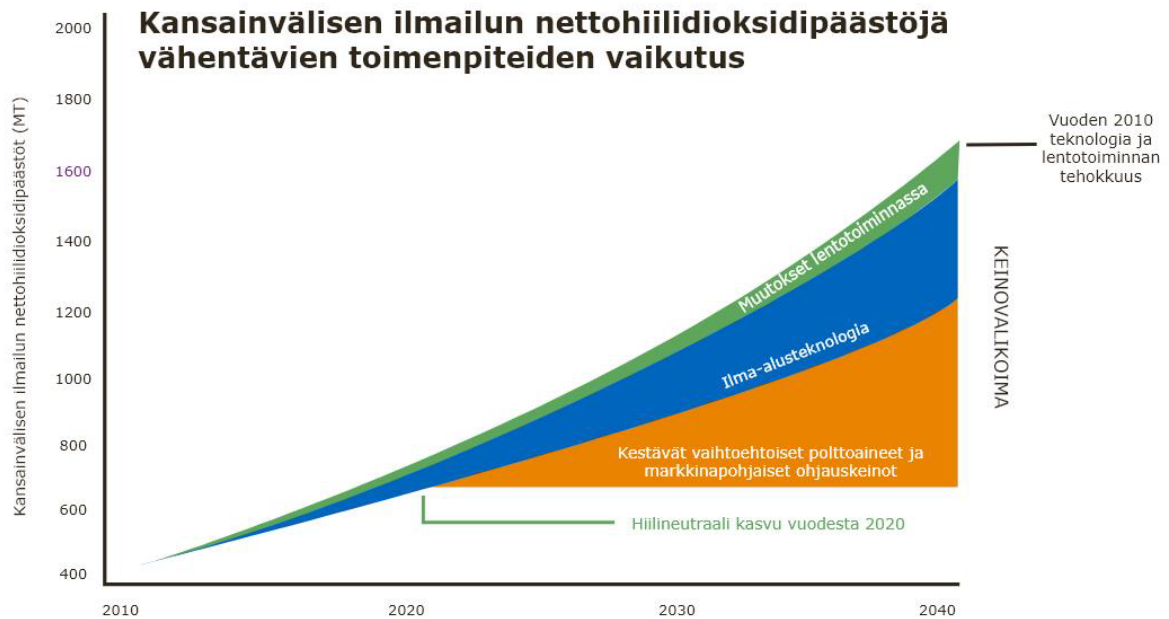
- lentokoneiden polttoainetehokkuuden parantaminen 2009–2020 vuosittain 1,5 prosenttia,
- alan hiilineutraali kasvu vuodesta 2020 alkaen,
- alan hiilipäästöjen puolittaminen vuoden 2005 tasosta vuoteen 2050 mennessä.

Kuvaan 13 on koottu lentoalan toimijoita ja heidän roolejaan ympäristövaikutusten hallinnan osalta. Lentämisen yksikköpäästöjä, eli päästöjä per matkustajakilometri, on pystytty viime vuosikymmenien aikana vähentämään teknisten ratkaisujen avulla, muun muassa kehittämällä lentokoneita tehokkaammiksi ja vähäpäästöisemmiksi sekä tuottamalla vähähiilisiä polttoaineita perinteisen fossiilisen lentokerosiinin tilalle. Myös lentoliikenteen hallintaa (Air Traffic Management, ATM) ja operatiivista toimintaa on pystytty kehittämään tehokkaammaksi. Näillä päästövähennystoimilla pystytään rajoittamaan lentoliikenteen kasvusta aiheutuvaa päästöjen lisääntymistä tiettyyn pisteeseen saakka. Arvioiden mukaan alan kasvu alkaa olla jo nyt niin suurta, ettei tekninen kompensointi enää riitä.



Kuva 13. Lentoliikenteen kysyntään, tarjontaan ja lentämisen ilmastopäästöihin vaikuttavia toimijoita ja heidän roolinsa ympäristövaikutusten hallinnassa.

Kuvassa 14 on esitetty Trafín suomentama kuva ICAOn vuonna 2010 esittämästä arviosta lentoliikenteen päästöjen kehittymisestä ja siitä, kuinka päästöjen voitaisiin vähentää. Arvion mukaan ilma-alusten kehitys ja lentoliikennealan tehokkuus voivat rajoittaa päästöjen kasvua merkittävästi vuoden 2010 teknologiaan ja lentotoiminnan tehokkuuteen verrattuna. Hiilineutraalin kasvun saavuttamiseksi päästövähennyksiä on saavutettava erityisesti kestävästi tuotettujen vaihtoehtoisten polttoaineiden sekä markkinapohjaisten ohjauskeinojen avulla. Markkinapohjaisilla keinoilla viitataan erityisesti päästöhyvitysjärjestelmä CORSIAan (ks. tarkemmin alaluku 4.3).



Kuva 14. ICAO:n arvio toimien vaikuttavuudesta kansainvälisen lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi (valtioiden sisäisten lentojen päästöjä ei siis ole huomioitu kuvassa) (Lähde: ICAO ja Trafi 2018d).

#### 4.1 Säätelypohjaiset keinot: Standardit koneiden melu- ja päästötasoille

Lentoalaa ja sen päästöjä säädellään lukuisten standardien ja lupajärjestelmien avulla. Käytössä olevien lentokoneiden (eli ilma-alusten) ja niiden moottoreiden tulee täyttää kansainväliset rajoitukset: ICAOn ympäristönsuojelukomitea CAEP on määrittänyt kansainväliset standardit melulle sekä päästöjen osalta savu-, hiilivety-, häkä- ja typpioksidipäästöille. Ensimmäinen ICAO:n standardi melusertifikaatille annettiin vuonna 1971 ja ensimmäinen lentokoneen moottoria koskeva päästöstandardi vuonna 1981 (EASA, EEA & EUROCONTROL 2016). Hiilidioksidipäästöjä rajoittavasta standardista päätettiin vuonna 2017 ja se tulee voimaan uusien konetyyppien osalta vuonna 2020 ja jo tuotantovaiheessa oleville konetyypeille vuonna 2023. Vuodesta 2028 lähtien konetyyppiä ei saa valmistaa, mikäli ne eivät alita annettuja rajoituksia (ICAO 2017). Ei-haihtuvien pienhiukkasten (non-volatile PM) rajoittamisesta uuden standardin kautta on myös sovittu CAEP:n kokouksessa vuonna 2016, mutta standardi ei ole vielä tullut voimaan (ICAO 2016b, EASA ym. 2016).

Euroopan unionissa ilma-alusten tyyppihyväksyntää säätelee komission asetus (EU No 748/2012), ilma-alusten moottoreiden päästöjä ja polttoainejärjestelmän huohotusta<sup>8</sup> Euroopan lentoturvallisuusviraston sertifiointieritelmä CS-34, sekä ilma-alusten melupäästöjä CS-36 (Trafi 2018e). Lentotoimintaa ohjaavat lisäksi muun muassa ympäristömeludirektiivi (2002/49/EY), vuonna 2016 voimaan astunut EU:n lentokonemelunhallinta-asetus 598/2014 ja valtioneuvoston asetus VnA 401/2016 tasapainoisesta lähestymistavasta. Etenkin suurempien kenttien osalta melun hillitsemiseksi vaaditaan melukarttojen ja lentokonemelun hallintasuunnitelmia (katso esimerkki suunnitelmasta: Finavia 2017). Lentoasemat ovat myös ympäristölupien alaisia ja lupamääräyksiä tarkistetaan noin 7–10 vuoden välein. Lentoasemien ylläpitäjät mittaavat ja ilmoittavat lisäksi erilaisia tunnuslukuja toiminnastaan. Esimerkiksi käytetyn energian, veden ja päästöjen määrät raportoidaan vuosi- ja matkustajatasolla (Finavia 2018g).

<sup>8</sup> Huohotusjärjestelmä koostuu osista, joilla tankin korvausilman otto toteutetaan siten, ettei polttoainetankissa höyrystyneessä muodossa oleva polttoaine pääse ulkoilmaan.

## 4.2 Tekniset keinot

### 4.2.1 Lentokoneiden ja moottoreiden tekninen kehitys

Suurin osa lentoyhtiöiden ympäristövaikutuksista syntyy moottoripäästöistä. Lentokoneiden polttoaineenkulutusta ja päästöjä voidaan vähentää uusien konemallien käyttöönoton myötä: ATAG:n (2018a) mukaan uusi lentokonesukupolvi on keskimäärin 15–20 prosenttia tehokkaampi kuin edeltäjänsä. Koneityyppejä kehitetään myös sarjatuotannon aikana jonkin verran, sekä tekemällä lentokoneisiin muutoksia jälkikäteisasennuksina tai osien uusimisten yhteydessä. Nykypäivän lentokoneiden polttoaineen tarve ja hiilidioksidipäästöt yhtä matkustajakilometriä kohden ovat vähentyneet yli 80 prosenttia 1960-luvun lentokoneisiin verrattuna. (EASA ym. 2016) Vuosina 1968–2014 keskimääräinen polttoainetehokkuuden kasvu matkustajakilometriä kohti oli 1,3 prosenttia vuodessa. Kehitystahti on vaihdellut huomattavasti. Vuosina 2010–2014 vuosittainen parannus oli keskimäärin 1,1 prosenttia, mikä on jonkin verran jäljessä ICAOn 1,5 prosentin tavoitteesta. (Kharina & Rutherford 2015.) Typen oksidien päästövähennys on puolestaan 90 prosenttia ja melutason 75 prosenttia (Airbus 2018). Nykyisin käytössä olevat koneet kuluttavat keskimäärin 3,5 litraa polttoainetta sataa matkustajakilometriä kohden. Uusimmat koneet, esimerkiksi Airbus A380, Boeing 787, ATR-72-600 ja Embraer E2, kuluttavat polttoainetta alle kolme litraa sataa matkustajakilometriä kohden (ATAG 2018b). Lentokonekanta kehittyy kuitenkin melko hitaasti, sillä sertifiointin jälkeen yhtä konetyyppiä valmistetaan yleensä noin 20–30 vuoden ajan. Lentokoneen keskimääräinen käyttöikä on puolestaan noin 20–25 vuotta, joten nyt hyväksyttäviä konetyyppejä voi olla käytössä jopa vielä 2050-luvullakin (EEA 2017). Vuonna 2014 noin puolet lennoista lennettiin vuonna 2005 tai sen jälkeen valmistetuilla koneilla (EASA ym. 2016). ICAOn mukaan lentokoneiden määrä kasvaa vuosien 2016–2036 aikana 55 prosenttia eli 26 000 lentokoneesta 47 500 koneeseen. Eurooppalaisen lentokonevalmistaja Airbusin (2018) ennusteen mukaan jopa 35 000 uutta konetta rakennettaisiin vuoteen 2036 mennessä.

Euroopassa lentokoneiden tutkimus- ja kehitystyötä on vienyt eteenpäin erityisesti Euroopan komission ja Euroopan ilmailuteollisuuden yhteinen teknologia-aloite<sup>9</sup> Clean Sky. Sen tavoitteena on kehittää innovatiivisia teknologioita, joilla voidaan vähentää ilma-alusten hiilidioksidipäästöjä, muita kaasupäästöjä ja melua. Ensimmäinen ohjelma, Clean Sky 1, toimi vuonna 2011–2017 tavoitteenaan vähentää lentokoneiden hiilidioksidipäästöjä 20–40 prosenttia, typen oksidien päästöjä 60 prosenttia ja melua 10 desibeliä vuoden 2000 teknologiseen tasoon verrattuna. Ohjelman arvioidaan johtaneen 32 prosentin hiilidioksidipäästöjen vähennykseen vuoden 2000 tasosta, mikä tarkoittaa jopa kuuden miljardin hiilidioksiditonnin päästövähennyksiä seuraavien 35 vuoden kuluessa. Jatkohanke Clean Sky 2 toteutetaan vuosina 2014–2024, noin 4 miljardin euron kokonaisbudjetilla. Tavoitteena on vähentää polttoaineenkulutusta ja sen hiilidioksidipäästöjä sekä melua, molempia 20–30 prosenttia vuonna 2014 käyttöön otettujen koneiden tasoihin verrattuna (Euroopan unioni 2017.). Näitä tavoitteita lähestytään tutkimalla ja kehittämällä paitsi suuria lentokoneita pitkille matkoille, alueellisesti käytettäviä 90-paikkaisia potkuriturbiinikoneita, lentokoneiden runkoja, moottoreita ja muita osia kuten virranhallintaa, ohjaamoja, siipiä ja laskutelineitä (Trafi 2018c). Myös ekologisella suunnittelulla, kierrätettävyyden tehostamisella, hiilikuitu- ja komposiittimateriaalien sekä uusien tuotantoteknologioiden kuten 3D-tulostuksen käytöllä edistetään kehitystyötä. Arviolta noin 85–90 prosenttia lentokoneesta (painoprosentteina) on kierrätettävissä. (ATAG 2018a.)

<sup>9</sup> Joint Technology Initiative, jossa toteutetaan vaativia tutkimus- ja kehitysohjelmia julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyönä eli Public Private Partnership- hankintamallina.

## 4.2.2 Sähkölentokoneet

Ensimmäinen miehitetty lento akkukäyttöisellä lentokoneella suoritettiin vuonna 1973. Akkuteknologioihin tai aurinkoenergian hyödyntämiseen perustuvia koneita on kehitetty etenkin viime vuosikymmenen aikana aktiivisesti litium-ioni-akkujen kehittymisen myötä. (Urs & Vezzini 2015). Pienkoneilla testilentoja on jo tehty: Vuonna 2010 lennettiin ensilento miehitetyllä aurinkovoimalla toimivalla koneella ja nelimoottorisella taitolentokoneella (Tekniikka&Talous 2010a; 2010b). Suuremman kokoluokan koneissa tarvittaisiin energian tuottamiseksi niin suurikokoiset akut, ettei lentäminen olisi tehokasta. Esimerkiksi litium-ioni-akkujen maksimienergiatiheys nyky suunnittelulla on noin kaksi miljoonaa joulea kilogrammaa kohti, kun lentopolttoaineiden energiatiheys on 43 miljoonaa joulea per kilogramma. Nyt kehitteillä olevien akkuteknologioiden, kuten sinkki-ilma-akkujen, energiatheydet eivät ole litium-ioniakkuja parempia, joten suuret koneet käyttävät todennäköisesti jatkossakin hiilivetyjä polttoainetta. (House 2009.)

Pohjoismaissa ensimmäinen koelento kaupallisella sähkömoottorikoneella lennettiin kesäkuussa 2018 Norjassa, ja Suomessakin päästiin heinäkuun lopussa neitsytlenolle (Helsingin Sanomat 2018b). Kaksipaikkainen sähkömoottorikone kuluttaa sähköä suunnilleen saman verran kuin pieni sähköauto ja lentoaikaa on noin tunti. Sähkökäyttöisiä pienkoneita on jo olemassa, ja useat lentokonevalmistajat kuten Airbus, Eviation Aircraft Zunum Aero, Pipistrel Aircraft ja Wright Electric ovat kehittämässä sähkökäyttöisiä matkustajalentokoneita (CNN 2017). Airbus ja Boeing ovat kehittämässä hybridimoottorilla toimivia matkustajalentokoneita, tavoitteenaan saada ne markkinoille 2020-luvulla. Norjalaisten tavoitteena on tehdä matkustajalentoja sähkölentokoneilla jo vuonna 2025 ja saada koko maan sisäinen lentoliikenne täysin sähköiseksi vuoteen 2040 mennessä. (Helsingin Sanomat 2018b.)

## 4.2.3 Kerosiinille vaihtoehtoiset lentopolttoaineet

Lentokoneiden suihkumoottoreissa käytetään polttoaineena raakaöljystä jalostettavaa lentopetrolia eli kerosiinia, joiden yleisimmin kaupallisilla lennoilla käytettyjä laatuja kutsutaan nimillä Jet A ja Jet A-1. Vuonna 2017 kaupalliset lentoalan toimijat käyttivät 275 miljoonaa tonnia lentopolttoaineita, joka vastaa noin 10 prosenttia maailman nestemäisten polttoaineiden kulutuksesta (ATAG 2018a). Uusiutuvista raaka-aineista valmistettuja lentopolttoaineita pidetään tärkeänä keinona päästöjen vähentämisessä ja energialähteiden sekä omaenergiavaraisuuden laajentamisessa (EASA ym. 2016). ICAO:n määritelmän mukaan vaihtoehtoinen polttoaine (alternative fuel) on ”mikä tahansa polttoaine, jolla on potentiaalia tuottaa vähemmän hiilidioksidipäästöjä elinkaaripohjaisesti verrattuna perinteiseen kerosiiniin”. Lentola haluaa käyttää termiä kestävä lentopolttoaine (SAF), sillä uusiutuvat lentopolttoaineet aiotaan valmistaa kestävä kehityksen periaatteet huomioiden. Tällöin raaka-aineina ei käytetä syötäväksi kelpaavia viljoja tai muita niin sanottuja ensimmäisen sukupolven biopolttoaineissa käytettyjä raaka-aineita, ja myös epäsuorat maankäytön muutokset (ILUC) halutaan välttää. Näin ollen rajaudutaan käytännössä jäte- ja tähderaaka-aineiden sekä muiden maankäytön muutosvaikutuksiltaan vähäisempien raaka-aineiden käyttöön. Myöskään biopolttoaine-termiä ei haluta lentolalla käyttää, sillä esimerkiksi jätemateriaaleista valmistetut polttoaineet eivät välttämättä ole bioperäisiä. Vaihtoehtoisten ja niin sanottujen kehittyneiden tai uuden sukupolven polttoaineiden raaka-aineita ovat muun muassa:

- (kasvi- tai eläinperäinen) ruokaöljyjäte,
- kasviöljyt,
- öljykasvit kuten *Carinata* eli Etiopiansinappi ja *Camelina* eli ruistankio tai kitupellava,
- suolakkokasvit eli halofyytit, levät,
- yhdyskuntajäte,
- jätteenkaasut ja
- maatalousjätteet.

Uusiutuvaa polttoainetta (SAF-polttoainetta) käyttämällä voidaan päästä jopa 80 prosentin vähennykseen elinkaarisissa hiilidioksidipäästöissä fossiiliseen kerosiiniin verrattuna. Uusiutuvat polttoainekom-

ponentit sekoitetaan fossiiliseen lentokerosiiniin, ja näin syntyneitä drop-in polttoainetta voidaan käyttää nykyisissä koneissa ilman teknisiä muutostarpeita koneeseen tai sen moottoreihin. Tällä hetkellä standardit mahdollistavat korkeintaan 50 prosentin seossuhteen. (ATAG 2017.)

Vaihtoehtoisille polttoaineille on asetettu erilaisia teknisiä ja laadullisia vaatimuksia esimerkiksi EU:n uusiutuvan energian direktiivissä (RED), ASTM Internationalin mukaisissa tuotestandeissa, sekä ISCC:n (International Sustainability & Carbon Certification) ja RSB:n (Roundtable on Sustainable Biomaterials) kestävyyssertifikaateissa. Uusiutuville lentopolttoaineille on tällä hetkellä olemassa viisi ASTM:n hyväksymää tuotantoreittiä (taulukko 7), mukaan lukien vetykäsittelyt kasviöljyt ja rasvahapot (HVO, HEFA) ja Fischer-Tropsch-synteesi (ATAG 2017). Useita menetelmiä on lisäksi hyväksymisprosessissa, joka saattaa kestää vuosia laajojen testausten ja tarkastelujen vuoksi.

Taulukko 7. Kerosiinille vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden tuotantoreitit. Lähde: ATAG 2018c.

Tuotantoreitti	Raaka-aine	Sekoitus-suhteen yläraja	Milloin tuotantoreitti on hyväksytty
<b>Fischer-Tropsch synteettinen parafiininen kerosiini (FT-SPK)</b>	Biomassa (metsätähteet, ruohot, yhdyskuntajäte)	50 %	2009
<b>Vetykäsittelyt esterit ja rasvahapot (HEFA-SPK)</b>	Öljyä sisältävät biomassat, esim. levät, jatropha, camelina, carinata	50 %	2011
<b>Vetykäsittelyt fermentoidut sokerit synteettiseksi isoparafiiniksi (HSF-SIP)</b>	Sokereiden mikrobiininen käsittely hiilivedyiksi	10 %	2014
<b>FT-SPK aromaattisten hiilivetyjen kanssa (FT-SPK/A)</b>	Uusiutuvat biomassat kuten yhdyskuntajäte, maatalouden ja metsätalouden sivuvirrat, puu ja energiakasvit	50 %	2015
<b>Alkoholipohjainen reitti synteettiseksi parafiiniseksi kerosiiniksi (ATJ-SPK)</b>	Maatalouden jätteet (oljet, ruohot, metsätähteet)	isobutanolireitti 30 % etanolireitti 50 %	2016 2018

Uusiutuvien polttoaineiden tuotantoa tutkitaan myös niin sanotun sähköpolttoainereitin (Powers-to-Liquids, PtL) kautta. Tällöin nestemäisiä hiilivetyjä tuotetaan käyttäen lähtöaineina uusiutuvaa sähköä, hiilidioksidia ja vettä. Prosessissa on kolme päävaihetta: ensin tuotetaan vetyä hajottamalla vettä sähkökemiallisesti (elektrolyysin avulla) uusiutuvan sähkön avulla, sitten otetaan talteen hiilidioksidia ja lopuksi vedystä ja hiilidioksidista tuotetaan nestemäisiä hiilivetyjä, jotka jalostetaan edelleen polttoaineiksi. Fischer-Tropsch-synteesi ja metanolisynteesi ovat käytössä näissä prosesseissa. Muun muassa veden ja maa-alan tarve on vähäisempi muiden lentopolttoaineiden tuotantoon verrattuna, mutta tuotanto on kallista eikä sitä ole vielä toteutettu teollisessa mittakaavassa. (Schmidt & Weindorf 2016.)

Uusiutuvaa lentopolttoaineseosta käytettiin ensimmäistä kertaa kaupallisella reittilennolla Lontoosta Amsterdamiin vuonna 2008. Finnair testasi uusiutuvaa lentopolttoainetta ensimmäisten lentoyhtiöiden joukossa vuonna 2011 ja osallistui vuonna 2014 YK:n ilmastokokoukseen liittyvään tempaukseen käyttäen Helsinki-New York -reitillä kokonaispolttoaineen määrästä 10 prosenttia uusiutuvaa polttoainetta. (ATAG 2018d.) Vuonna 2017 tuotettiin noin 290 miljardia kiloa (363 miljardia litraa) fossiilipohjaista lentopolttoainetta sekä noin 20 miljoonaa kiloa (25 miljoonaa litraa) uusiutuvista raaka-aineista valmistettua lentopolttoainetta (Neste 2018b). Syyskuussa 2018 uusiutuvaa polttoainetta on käytetty noin 145 000 lennolla, ja uusiutuvia polttoaineita on jatkuvassa jakelussa viidellä lentokentällä: Oslossa, Tukholmassa, Bergenissä, Los Angelesissa ja Brisbanessa. Näiden edelläkävijöiden lisäksi muutamat lentoyhtiöt ja lentokentät ovat julkistaneet sopimuksia kestävien lentopolttoaineiden käytön lisäämiseksi tulevaisuudessa (ATAG 2018c).

Uusiutuvia lentopolttoaineita on jo saatavana kaupallisia määriä ja Neste suunnittelee tuotannon lisäämistä merkittäviin määriin seuraavien vuosien aikana. Perinteiselle kerosiinille vaihtoehtoisten lentopolttonesteiden hinta on kuitenkin vielä noin 3–4-kertainen verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin. Kalliimpi hinta johtuu Nesteen mukaan muun muassa merkittävästi raakaöljyä kalliimmista uusiutuvista raaka-aineista. Hintakysymyksen lisäksi myös vaihtoehtoisten polttoaineiden raaka-aineiden kestävä saatavuus, jakelun logistiikka sekä hallittu ja tehokas sekoittaminen fossiilisen polttoaineen kanssa ovat laajamittaisen käytön haasteina tällä hetkellä (ATAG 2017).

EU:n uusiutuvan energian direktiiviä (Renewable Energy Directive, RED) ollaan päivittämässä, ja uudessa vuosia 2021–2030 koskevassa direktiivissä (RED II) ollaan asettamassa liikenteen polttoaineiden uusiutuvien komponenttien jakeluvolvoitteeksi yhteensä vähintään 1,5 prosentin osuus polttoaineen energiasisällöstä vuonna 2021 ja 6,8 prosentin osuus vuonna 2030. Kestävästi tuotettujen vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden osalta tämän velvoitteen täyttämiseksi voidaan käyttää kerrointa 1,2 polttoaineen energiasisällöstä. Myös kansainvälistä lentoliikennettä koskevaan hyvitysjärjestelmä CORSIAan (lisätietoja luvussa 4.4.2) ollaan sisällyttämässä lentoyhtiöille etuja SAF-polttoaineiden käytölle. Vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden käyttöä tukevaa lainsäädäntöä ei vielä ole laajasti käytössä, toisin kuin maantieliikenteessä käytettävillä uusiutuvilla polttoaineilla. Norja päätti vastikään ensimmäisenä valtiona tällaisen ohjausvelvoitteen käyttöönotosta: tammikuusta 2020 alkaen puoli prosenttia vuosittaisesta lentopolttoaineiden myynnistä tulee olla kestävästi tuotettua biopolttoainetta (BBI International 2018). Myös Kaliforniassa käytössä oleva LCFS (Low-Carbon Fuel Standard) hyväksyy uusiutuvat lentopolttoaineet vuoden 2019 alusta lähtien.

Lentoalan tavoitteena on saavuttaa miljoonan uusiutuvaa polttoainetta hyödyntäneen lennon raja vuonna 2020 (IATA 2018a). Vuonna 2025 on arvioitu olevan mahdollista kattaa vaihtoehtoisilla lentopolttoaineilla kaksi prosenttia alan kokonaispolttoainetarpeesta (ATAG 2018d). EU:n tavoite on saavuttaa 40 prosentin biopolttoaineosuus vuoteen 2050 mennessä. De Jong ym. (2016) esittämän arvion mukaan uusiutuvien lentopolttoaineiden tuotantokapasiteetti Euroopassa vuonna 2030 voisi olla 3,4 miljoonaa tonnia (4,3 miljoonaa litraa) vuodessa ja tämä polttoaine olisi litrahinnaltaan noin 80 senttiä kalliimpaa verrattuna perinteiseen lentopolttoaineeseen. Heidän mukaansa noin 1–4 euron lisämaksu per matkustaja (riippuen otetaanko huomioon kaikki lennot vai ainoastaan kansalliset lennot) riittäisi rahoittamaan viiden prosentin käyttöosuuden uusiutuville polttoaineille Euroopan lentopolttoaineiden käyttöä vuonna 2030.

Suomessa Finavia, Finnair ja Neste ovat arvioineet yhdessä Liikenne- ja viestintäministeriön kanssa mahdollisuutta vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelulle Helsinki-Vantaan lentoasemalla niin sanotun Green Hubin perustamisen kautta. Green Hub on mainittu myös Suomen lentoliikennestrategiassa (Liikenne- ja viestintäministeriö 2015), mutta asia on edelleen selvityksen alla.

## 4.3 Operatiiviset keinot

### 4.3.1 Lennohjaus ja reittien optimointi

Lennohjoilla ja lentoasemilla on välillinen rooli lentoliikenteen polttoaineen kulutuksen ja päästöjen minimoinnissa. Lentokenttien ruuhkautuminen vähentää lentokoneiden tehokkuutta ja lisää päästöjä, kun ne joutuvat odottamaan vuoroaan ja koneiden rullausajat kentällä pitenevät. Yhteistoiminnallinen päätöksenteko (Collaborative Decision Making, CDM) lentoasemalla eri toimijoiden välillä parantaa tiedonkulkua ja lyhentää koneiden rullaus- ja odotusaikoja, kun koneet voivat odottaa lähtölupaa portilla rullauksien sijasta. Tämä säästää polttoaineen kulutusta ja päästöjä. Helsinki-Vantaalla CDM:n avulla saatavan vuosittaisen päästövähennyksen arvioidaan olevan 2000 hiilidioksiditonnia (Trafi 2018c). Melua voidaan vähentää konekannan uusimisen lisäksi myös kiitoteiden käyttötapojen ohjauksella, lento-ohjelmien ja laskeutumismenetelmien suunnittelulla ja asettamalla rajoituksia koneiden melutasoista tiettyjen reittien käytössä (Finavia 2017).

Ilmatilan suunnittelussa ja käytössä tehostamisen kohteita ovat polttoainetehokkaiden reittien optimointi, esimerkiksi mahdollisimman lyhyet rullausmatkat lentokentillä, taloudellisuus lentokorkeuksien ja -nopeuden valinnassa sekä koneiden täyttöasteen maksimointi (ICAO 2016b). Operatiivisin keinoin voidaan vähentää päästöjä muun muassa lentonopeuksia säätämällä (hitaampi lentonopeus vähentää polttoaineen kulutusta), käyttämällä melua ja päästöjä vähentäviä laskeutumistapoja, rullaamalla yhdellä moottorilla, ja etsimällä optimaalisia lentopintoja ilmasta (Tekniikka&Talous 2009). Niin sanotussa jatkuvan liu'un lähestymismenetelmässä (Continuous Descent Approach, CDA tai Continuous Descent Operations, CDO) koneen tehonkäyttö ja nopeuden hidastuminen optimoidaan niin, että koneen korkeus vähenee jatkuvasti vaakalentovaihetta välttämällä (Finavia 2017). Esimerkiksi kapearunkoisen lentokoneen jatkuvan liu'un laskeutuminen Helsinki-Vantaan lentoasemalla voi säästää polttoainetta noin 100 kilogrammaa, joka vastaa noin 315 kilogramman hiilidioksidipäästöjä. Vuosittainen CDO:n tuoma päästövähenemä Helsinki-Vantaalla on noin 13 000 hiilidioksiditonnia (Trafi 2018c).

Yhtenäinen eurooppalainen ilmatila -hanke (Single European Sky, SES) on EU:n komission käynnistämä lainsäädännöllinen aloite, jonka avulla pyritään kehittämään Euroopan ilmatilan hallintaa ja tehokkuutta. Tavoitteena on lisätä ilmatilan kapasiteettia ja turvallisuutta sekä vähentää viivästyksiä, ympäristövaikutuksia ja ilmatilan hallinnan kustannuksia (SESARJU 2018). EU-jäsenvaltiot ovat veloitettuja luomaan ylikansallisia toiminnallisia ilmatilalohkoja, joiden avulla laajennetaan ilmatilan hallintaa ja lennonvarmistuksen yhteistoimintaa kansallisten valtorajojen ylitse (Trafi 2014). Euroopan laajuinen ilmatilan hallinnan suunnitelma (European ATM Master Plan) vuodelta 2015 ohjaa myös toimintaa. Tavoitteiden saavuttamiseksi perustettiin lisäksi Euroopan neuvoston asetuksella (EY 2007/219) tutkimus- ja kehitystyön yhteishanke SESAR (Single European Sky Air traffic management Research) vuonna 2007. Toiminta alkoi SESAR 1-hankkeena (2008–2016), joka sisälsi muun muassa yli 400 projektia ja 30 000 testilentoa, tuottaen yli 90 teollista prototyyppiä ja yli 60 uutta tai parannettua teknistä tai toiminnallista ratkaisua. SESAR2020-jatkohanketta toteutetaan yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyönä vuoteen 2024 saakka. (Euroopan unioni 2018.)

Suomi toimii osaltaan ympäristövaikutusten vähentämisessä muun muassa edistämällä ilmatilan tehokasta käyttöä ja lentokoneiden modernisointia. Suomen kansallisen ilmatilan rakennetta uusittiin vuonna 2014, ja ilmatilan hallinta on hyvin tehokasta. Pyrkimyksenä on myös tuoda markkinoille uusia ja puhtaampia teknologioita ja älykkäitä liikkumisen ratkaisuja. (Trafi 2018c.)

#### 4.3.2 Lentoasemien hiilidioksidipäästöjen hallintaohjelma ja hiilineutraalius

Hiilineutraalin lentoaseman hiilidioksidipäästöt ovat laskennallisesti nolla. Euroopan lentoasemien kattojärjestö ACI ylläpitää kansainvälistä lentokenttien hiilidioksidipäästöjen hallintaohjelmaa (Airport Carbon Accreditation, ACA). Vuonna 2009 perustetussa ohjelmassa on neljä tasoa:

- 1) **Hiilijalanjäljen kartoitus (mapping)**, jossa määritetään toiminnalliset rajat (operational boundary) ja päästölähteet Kasvihuonekaasuprotokollan (Greenhouse Gas Protocol) Scope-luokkien 1 ja 2 mukaisesti (eli suorat kasvihuonekaasupäästöt ja epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt sähkön, lämmön ja höyryn osalta). Sitten kerätään data, lasketaan vuosittaiset päästöt ja raportoidaan ne. Laskennan tulee olla ISO 14064 -standardin mukainen ja akkreditoinnin vaatimukset täyttävä. Kolmas osapuoli verifioi raportin.
- 2) **Hiilijalanjäljen pienentäminen (reduction)** sisältää tavoitteenasettelun, päästöjen vähentämisen ja osoituksen päästöjen vähenemisestä seuraamalla päästöjä jatkuvasti. Käytössä olevia toimia ovat muun muassa energian käytön vähentäminen, uusiutuvan energian käyttö ja vaihtoehtoiset polttoaineet lentokenttäajoneuvoissa (sähkö, hybridit, vety, nestekaasu ym.).
- 3) **Optimointi (optimisation)** vaatii myös kolmannen osapuolen (lento-yhtiöt, ja muut toimijat sekä palveluntarjoajat lentokentällä) sitoutumisen hiilijalanjäljen pienentämiseen. Lisäksi hiilijalanjälki tulee laajentaa myös Scope-luokkaan 3 (muut epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt, mu-

kaan lukien henkilöstön työmatkapäästöt, matkustajien ja henkilöstön liikkuminen lentokentälle, lentokoneiden laskeutumisen ja nousun aiheuttamat päästöt).

- 4) **Neutraalisuus (neutrality)**, joka saavutetaan kompensoimalla jäljelle jääneet suorat ja epäsuorat päästöt (Scope-luokat 1 ja 2) tiettyjen kansainvälisten kompensointikeinojen avulla.

Hiilineutraaleille lentoasemille myönnetään ACA-sertifikaatti. Tällä hetkellä akkreditoituja lentoasemia on 236, joista yli puolet sijaitsee Euroopassa. Hiilineutraaleja lentoasemia näistä on 48 (ACI Europe 2018.). Helsinki-Vantaan lentoasema sai ACA-sertifikaatin elokuussa 2017. Finavian tavoitteena on sertifioida myös Lapin lentoasemat sekä tehdä sertifiointiohjelman ulkopuolella toimenpiteitä niin, että muillakin lentoasemilla operoidaan hiilineutraalisti (Finavia 2018h). Euroopan lentoasemien kattojärjestö ACI Europe:n tavoitteena on sata hiilineutraalia lentoasemaa Euroopassa vuoteen 2030 mennessä (Finavia 2018i).

## 4.4 Taloudelliset ohjaukeinot

### 4.4.1 Lentoliikenteen päästökauppa Euroopassa

Vuodesta 2005 saakka toiminut EU:n päästökauppajärjestelmä (European Union Emissions Trading System, EU ETS) on yksi Euroopan unionin pääkeinoista saavuttaa vuoteen 2030 mennessä 40 prosentin päästövähennystavoite vuoden 1990 hiilidioksidipäästöjen tasosta. Päästökauppajärjestelmän piiriin kuuluvat Euroopan unionin 28 jäsenvaltion lisäksi Islanti, Liechtenstein ja Norja, ja näiden 31 valtion yhteensä noin 12 000 energiantuotanto- ja teollisuuslaitosta sekä noin 500 kaupallista ja ei-kaupallista lentoyhtiötä. Järjestelmä kattaa noin puolet EU:n hiilidioksidipäästöistä. Muu liikenne, maatalous ja jätehuolto eivät kuulu päästökaupan piiriin, joten järjestelmä kattaa noin puolet EU:n hiilidioksidipäästöistä. (Trafi 2018b.) Päästökauppajärjestelmä jakaantuu eri ajanjaksoihin, joille sovitaan päästökiintiö. Päästöoikeuksia jaetaan kiintiöstä osin ilmaiseksi ja osin huutokaupan kautta. Päästöoikeuksia tarkastellaan vuositasolla. Nykyinen päästökauppa on voimassa vuoteen 2020 saakka. Seuraavalle kaudelle (2021–2030) päästöoikeuksien kokonaismäärä tulee olemaan noin 15,5 miljardia hiilidioksiditonnia. (Ritonummi 2018.)

Euroopan talousalueella (ETA) tapahtuva lentoliikenne on kuulunut päästökaupan piiriin vuodesta 2012 lähtien.<sup>10</sup> Vuosien 2013–2023 välillä päästökaupan piirissä ovat vain ETA:n sisällä sijaitsevien lentoasemien väliset lennot. Jokaisen päästökaupan piiriin kuuluvan lentoyhtiön on laadittava tarkkailusuunnitelma siihen liittyvine dokumentaatioineen (EEA 2017). Lentoyhtiöiden on monitoroitava ja raportoitava talousalueella sijaitsevien lentoasemien välisillä lennoilla vuosittain syntyvät hiilidioksidipäästöt. Järjestelmään kuuluvien yritysten on hankittava päästöjään vastaava määrä päästöoikeuksia. Päästöoikeuden yksikkö on hiilidioksiditonni, jonka hinta määräytyy huutokaupan tapaan senhetkisen kysynnän ja tarjonnan mukaan. Esimerkiksi vuonna 2017 hinta oli noin seitsemän euroa hiilidioksiditonnilta, mutta tänä vuonna hinta on noussut moninkertaisesti, ollen syyskuussa 2018 noin 20 euroa hiilidioksiditonnilta (Insider Inc. & finanzen.net GmbH 2018). Suomen osalta lentoliikenteen päästökaupan toimeenpanosta vastaa Trafi.

Lentoalan osalta 82 prosenttia päästöoikeuksista jaetaan lentoyhtiöille ilmaiseksi<sup>11</sup>, 15 prosenttia huutokaupataan ja kolme prosenttia pidetään erityisvarannossa jaettavana nopeasti kasvaville ja uusille

<sup>10</sup> Lentoliikenteen päästökauppa kattoi alkaessaan myös ETA:n ja kolmansien maiden väliset lennot, mutta poliittisen vastustuksen vuoksi päästökauppa ei ole toiminut alun perin suunnitellussa laajuudessaan.

<sup>11</sup> Jaettavien päästöoikeuksien määrä perustuu EU-tasolla vuonna 2010 lennettyjen tonnikipometrien mukaan tehtävään vertailuun. Käytännössä 82 prosenttia vastaava päästöoikeuksien lukumäärä jaetaan ilma-alusten käyttäjien (esimerkiksi lentoyhtiön) vuoden 2010 ilmoittamien tonnikipometritietojen summalla. Tällöin saadaan vertailulu-

lentoyhtiöille. Tällä hetkellä päästökauppajärjestelmä toimii lentoliikenteen osalta puoliavoimena järjestelmänä, jolloin lentoyhtiöt voivat käyttää kiinteiden laitosten päästöoikeuksia omien velvoitteidensa täyttämiseen, mutta kiinteät laitokset eivät voi hyödyntää lentoliikenteelle varattuja päästöoikeuksia. Vuodesta 2021 lähtien tämäkin on mahdollista.

Vuonna 2017 lentoliikenteen raportoidut päästökaupan päästöt olivat 64,2 miljoonaa tonnia hiilidioksidia (Euroopan komissio 2018a), kun Suomelle raportoidut lentoliikenteen päästökaupan päästöt olivat 1,05 miljoonaa tonnia (Trafi 2018f). On syytä huomioda, että päästökauppaan liittyvät päästöt eivät kuvaa suoraan Suomen lentoliikenteen päästöjä, vaan Suomen hallinnoimaksi asetettujen lentoyhtiöiden ilmoittamia päästökaupan piiriin kuuluvia päästöjä kyseiseltä vuodelta.

Vuonna 2017 seitsemän suurimman lentoyhtiön osuus lentoliikenteen päästökauppajärjestelmän päästöistä oli 44 prosenttia (noin 28 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia). Halpalentoyhtiöt olivat suurimpia päästäjiä: Ryanairin osuus oli 9,2 miljoonaa tonnia eli noin 14 prosenttia ja EasyJetin 5,4 miljoonaa tonnia eli noin kahdeksan prosenttia. Päästökauppaan liittyen kaikkiaan 32,7 miljoonaa päästöyksikköä (eli hiilidioksiditonnia) jaettiin ilmaiseksi ja 4,7 miljoonaa päästöyksikköä huutokaupattiin. Lentoyhtiöt joutuivat ostamaan loput eli noin 49 prosenttia päästöyksiköistä (26,7 miljoonaa hiilidioksiditonnia) kiinteiden laitosten päästökauppamarkkinoilta. Vuonna 2017 yhden päästöyksikön arvo oli keskimäärin 7,2 euroa, joten päästöoikeudet maksoivat yhteensä 192 miljoonaa euroa. (EEA 2018.) Finnair maksoi vuodelta 2017 päästökauppaan 3,5 miljoonaa euroa. Koska järjestelmä tiukkenee ja päästöoikeuksien hinta on noussut, yhtiö arvelee summan vuodelle 2018 olevan 11 miljoonaa euroa (Finnair 2018c). Euroopan komission mukaan päästökaupan avulla on saavutettu noin 100 miljoonan hiilidioksiditonnin päästövähennyksiä tai kompensaatiot vuosina 2012–2018, eli noin 17 miljoonan hiilidioksiditonnin vuosittainen vähenemä (Euroopan komissio 2018a).

Päästökauppajärjestelmää koskeva direktiivi on nykyisessä muodossaan voimassa vuoteen 2020 saakka. Muutoksia on tulossa myös markkinavakausvarannon käynnistyessä vuonna 2019. Sen avulla huutokaupattavien päästöoikeuksien määrää voidaan poistaa tai palauttaa markkinoiden merkittävässä yli- tai alitarjontatilanteissa ja näin parantaa päästökauppajärjestelmän toimintaa. (Ritnummi 2018.)

Seuraavassa alaluvussa esitellyn päästöhyvitysjärjestelmä CORSIAN myötä lentoliikenteen tilanne päästökauppajärjestelmässä tulee uudelleenarvioitavaksi. EU:n päästökauppajärjestelmä joko säädetään CORSIAN kanssa yhteensopivaksi, tai mikäli päästökaupasta ei koeta CORSIAN kautta riittäväksi, päästökauppajärjestelmä palautetaan täysimittaiseksi eli koskemaan myös Euroopan ulkopuolelle suuntautuvia lentoja (Euroopan komissio 2018b).

#### 4.4.2 Päästöhyvitysjärjestelmä CORSIA

ICAO:n jäsenvaltioiden yhteisesti asettamana tavoitteena on, että kansainvälisen lentoliikenteen nettopäästöt eivät kasvaisi enää vuodesta 2020 alkaen. Käytännössä alan kasvu on kuitenkin niin suurta, että eivät nykyiset tekniset vähennyskeinot riitä päästöjen kasvun hillitsemiseen. Vuonna 2016 ICAO:n yleiskokouksessa sovittiin CORSIA-sopimuksesta (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation), ja kesällä 2018 ICAO:n neuvosto hyväksyi CORSIAN mukaan kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimukseen. Tämän maailmanlaajuisen markkinapohjaisen päästöhyvitysjärjestelmän tavoitteena on alan hiilineutraali kasvu vuodesta 2020 lähtien. Kyseessä on ensimmäinen liikenteen tai teollisuuden toimialakohtainen maailmanlaajuinen järjestelmä hiilidioksidipäästöjen hallintaan. CORSIAN ideana on, että lentoliikenteen päästötaso selvitetään ensin lentojen aiheuttamien päästöjen keskiarvona vuosilta 2019–2020. Tämän vertailukohdan ylittävät päästöt kompensoidaan seuraavina vuosi-

---

ku, jolla kunkin ilma-aluksen käyttäjän vuoden 2010 tonnikilometritiedot kerrotaan. Maksutta jaettavat päästöoikeudet eivät siis vastaa 82 prosenttia lentoyhtiön nykyään tarvitsemista päästöoikeuksista, vaan luku jää käytännössä alhaisemmaksi.

na ostamalla päästöyksiköitä lentoliikenteen ulkopuolisilta sektoreilta. ICAO laatii ohjeet päästöjen tarkkailua, raportointia ja todentamista varten sekä standardit ja ohjeet ostettavien päästöyksiköiden kriteereihin liittyen.

Taulukkoon 8 on koottu tietoja Euroopan Unionin päästökaupasta ja CORSIA-sopimuksesta. Päästöjen seuraamiseksi kaikkien ICAOn jäsenvaltioihin (192 eli lähes kaikki maailman valtiot) kuuluvien kansainvälisiä lentoja operoivien lentoyhtiöiden tulee siis monitoroida ja raportoida kansainvälisten lentojensa hiilidioksidipäästöt vuosittain 2019–2035, riippumatta kuuluuko CORSIAan vai ei. Lentoyhtiöt määrittävät päästönsä lähinnä lentokoneiden polttoaineenkulutukseen perustuen ja ICAO laskee tietojen perusteella kansainvälisen lentoliikenteen kasvulle kertoimen. Päästöjen jäädessä vuoden aikana alle 10 000 hiilidioksiditonniin tai koneen suurimman sallitun lentoonlähtömassan ollessa enintään 5700 kilogrammaa<sup>12</sup>, lentoyhtiön ei tarvitse ilmoittaa tietoja. Samoin humanitäärisiin ja pelastustehtäviin liittyvät lennot on vapautettu järjestelmästä, kuten myös kotimaan lentojen päästölaskennassa on totuttu. Tarvittavat päästöhyvytykset määräytyvät kertomalla lentoyhtiön päästö kasvukertoimella. Näin on tarkoitus jatkaa järjestelmän alkuaika, kunnes vuodesta 2030 lähtien lentoyhtiöiden omat kasvukertoimet alkavat vaikuttaa päästöhyvitysten laskentaan yhä suuremmalla painoarvolla (vähintään 20 prosenttia vuosina 2030–2032 ja vähintään 70 prosenttia vuosina 2033–2035. (ICAO 2018c.)

Taulukko 8. Tietoa EU:n päästökauppajärjestelmästä ja CORSIAsta.

Raportointijärjestelmä	Mitä lentoja ja lennon osia huomioidaan	Mitä päästöjä huomioidaan ja miten ne raportoidaan	Muita huomioita
<b>EU:n päästökauppa</b> (Trafi 2018b)	Vuosina 2013–2023 päästökauppa koskee pelkästään Euroopan talousalueella sijaitsevien lentoasemien välisiä lentoja. Kaikki lennon vaiheet sekä lisävoiman käytön (APU) päästöt huomioidaan. Sairaankuljetus, tutkimus-, palo- ja pelastustehtäviin liittyvät, ilmailu-, tullin ja poliisin tekemät sekä humanitääriset lennot jätetään huomiotta. Samoin valtion päämiesten ja ministereiden lennot ja lennot koneilla, joiden suurin sallittu lentoonlähtömassa on alle 5700 kg.	<b>Hiilidioksidi. Biopolttoaineiden osuus voidaan myös huomioida päästöjen laskennassa.</b> Ilma-aluksen käyttäjän tulee toimittaa vuosittain 31.3. mennessä Trafille raportti edellisen vuoden hiilidioksidipäästöistä. Raportin tulee sisältää päästötiedot kaikilta ilma-aluksen käyttäjän operoimilta päästökauppaan kuuluvilta lennoilta, ja olla itsenäisen ja hyväksytyt todentajan todentama. Jos ilma-alusten käyttäjille maksutta jaettujen päästöoikeuksien määrä ylittyy, niitä on ostettava lisää huutokaupalla.	”Pienpäästäjä” (small emitter) jos alle 243 lentoa kolmen peräkkäisen neljän kuukauden jakson aikana tai alle 25 000 t CO <sub>2</sub> vuosipäästöt. Tällöin keveämpi raportointi. Alle 1000 t CO <sub>2</sub> päästöt vuodessa (ei-kaupallinen toimija) sekä alle 10 000 t CO <sub>2</sub> vuodessa tai alle 243 lentoa kolmen peräkkäisen neljän kuukauden aikana (kaupallinen toimija) on vapautettu päästökaupasta.
<b>CORSIA</b> (ICAO 2018d)	Päästöjen laskennan osalta kaikki kansainvälinen lentoliikenne huomioidaan. Hyvitettävien päästöjen osalta tarkastellaan järjestelmässä mukana olevien valtioiden välisiä lentoja reittiperusteisesti. Sairaankuljetus, tutkimus-, palo- ja pelastustehtäviin liittyvät ym. lennot jätetään huomiotta kuten päästökaupassakin.	<b>Hiilidioksidi</b> Lentoyhtiöiden tulee raportoida lennoista aiheutuvat päästöt tulee vuodesta 2019 lähtien. Hyvitysjärjestelmä on vapaaehtoinen vuosien 2021–2026 aikana ja pakollinen vuodesta 2027 alkaen.	CORSIAsta on vapautettu lentoyhtiöt, joiden kansainvälisten lentojen hiilidioksidipäästöt ovat 10 000 CO <sub>2</sub> -tonnia vuodessa tai vähemmän sekä lentokoneet, joiden suurin sallittu lentoonlähtömassa on alle 5700 kg.

Päästötason selvittämisen jälkeen itse päästöhyvitysjärjestelmä jakautuu kolmeen vaiheeseen: pilotivaihe vuosina 2021–2023, ensimmäinen vaihe 2024–2026 ja toinen vaihe 2027–2035. Kaksi ensimmäistä vaihetta ovat vapaaehtoisia, mutta vuodesta 2027 alkaen järjestelmä on pakollinen kaikille ICAOn jäsenvaltioille muutamia erityistapauksia lukuun ottamatta. CORSIAan on ilmoittautunut

<sup>12</sup> Käytännössä kaikkien kaupallisten toimijoiden ja myös useimpien yksityiskoneiden lentoonlähtömassa ylittää 5700 kilogrammaa.

joulukuussa 2018 päivitetyn tiedon mukaan 77 valtiota, jotka kattavat noin 77 prosenttia kansainvälisestä lentoliikenteestä. (ICAO 2018d.)

ICAOn alustavan arvion mukaan CORSIAN kustannukset lentoyhtiöille olisivat 2 miljardia euroa vuonna 2025 ja 3,9 miljardia euroa vuonna 2030. Nämä summat vastaavat noin puolta prosenttia ja yhtä prosenttia alan liikevaihdosta (Liikenne- ja viestintäministeriö 2016.). IATA:n (2018c) arvion mukaan lentoala joutuisi hyvittämään kaikkiaan 2,6 miljardia hiilidioksiditonnia vuosina 2021–2035.

#### 4.4.3 Lentoliikenteen verotus

Lentoliikenteeseen liittyen verotuksen kohteena voivat olla matkustajat (ns. penkkimaksu), lennot, polttoaine, lentoliput sekä arvonlisävero (ALV) polttoaineista ja lentolipuista. Kansainvälisen lentoliikenteen käyttämä polttoaine on yleensä verotonta, pohjautuen vuonna 1944 tehtyyn lentoliikenteen sopimukseen (Chicago Convention on International Civil Aviation (Artikla 24)) ja Euroopan neuvoston direktiiviin (2003/96/EY). Myös Suomessa ilmailupolttoaineet (lentopetroli, lentobensiini tai muut ilmailussa käytettävät polttoaineet) ovat verottomia muussa kuin huvi-ilmailussa käytettynä (Verohallinto 2016).<sup>13</sup> Chicagon sopimus ja energiaverotuksen direktiivi (2003/96/EY) mahdollistavat kansainvälisillä lennoilla käytetyn kerosiinin verotuksen (kahdenvälisillä sopimuksilla toteutettuna) ja myös kotimaan lentojen osalta verotus on nykyään sallittua. EU-maat eivät kuitenkaan ole ottaneet veroa käyttöön. (Krenek & Schratzenstaller 2016.) Osa EU-maista perii arvonlisäveroa kotimaisista lentolipuista, usein alennetun verokannan muodossa. Suomessa ALV on henkilökuljetuksissa käytetty 10 prosenttia. Kansainvälisiltä lennoilta veroa ei peritä EU-maissa, mutta esimerkiksi Venäjällä myös ulkomaan lennoista maksetaan arvonlisävero.

Lentolippuihin kohdistuva verotus Euroopan valtioissa on ollut vaihtelevaa. Norjassa otettiin lentovero käyttöön tilauslentojen osalta jo vuonna 1978. Veron muoto ja määrä vaihteli vuosikymmenten aikana, ja se poistettiin suuren verouudistuksen myötä vuonna 2002. Lentovero otettiin kuitenkin Norjassa jälleen käyttöön vuonna 2016. Muualla Euroopassa lentoveroja on ollut käytössä muun muassa Maltalla (2001–2008), Tanskassa (2005–2007), Hollannissa (2008–2009) ja Irlannissa (2009–2014). Tanskassa ja Hollannissa vero poistettiin käytöstä melko pian, sillä matkustajat siirtyivät käyttämään naapurimaiden lentokenttiä veroa välttääkseen. Hollannissa lentovero vähensi Schipholin lentokentän matkustajamääriä 8 prosenttia, aiheuttaen maan taloudelle 1,3 miljardin euron menetetyt tulot (Grey 2016). Iso-Britanniassa vero on ollut käytössä jo vuodesta 1994 lähtien. Saarivaltiossa riski matkustajien siirtymisestä muille kentille on vähäinen. (Krenek & Schratzenstaller 2016.)

Tällä hetkellä erilaisin perustein asetettuja veroja peritään lentoliikenteeltä useissa Euroopan talousalueen valtioissa. Taulukkoon 9 on koottu esimerkkejä veroista. Verotus vaihtelee muun muassa lentoasemien, lentojen kohdemaiden ja lentoluokan mukaan ja joissakin tapauksissa veroihin kuuluvat myös paluulennot ja siirrot. Käytännössä lentoveron maksajia ovat joko matkustajat tai lentoyhtiöt, jotka voivat periä verot välillisesti matkustajilta lippuhintojen nostamalla. Lentoveroista saatavat tulot ohjautuvat yleensä valtion tuloiksi eivätkä ne tällöin ohjautu esimerkiksi lentämisestä aiheutuvien vaikutusten vähentämiseen. Ranskassa solidaarisuusvero ohjataan kansainväliseen HIV:n, AIDS:n, malarian ja tuberkuloosiin vähentämistyöhön ja Kreikassa maksut ohjataan lentokenttien infrastruktuurin kehittämiseen.

---

<sup>13</sup> Vertailun vuoksi mainittakoon, että esimerkiksi tieliikenteessä käytetyn bensiinin hinnassa pelkästään energiasäältä- ja hiilidioksidiveron osuus on Suomessa käytännössä useita kymmeniä prosentteja.

Taulukko 9. Esimerkkejä Euroopan talousalueella lentoliikenteeltä erilaisin perustein perittävistä veroista. Data: PricewaterhouseCoopers LLP 2017, FCC aviation 2018, Krenek & Schratzenstaller 2016.

Valtio	Veron nimi	Hinta	Huomioita
<b>Itävalta</b>	Lentoliikenteen kuljetusmaksu (Air Transport Levy)	Lyhyet lennot 3,5 € /keskipitkät 7,5 € / pitkät lennot 17,5 €	Hinnat puolitettiin vuoden 2018 alussa
<b>Ranska</b>	Siviili-ilmailuvero (Civil Aviation Tax)	EU: 4,52 € / Muut: 8,14 € economy-luokka: EU 1,13 / muut 4,51 € business-luokka 11,27 €	Ranskan alueelta lähteviltä kaupallisilta lennoilta, hinta määräytyy kohdekentän mukaan.
	Solidaarisuusvero (Solidarity Tax)	Lentokenttävero lähteille 7,40–14 €, sekä 1,25 € lisämaksu per matkustaja	Maksu vaihtelee lentoasemittain. Tuotto ohjataan HIV/AIDSin, malarian ja tuberkuloosin vähentämistyöhön.
	Fiscal Tax (Korsika)	4,57 €	
	Lentokenttävero (Airport tax)	11,50 € / 7,40–8,57 € / 14 € per matkustaja sekä lisämaksu 1,25 € luokasta riippumatta	Maksu vaihtelee lentoasemittain, vähäisen liikenteen asemilla ei maksua
	Meluvero (Noise tax)	2–35 € lähtökentästä, koneen lento-ohjelmasta ja melutasosta riippuen	Peritään Ranskan yhdeksältä vilkkaimmilta kentiltä lähteviltä lennoilta (operaattoreille)
<b>Saksa</b>	Lentovero (Aviation Tax)	EU: 7,46 / 23,31 / 41,97 €	Vero määräytyy etäisyyksien mukaan: EU/alle 6000 km/yli 6000 km
	Turvallisuusmaksu (Security Fee)	yli 2 eurosta 10 euroon	Turvatoimista aiheutuvien kustannusten korvaamiseksi yli 2-vuotiailta
<b>Italia</b>	Aero-taksimaksu (Aero Taxi Tax)	per matkustaja: 10 € alle 100 km, 100 € alle 1500 km, 200 € yli 1500 km	Vapautettu maksuista: Kaupalliset lennot, joille myydään paikkoja sekä yksityiset, ei-kaupalliset lennot
	Matkustajamaksu	Rooman läheisiltä kentiltä 10 €, muilta Italian kentiltä 9 €	
<b>Kreikka</b>	Matkustajamaksu (Passenger Fee)	Lähteille matkustajille 13 €	Maksut ohjataan lentokenttien infrastruktuurin kehittämiseen
<b>Norja</b>	Lentomatkustajavero (Air Passenger Tax)	83 NOK (9 €)	Hinta sama kaikille lennoille
<b>Ruotsi</b>	Lentovero (Aviation Tax)	EU: 60 SEK (6 €) / 250 SEK (25 €) / 400 SEK (40 €)	Vero määräytyy etäisyyksien mukaan: EU/alle 6000 km/yli 6000 km.
<b>Iso-Britannia</b>	Lentovero (Air Passenger Duty)	13 / 26 / 78 GBP eli 15 / 29 / 88 € 78 / 156 / 468 GBP eli 88 / 175 / 526 €	Hinta vaihtelee alueittain ja luokittain

Ruotsissa lentovero otettiin käyttöön huhtikuussa 2018. Ruotsissa lentovero on niin sanottu haittavero, jonka tavoitteena on vähentää lentomatkestamista ja välillisesti myös lentoliikenteen aiheuttamia päästöjä. Joulukuun 2018 tietojen mukaan lentovero saatetaan poistaa heinäkuun 2019 alusta alkaen Ruotsin budjettineuvotteluiden tuloksena (Expressen 2018). Ruotsin hallituksen muodostuksen myötä tilanne voi kuitenkin vielä muuttua. Suomessakin lentovero on herättänyt keskustelua: Helsingin Sanomien tilaaman kyselyn perusteella suomalaisista kuluttajista 53 prosenttia kannatti ja 37 prosenttia vastusti lentoveroa toukokuussa 2018 (Ruotsissa kannatusluku oli 48 prosenttia ennen lain voimaan tuloa tehdystä kyselystä.). Finnairin kesäkuussa 2018 teettämässä kyselyssä vastaajista 73 prosenttia oli puolestaan sitä mieltä, ettei lentoveroa pitäisi ottaa käyttöön ellei sen tuottoa voida ohjata ympäristöhaittojen vähentämiseen. Esimerkiksi kansanedustajien mielipiteet lentoveron käyttöönotosta Suomessa vaihtelevat (Yle 2018). Vaikutukset työmatkaliikenteeseen ja talouteen huolettavat erityisesti kaupan alan toimijoita. Sijaintinsa vuoksi Suomessa tarvitaan usein lentämistä nopeaan liikkumiseen ja verotusta pidetään riskitekijänä. Lentoalan toimijat näkevät lentoveron kustannuksia nostavana sekä kilpailua vääristävänä tekijänä, ja veron pelätään ohjaavan lentoyhtiöt käyttämään toisen valtion lentoasemaa, missä verotusta ei ole. Tällöin valtio voi menettää työpaikkoja ja verotuloja. Ympäristövaikutusten väheneminenkin voi jäädä alhaiselle tasolle, mikäli matkustajat vaihtavat lentokenttää alhaisempien kustannusten toivossa ja

matkustavat tällöin pidempiä matkoja kauempana sijaitsevalle lentokentälle matkustamisen kokonaispäästöjä lisäten.

Korteland ja Faber arvioivat (2013), että jos Euroopassa asetettaisiin lentopolttoaineelle 20 prosentin arvonlisäverokanta ja muut lentoverot poistettaisiin, vuositulon lisäys EU:lle olisi vähintään 7 miljardia euroa. Lentopolttoaineen verotus (330–530 euroa per m<sup>3</sup>) toisi tuloja 20–32 miljardia euroa vuosittain. Krenek ja Schratzenstaller (2016) toteavat, että lentopolttoaineisiin kohdistuva verotus kannustaisi tehokkaimmin lentoalaa panostamaan puhtaampien teknologioiden käyttöön ja vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä, erityisesti jos verotus perustuu fossiilisen hiilen määrään polttoaineissa.

#### 4.4.4 Lentoliikenteen saamat tuet

EU säätelee lentoasemiin kohdistuvien valtiontukien jakamista. Vuonna 2017 tehdyn sääntömuutoksen jälkeen jäsenmaat voivat tehdä kokoluokaltaan alle 3 miljoonan vuosittaisen matkustajan alueellisiin lentoasemiin kohdistuvia julkisia investointeja. Lisäksi viranomaiset voivat kattaa toimintakustannuksia enintään 200 000 vuosittaisen matkustajan kokoisten pienten lentoasemien kohdalla (Euroopan komissio 2017). Finavian verkoston ulkopuolisille lentoasemille voidaan lisäksi myöntää valtionavustusta toiminta- ja investointimenoihin. Vuonna 2018 liikenne- ja viestintäministeriö myönsi 1,15 miljoonaa euroa valtionavustusta, josta miljoona euroa kohdentui Lappeenrannan Lentoasema Oy:lle ja 150 000 Seinäjoen Lentoasema Oy:lle. Viisi hakijaa jäi ilman tukea (Lentoposti.fi 2018a). EU-tasolla lentoliikenteen tuet olivat vuonna 2017 noin 105 miljoonaa euroa, tieliikenteen tuet puolestaan noin 751 miljoonaa ja rautatieliikenteen 47 miljardia euroa (Euroopan komissio 2018c).

Liikenne- ja viestintäministeriö on ehdottanut vuoden 2019 talousarvioon eri liikennemuotojen liikenteen tukemiseen ja ostopalveluihin yleisesti kaikkiaan 210 miljoonan euron määrärahaa. Lentoliikenteen osuutena tästä olisi miljoonan euroa Finavian lentoasemaverkoston ulkopuolisten lentoasemien menoja varten ja toinen miljoona varattavaksi lentoliikenteen ostopalveluja varten. Ostopalveluraha suunnattaisiin lentoliikenteen ostoon paikkakunnille, joille matka-aika on junalla Helsingistä yli kolme tuntia ja liikenneyhteydet ovat erityisesti elinkeinoelämälle tarpeellisia. Myös alueellisten ja paikallisten tahojen kuten kaupunkien on osallistuttava tällöin itse liikenteen rahoittamiseen vähintään 50 prosentilla. Helsingin ja Savonlinnan välillä toimii vuosille 2018–2020 tehdyn sopimuskauden ajan ostoliikennepalvelulla katettu lentoliikenne. (Lentoposti.fi 2018b.) Vuonna 2018 Savonlinna maksaa lentoliikenteestä 1,2 miljoonaa ja valtio miljoona euroa. Tukeen liittyy myös matkustajamäärään perustuva tuen palautus: jos lennolla on yli kymmenen matkustajaa, tuki vähenee yhdenkymmenestätoista lentomatkustajasta alkaen 70 euroa per ”lisämatkustaja” (Itä-Savo 2018).

Kaupungit voivat myös tukea alueellista lentoliikennettä esimerkiksi lentoyhteyksien markkinointia rahoittaen. Porin kaupunki teki ruotsalaisen lentoyhtiö Nextjetin kanssa 3,5 miljoonan euron arvoisen sopimuksen reiteistä Porista Helsinkiin ja Tukholmaan vuosille 2017–2019. Porilla on ollut vastaava järjestely jo aiemminkin, mutta Pori-Helsinki -reittiä ylläpitänyt Airst irtisanoi sopimuksen kannattamattomana lokakuussa 2016. (Yle 2017.) Myös Nextjet ajautui konkurssiin ja lopetti lennot toukokuussa 2018, ja kaupunki etsii tällä hetkellä uutta palveluntarjoajaa lentoliikenteen järjestämiseksi (Lentoposti.fi 2018c).

### 4.5 Matkustajien ja työnantajien vaikutusmahdollisuudet

Yksittäisen ihmisen liikkumismuodon valintaan vaikuttavat niin yleiset normaaleina pidetyt toimintatavat, yhteyksien saavutettavuuden helppous, tulotaso, arvomaailma kuin elämäntavatkin. Usein kuluttajien valintoja ohjaavat vahvasti eri vaihtoehtojen saatavuus ja hintataso: edullinen, helppo ja sujuva liikkumistapa on todennäköisempi valinta kuin useita vaihtoja vaativa ja/tai kallis vaihtoehto. Hallinnolliset päätökset ja tuet voivat puolestaan vaikuttaa merkittävästi eri vaihtoehtojen alueelliseen saatavuuteen ja

hintoihin. Lentoliikenne kilpailee juna-, laiva- ja tieliikenteen kanssa asiakkaista. Pitkillä matkoilla lentäminen mahdollistaa ylivertaisesti nopeimman tavan liikkua paikasta toiseen, mutta lyhyemmillä matkoilla kilpailuasetelma on tasaisempi. Keski-Euroopassa suurten kaupunkien väliset matkat voidaan tehdä myös nopeiden junayhteyksien eli niin sanottujen luotijunien avulla (EEA 2017). Myös ihmisten odotukset matkailulle ovat muuttuneet, aiemmin kuukauden interrail-junamatkailu oli yleinen nuorison tapa tutustua Eurooppaan, nykyään suositaan lyhyempiä lentolomia.

Kuluttajien toiveet haastavat yrityksiä ja vaikuttavat osaltaan myös palveluiden tarjontaan. Tästä on osoitus Finnairin suunnitelma tarjota matkustajille vapaaehtoisia päästöhyvitysmekanismeja: Finnairin kesällä 2018 teettämän selvityksen mukaan 94 prosenttia vastaajista haluaisi vähentää lentoliikenteen päästöjä, ja 76 prosenttia olisi valmis joko maksamaan korkeamman lippuhinnan tai muuta lisämaksua mikäli raha käytetään ympäristövaikutusten vähentämiseen. Lentoveroa kannatettiin vain vähän (11 prosenttia vastaajista). Vastaajista 73 prosenttia koki, ettei lentoveroa pitäisi ottaa käyttöön jos sen tuottoa ei ohjata suoraan ympäristöhaittojen vähentämiseen. Finnair on luvannut tarjota alkuvuodesta 2019 lähtien asiakkailleen mahdollisuuden ostaa haluamansa määrän biopoltoainetta tai tukea hiilinielujen kehittämiseen liittyviä hankkeita valitsemallaan summalla. (Finnair 2018d.)

Kuluttaja voi aktiivisesti valita myös vaihtoehtoisia tapoja toimia, kuten suosia uutta konekalustoa käyttävää lentoyhtiötä, ainakin lyhyemmillä matkoilla valita jonkin toisen kulkutavan, jättää matkan kokonaan tekemättä tai maksaa vapaaehtoisia päästöhyvitysmaksuja. Osa ihmisistä on jo päättänyt lopettaa lentämisen ilmastoyhdistä. Ruotsissa on perustettu asiaan liittyen myös Facebook-ryhmä ”Jag flyger inte – för klimatets skull” (suomeksi: en lennä – ilmaston vuoksi). Suomessa vastaava ryhmä on nimeltään Maata pitkin matkustavat. Ympäristön kannalta kestävämmät vaihtoehdot kiinnostavat kuluttajia yhä enemmän, etenkin jos niiden hintataso ei ole kovin paljon suurempi kuin niin sanotun perusvaihtoehdon.

Kulutusvalinnat eivät kuitenkaan yksin ohjaa tarjontaa. Tässä raportissa on jo tuotu esille muun muassa lentokerosiinin verokohtelu ja kaupunkien tukitoimet maakuntien lentoyhteyksien säilyttämiseksi. Ne ovat esimerkkejä mekanismeista, jotka vaikuttavat ihmisten mahdollisuuksiin lentää joko taloudellisessa mielessä tai yhteyksien olemassaolon kautta. Onko realistista olettaa, että lentämisen ja matkustamisen mahdollisuudet jätetään käyttämättä kun yhteydet ja taloudelliset mahdollisuudet ovat olemassa? Myöskään tietoisuus lentämisen ympäristövaikutuksista ei välttämättä riitä valintojen kannustimiksi. Tutkimusten mukaan ympäristötietoisetkaan kuluttajat eivät välttämättä ole valmiita merkittävästi vähentämään lentämistä (Büchs 2017, Higham ym. 2016, Barr & Prillwitz 2012). Baumeisterin (2017) väitöstutkimuksen mukaan kuluttajien on myös vaikeaa tunnistaa tarjonnasta päästöiltään pienempi eli niin sanottu vihreä lentovaihtoehto. Jonkinlaisen ympäristömerkin käyttö voisi ohjata lentomatkustajien käyttäytymistä varausvalintoja tehtäessä ja johtaa suosimaan ympäristövaikutuksiltaan alhaisempien lentoyhtiöiden valintaa.

Liikematkustus voi toimialasta riippuen olla merkittävässä roolissa yritysten ja organisaatioiden toiminnassa ja muodostaa merkittävän osan kokonaispäästöistä. Suomessakin työmatkojen osuus on 53 prosenttia kotimaan lennoista ja 28 prosenttia ulkomaan lennoista (Tilastokeskus 2018b). Vakiintuneet toimintatavat, esimerkiksi liikkumiseen, kaupantekoon, yhteistyöhön ja talouteen liittyen, vaikuttavat ja luovat kysyntää lentomatkustamiselle. Vastuulliset toimijat huomioivat myös liikematkustuksensa aiheuttamat päästöt ja niiden kompensoinnin. Jos esimerkiksi sähköiset kokoukset tai vaihtoehtoiset liikenevälineet tai eivät tule kysymykseen esimerkiksi hitautensa vuoksi, voisiko organisaatio sitoutua maksamaan päästö- tai hyvitysmaksun työntekijöidensä tekemistä työmatkoista? Ilmastonmuutoksen hillinnän näkökulmasta niin yksittäisen kuluttajan, yrityksen, julkisen toimijan kuin yhteisönkin on hyvä tarkastella toimintaansa yleisesti ja tunnistaa sieltä mahdollisuudet päästöjen vähentämiseksi, sillä kuluksen ja päästöjen minimointi on paras keino ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Päästöt, joita ei pystytä välttämään, voitaisiin kompensoida.

## 4.6 Yhteenveto vähennyskeinoista

Lentämisen päästöjen määrän kehitys riippuu lentämisen määrästä (lentokilometrit), polttoaineen hiili-intensiteetistä (hiilidioksidin määrä per megajoule) sekä energiaintensiteetistä (megajoulea per matkustajalentokilometri). Tätä voidaan ilmaista seuraavalla kaavalla:

$$\text{Päästöt} = \text{km} * \text{t CO}_2/\text{MJ} * \text{MJ}/\text{km}$$

Yleisesti ajatellen päästöjä voidaan siis vähentää joko vähentämällä lentämisen määrää tai parantamalla polttoaineiden tai lentämisen tehokkuutta. Lisäksi taloudelliset tekijät kuten erilaiset kustannukset, verotus ja tuet vaikuttavat myös päästökehitykseen. Taulukkoon 10 on koottu yhteenvetona erilaisia luvussa neljä käsiteltyjä keinoja lentomatkustuksen päästöjen vähentämiseksi sekä edellä mainitut vaikutusmekanismit (lentokilometrit: km, hiilidioksidipäästöjen vähentäminen: CO<sub>2</sub>, energiatehokkuuden parantaminen: E sekä taloudelliset ohjaukset (€)).

Taulukko 10. Lentoliikenteen päästöjen vähentämiskeinoja ja niiden pääasiallisia vaikutusmekanismeja.

Toimija	Mahdollisuudet päästöjen pienentämiseen	Vaikutus
<b>Euroopan unioni/ valtiot, päättäjät</b>	Standardit ja muu sääntely	E
	Kestävien polttoaineiden jakeluvaihtoehdot	CO <sub>2</sub>
	Lentoliikenteen tai lentopolttoaineiden verottaminen	km
	Uusiutuvien lentopolttoaineiden käytön aloittamisen tukeminen	CO <sub>2</sub>
	Päästökauppa	€
	CORSIA	€
	Tutkimus- ja kehitystyön tukeminen ja investoinnit	€
	Kompensointi (esimerkiksi virkamiesten tekemät lentomatkat)	CO <sub>2</sub> muualla
<b>Operaattorit: lentoyhtiöt ja lennonvarmistusoperaattorit</b>	Konekaluston uusiminen	E
	Koneen massan vähentäminen (mm. koneiden varustelun ja materiaalien kautta)	E
	Lentoreittien optimointi mahdollisimman suoriksi ja energiatehokkaiksi	km
	Uusiutuvien polttoaineiden käyttö	CO <sub>2</sub>
<b>Lentoasemat</b>	Uusiutuvien lentopolttoaineiden jakeluinfrakstruktuurin mahdollistaminen kentällä	CO <sub>2</sub>
	Uusiutuvien polttoaineiden hyödyntäminen maakuljetuksissa ja energiantuotannossa	CO <sub>2</sub>
	LED-valaistus kiitoteillä ja rakennuksissa	CO <sub>2</sub>
<b>Valmistava teollisuus</b>	Uudet teknologiset ratkaisut:	
	Polttoaineet ja käyttövoimat	E,
	Moottorit, lentokoneet, uudet materiaalit (esim. komposiitit), 3D-tulostus	CO <sub>2</sub>
<b>Osakkeenomistajat, sidosryhmät</b>	Vaatimukset uusiutuvien polttoaineiden käytölle	CO <sub>2</sub>
	Tutkimus- ja kehitystyön rahoitus	E, CO <sub>2</sub>
<b>Yritykset</b>	Lentämisen lopettaminen tai vähentäminen	km
	Etäkoulusten järjestäminen ja muiden uusien toimintatapojen etsiminen	km
	Päästöjen kompensointi	CO <sub>2</sub> muualla
	Tutkimus- ja kehityshankkeiden rahoitus	E, CO <sub>2</sub>
	Vaatimukset uusiutuvien polttoaineiden käytölle	CO <sub>2</sub>
	Uusiutuvien polttoaineiden käyttö (edelläkävijäyritykset ostavat lentoyhtiöltä ”vihreät paikat”, jolloin luodaan kysyntää ja markkinoita uusiutuvien polttoaineiden käytölle)	CO <sub>2</sub>
<b>Kuluttajat/yksityiset matkustajat</b>	Lentämisen vähentäminen tai lopettaminen	km
	Ympäristötekijöiden huomioiminen lentoyhtiön valinnassa (esim. konekanta, lentoreittit), matkatavaran vähentäminen	E
	Päästöjen kompensointi	CO <sub>2</sub> muualla
	Vaatimukset uusiutuvien polttoaineiden käytölle	CO <sub>2</sub>

## 5. Lentämisen päästöjen kehitys Pariisin ilmastopimusta toteutettaessa

### 5.1 Globaali hiilibudjetti ja päästöpolku

Maapallon keskilämpötilan nousu on ilmastomallien mukaan tiettyyn rajaan saakka suhteellisen lineaarinen kumulatiivisten hiilidioksidipäästöjen kanssa (Sims ym. 2014). Näin ollen mahdollisuutta pysyä Pariisin ilmastopimuksen edellyttämässä selvästi alle kahden asteen lämpenemisessä voidaan tarkastella globaalien hiilibudjettien<sup>14</sup> avulla. Hiilibudjetti kertoo, kuinka paljon ihmiskunta voi vielä päästää hiilidioksidia ilmakehään, jotta lämpeneminen ei ylitä tiettyä rajaa. Koska hiilibudjetteihin liittyy merkittäviä epävarmuuksia, on niiden tulkinaksi suositeltu globaalien nettonollapäästöjen tasapainoa (nielut yhtä suuret kuin päästöt) vuosien 2050–2100 välillä ja siihen johtavaa maakohtaista päästöpolkua (Peters 2018). Rockström ym. (2017) esittivät globaalın päästöpolun, jolla Pariisin sopimuksen tavoitteet voitaisiin saavuttaa. Jos fossiilisten polttoaineiden polttamisesta aiheutuvat päästöt vähentyisivät tämän polun mukaisesti, olisivat ne vuonna 2050 noin 6 miljardia hiilidioksiditonnia (taulukko 11), eli noin 85 prosenttia vuoden 2017 tasoa alhaisemmat. Tämä on linjassa IPCC:n 1,5 asteen erikoisraportin (IPCC 2018) päästöpolkujen kanssa<sup>15</sup>. Mikäli maailman väkiluku kasvaa noin 10 miljardiin ihmiseen vuonna 2050, tarkoittaa 6 miljardin hiilidioksiditonnin päästötaso 600 kilogrammaa hiilidioksidia henkilöä kohden (taulukko 11).

---

<sup>14</sup> Hiilibudjettien määrittelyyn liittyy haasteita muun muassa valitun tasapainolämpötilan (1,5 vai 2 celsiusastetta) ja sen saavuttamisen määritelmän (rajoissa pysyminen vai ylittyminen ja myöhempi asettuminen rajoihin) ja todennäköisyyden suhteen. Lisäksi haasteita hiilibudjetin määrittämiseen aiheutuu oletuksista muiden kasvihuonekaasujen ja ilmansaasteiden sekä niin sanottujen negatiivisten päästöjen (eli nielujen) kehitykseen liittyen. IPCC:n (2018) esittämän arvioin mukaan esimerkiksi 1,5 asteen tavoitteen saavuttamiseksi 66 prosentin todennäköisyydellä jäljellä oleva hiilibudjetti on 570 miljardia hiilidioksiditonnia, mutta arvion epävarmuus vaihtelee nolasta reiluun tuhanteen miljardiin hiilidioksiditonniin. Parhaan arvion mukainen hiilibudjetti täyttyy vuoden 2017 päästötasolla noin vuonna 2032.

<sup>15</sup> IPCC:n 1,5 asteen erikoisraportissa esitetään neljä erilaista päästöpolkua, joilla lämpeneminen saadaan rajoitettua 1,5 asteeseen. Kolmessa päästöpolussa (P1-P3) lämpeneminen ei missään vaiheessa ylitä kuin korkeintaan rajoitetusti 1,5 astetta. Näissä päästöpoluissa fossiilisten polttoaineiden ja teollisuuden hiilidioksidipäästöt vuonna 2050 ovat keskimäärin 6 miljardia tonnia (vaihteluväli 5-8 miljardia tonnia).

Taulukko 11. Maailman hiilidioksidipäästöjen, väestön ja väestöä kohden laskettujen hiilidioksidipäästöjen kehitys 1,5 asteen lämpötilatavoitteen saavuttamiseen johtavalla päästöpolulla (Rockström ym. 2017, IPCC 2018) vuosina 2017–2050 sekä havainnollistus siitä, kuinka suuren osuuden yksi edestakainen matka nykyteknologialla kuluttaisi yhden henkilön keskimääräisestä vuotuisesta päästömäärästä. Huomioi, ettei tässä ole otettu huomioon reaktioita yläilmakehässä, jotka voivat yli kaksinkertaistaa lentojen ilmastovaikutukset verrattuna polttoaineen palamisesta syntyviin hiilidioksidipäästöihin. Lentojen päästöissä ei myöskään ole otettu huomioon muun muassa öljynjalostuksen päästöjä.

	2017	2020	2030	2040	2050
<b>Maailman kokonaishiilidioksidipäästöt (miljardia hiilidioksiditonnia)</b>	37	34,2	24,8	15,4	6
<b>Maailman väestö (miljardia asukasta)</b>	7,6	7,8	8,5	9,3	10
<b>Maailman CO<sub>2</sub>-päästöt per henkilö (kg CO<sub>2</sub>/capita)</b>	4868	4372	2901	1660	600
<b>Kuinka suuren osan (%) yksi edestakainen nyky lento kuluttaisi henkilön hiilibudjetista (laskettu Finnairin laskurilla):</b>					
<b>Helsinki-Oulu (134 kg hiilidioksidia)</b>	2,8 %	3,1 %	4,6 %	8,1 %	22,3 %
<b>Helsinki- Wien (272 kg hiilidioksidia)</b>	5,6 %	6,2 %	9,4 %	16,4 %	45,3 %
<b>Helsinki- Bangkok (826 kg hiilidioksidia)</b>	17,0 %	18,9 %	28,5 %	49,8 %	>100

## 5.2 Lentoliikenteen päästöpolku vuoteen 2050

Globaalisti lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt vuonna 2017 olivat 859 miljoonaa tonnia (ATAG 2018a), mikä vastasi noin kahta prosenttia kaikista fossiilisista polttoaineiden poltosta ja teollisuudesta syntyvistä hiilidioksidipäästöistä. Ilman päästövähennystoimenpiteitä lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjen arvioidaan yli kolminkertaistuvan nykytasosta vuoteen 2050 mennessä eli 2,7 miljardiin hiilidioksiditonniin (ICAO 2016b) (taulukko 12). Lentoliikenteen kumulatiiviset päästöt vuodesta 2017 eteenpäin vuoteen 2050 mennessä olisivat tällöin noin 60 miljardia hiilidioksiditonnia. Lentoliikenne aiheuttaisi tällöin lähes puolet asiantuntijoiden vuodelle 2050 hahmottelemista fossiilisista hiilidioksidipäästöistä ja hieman alle 10 prosenttia kumulatiivista hiilidioksidipäästöistä vuosille 2017–2050 (Rockström ym. 2017, IPCC 2018). Toisaalta, mikäli ICAO:n arvioimat päästövähennysten keinot toteutuisivat, kansainvälisten lentojen päästöt vuonna 2050 olisivat noin 0,7 miljardia hiilidioksiditonnia (taulukko 12).

Taulukko 12. Eriarvoisia lentoliikenteen kasviuonekasvupäästöistä vuonna 2050.

Arvion peruste	Päästöt vuonna 2050, miljardia CO <sub>2</sub> -ekv. tonnia
Nykyisellä kasvunusteella ilman päästövähennystoimenpiteitä	2,7
Nykyisellä kasvunusteella ja ICAOn päästövähennystoimenpiteillä	0,7
Jos koko globaali hiilibudjetti vuonna 2050 annettaisiin öljynjalostustuotteille, ja lentokerosiinin osuus öljyn jatkojalostuksessa olisi nykytasolla	0,5
Jos lentämisen osuus globaaleista hiilidioksidipäästöistä pysyisi nykyisessä noin kahdessa prosentissa	0,1

Mikäli lentoliikenteen päästöt kasvaisivat 2,7 miljardiin hiilidioksiditonniin vuonna 2050, edellyttäisi globaalilla päästöpolulla pysyminen sitä, että muut sektorit vähentäisivät yhteenlasketut päästönsä tasolle 3,3 miljardia tonnia vuoteen 2050 mennessä. Tämä vastaisi päästövähennyksenä yli 90 % vuoteen 2050 mennessä vuoden 2017 tasosta.

Öljynjalostuksen tuotteiden välinen riippuvuus toisistaan voi myös vaikuttaa suuresti päästökehitykseen, jos lentäminen on edelleen öljyyn perustuvasta lentokerosiinista riippuvaista. Vuonna 2015 öljyn kulutus aiheutti globaalisti noin 10 miljardin hiilidioksiditonnin päästön vuodessa (International

Energy Agency 2017). Lentokerosiinin osuus öljyjaloiteiden hiilidioksidipäästöistä oli noin yhdeksän prosenttia. Lentokerosiini jalostetaan raakaöljystä, ja nykyisellä tuotantotavalla tislauksen ohessa syntyy bensiiniä, polttoöljyä, dieseliä, nestekaasuja ja muita petrokemikaaleja tai seoskomponentteja, jotka myös oletettavasti käytettäisiin päästöjä aiheuttaen. Mikäli lentokerosiinin osuus öljynjalostuksen tuotteista pysyisi vuoden 2015 tasolla, aiheutuisi öljynjalostuksen tuotteista yhteensä 8–30 miljardin tonnin hiilidioksidipäästöt, jos lentoliikenteen päästöt olisivat 0,7–2,7 miljardia hiilidioksiditonnia. Kerosiinin osuus öljynjalostustuotteista ei kuitenkaan ole vakio, vaan tuotejakeiden saantoja voidaan muokata muun muassa kysynnän ja markkinahintojen mukaan.

Jos lentämisen osuus globaaleista hiilidioksidipäästöistä pysyisi nykyisessä noin kahdessa prosentissa, voisi lentoliikenne aiheuttaa vain noin 0,1 miljardia hiilidioksiditonnia vuonna 2050. Jos taas koko globaali hiilibudjetti vuonna 2050 annettaisiin öljynjalostustuotteille, voisi lentokerosiinista aiheutuvat päästöt olla sen nykyisellä tuotanto- ja käyttöosuudella noin 0,5 miljardia hiilidioksiditonnia, siis noin puolet lentämisen nykyisistä vuotuisista hiilidioksidipäästöistä. Tätä suuremmat päästöt lentämisestä vuonna 2050 ovat 1,5 asteen päästöpolun puitteissa mahdollisia vain, jos kaikki muut sektorit onnistuvat vähentämään päästöjään huomattavasti ja lentokerosiinin tuotanto-osuutta öljynjalostuksessa nostetaan merkittävästi.

### 5.3 Päästöbudjettien raameissa jäljellä olevat lentokilometrit

Jäljellä olevat lentokilometrit riippuvat siitä, minkälainen globaali päästöpolku valitaan, kuinka paljon siitä kohdennetaan päästöjä lentämiselle ja miten lentämisen päästöintensiteetti kehittyy. Vuonna 2017 maailman yhden ihmisen keskimäärin aiheuttama hiilidioksidipäästö oli lähes viisi tonnia (taulukko 11). Se vastaa matkustajaa kohden laskettuna noin 65 000 kilometrin lentomatkaa<sup>16</sup>. Mikäli globaalien hiilidioksidipäästöjen tulee vuonna 2050 olla korkeintaan 6 miljardia tonnia ja maailman väestöluku kasvaa 10 miljardiin, on henkilöä kohti laskettujen päästöjen oltava korkeintaan 600 kg henkilöä kohti. Tällöin nykyteknologialla lennetty lento Helsingin ja Oulun välillä kuluttaisi 22 prosenttia ja Helsingistä Keski-Eurooppaan Wieniin 45 prosenttia henkilön vuosibudjetista, joka ei edes riittäisi lentoon Helsingistä Bangkokiin.

Lentämisen päästöintensiteetti koostuu lentokoneiden keskimääräisestä polttoaineen kulutuksesta matkustajakilometriä kohden ja polttoaineen päästöintensiteetistä. Lentomatkastamisen matkustajakilometriä kohden tulisi tällöin alentua 25 tai jopa 90 prosenttia nykytasosta<sup>16</sup> riippuen siitä, kuinka paljon lentämiselle kohdennetaan päästöjä (eli 0,7 vai 0,1 miljardia hiilidioksidiekvivalenttonnia, taulukko 10).

Käytännössä lentoliikenteen kasvu on Pariisin ilmastopöytäkirjasta noudatettaessa mahdollista vain, mikäli lentämisen hiilidioksidipäästöjä onnistutaan vähentämään lentokoneiden energiatehokkuutta tehostamalla ja polttoaineen hiilidioksidipäästöintensiteettiä pienentämällä vaihtoehtoisten polttoaineiden ja käyttövoimien avulla niin paljon, että fossiilisten polttoaineiden kulutus alentuu selvästi nykyisestä tasostaan.

---

<sup>16</sup> Vuoden 2017 lentämisen päästöintensiteetin laskemisessa lentopetrolin päästökertoimena on käytetty 3,16 kilogrammaa hiilidioksidia yhtä polttoainekilogrammaa kohden, lentopetrolin tiheytenä 800 grammaa litraa kohden ja lentokoneiden keskimääräisenä matkustajaa kohden laskettuna kulutuksena kolme litraa 100 lentokilometriä kohden (ICAO 2016b).

## 6. Johtopäätökset

Lentoliikenteen päästöjen osuus on yli kaksi prosenttia globaaleista kasvihuonekaasupäästöistä ja noin kolme prosenttia Euroopan unionin alueen kasvihuonekaasupäästöistä. Ilmastonmuutoksen kannalta keskeinen haaste on lentoalan ennakoitu kasvu: Lentoliikenne on aiemmin kaksinkertaistunut noin viidentoista vuoden välein, mutta 2000-luvulla lentäminen on lisääntynyt vielä nopeammin. Kasvun odotetaan jatkuvan, sillä lentämisen arvioidaan vielä kaksinkertaistuvan nykyisestä tasostaan seuraavien kahdenkymmenen vuoden aikana. Siinä missä lentäminen on normaali osa monien suomalaisten ja muiden korkean elintason maiden asukkaiden elämän eri osa-alueita, globaalista näkökulmasta katsottuna vaurastuvan kasvavan keskiluokan matkustaminen ja siihen liittyvät lentomatkat ovat vasta ennakoidun kasvunsa alussa. Tämä heijastuu lentämisen ja koko lentoliikennetoimialan päästöihin. Ja vaikka lentojen keskimääräinen merkitys kasvihuonekaasupäästöissä onkin vielä pienehkö, niin jo nyt lentomatkat voivat olla suuressa roolissa yksittäisen kuluttajan aiheuttamissa vuotuisissa päästöissä.

Tähän raporttiin on koottu tilannekuvaa lentoliikenteen nykytilasta, sääntelystä ja ennakoidusta tulevaisuudesta. Lisäksi on pohdittu kuluttajan mahdollisuuksia pienentää valintojensa avulla lentomatkojen päästöjä, vaihtaa kulkutapaa tai kohdetta, tai jopa jättää matkat tekemättä kokonaan. Lentoala on vähentänyt päästöjään teknisin, operatiivisin ja markkinapohjaisin keinoin, minkä asioista päästökasvu on ollut lentoliikenteen kasvua vähäisempää. Yhteisin sopimuksin on asetettu rajoituksia moottori- ja melupäästöille ja Euroopan talousalueen sisäiset lennot ovat kuuluneet päästökaupan piiriin vuodesta 2012 lähtien. Valtiot tavoittelevat ICAO:n päätösten kautta hiilineutraalia kasvua vuodesta 2020 alkaen, perustuen pitkälti päästöjen kasvun kompensointiin päästöhyvitysjärjestelmä CORSIAN kautta. Maailmanlaajuisesti kasvihuonekaasupäästöjä pitäisi pystyä vähentämään nopeasti. Näiden tavoitteiden saavuttamisessa lentoliikenteen päästöjen ennakoitu kasvu tulee aiheuttamaan haasteita, elleivät muut sektorit onnistu vähentämään päästöjään lähelle nolaa vuoteen 2050 mennessä.

Lentoalan todellinen kasvu tulevaisuudessa riippuu useasta tekijästä, muun muassa yleisestä talous- ja liike-elämän kasvusta, teknisestä kehityksestä, sääntelyjärjestelmistä, polttoaineiden ja lentolippujen hinnoista sekä kysynnästä. Myös vaihtoehtoisten liikkumistapojen saatavuus ja hinta vaikuttavat niiden kilpailukykyyn suhteessa lentämiseen. Lisäksi esimerkiksi tietoliikenne, tieto- ja viestintätekniikan palvelut, sähköinen kaupankäynti ja 3D-tulostus voivat osaltaan vähentää tarvetta lentämiselle.

Tutkimus-, kehitys- ja innovaatio toimintaa tarvitaan jatkossakin uusien, tehokkaampien ja puh- taampien teknologioiden kehittämiseksi sekä tuomaan päätöksentekijöille ja kuluttajille luotettavaa tie- toa eri vaihtoehdoista ja niiden vaikutuksista niin ympäristöön kuin talouteen. Taloudellisesti, sosiaali- sesti ja ympäristöllisesti kestävä lentoliikenteen saavuttamiseksi tulisi myös käydä jatkuvaa vuoropuhelua eri toimijoiden välillä sekä kehittää yhtenäisiä sääntöjä ja toimintatapoja yhdessä lentoliik- kennealan, turismin, kaupan ja muun kuljetusalan kanssa. Sääntelyn tiukentaminen ja muun muassa tuki- ja verotusjärjestelmien uudistaminen ja yhtenäistäminen globaalisti tai vähintään Euroopan laajui- sesti olisi tärkeää. Se mahdollistaisi tasaisemman kilpailuasetelman lentoyhtiöiden välillä ja loisi mah- dollisuudet suurempiin päästövähennyksiin kuin erilaiset kansalliset sääntelyjärjestelmät. Mitä laajem- man alueen yhteiset järjestelmät ja sopimukset kattavat, sitä merkityksellisempiä ne todennäköisesti ovat. Eri vaihtoehtojen vaikutuksista tulisi jakaa tietoa avoimesti ja pyrkiä käymään rakentavaa keskus- telua ilman liiallista vastakkainasettelua. Samaan aikaan tarvitaan kuitenkin myös tehokkaampaa kansal- lista ja kansainvälistä ilmastopolitiikkaa päästöjen vähentämiseksi – tämä tulee heijastumaan myös len- toalalle.

## SANASTO

<b>ACA</b>	Airport Carbon Accreditation, (kansainvälinen) lentokenttien hiilipäästöjen hallinta-ohjelma
<b>ACARE</b>	Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe, ilmailualan eurooppalainen teknologiayhteisö
<b>ACCAPEG</b>	Aviation and Climate Change Action Plan Expert Group, ECAC:n alainen koordinaatioryhmä lentämisen päästöjen vähentämiseksi ja kansallisten toimintasuunnitelmien edistämiseksi
<b>ACI</b>	Airport Council International, lentoasemien kansainvälinen yhteistyöjärjestö
<b>AEM</b>	Advanced Emission Modelling, päästöjen laskentamalli
<b>ALV</b>	Arvonlisävero
<b>ANS</b>	Air Navigation Services, lennonvarmistuspalvelut
<b>APU</b>	(Aircraft) Auxiliary Power Unit, lentokoneen apuvoimalaite
<b>ASK</b>	Available Seat Kilometres, käytävissä olevat istuinkilometrit
<b>ATAG</b>	Air Transport Action Group, lentoalan eri ammattijärjestöjen ja lentokoneiden valmistajien yhteinen järjestö
<b>ATJ-SPK</b>	Alcohol-to-Jet Synthetic Paraffinic Kerosene, tuotantoreitti alkoholista synteettiseksi parafiiniseksi lentopolttoaineeksi
<b>ATM</b>	Air Traffic Management, ilmaliikenteen hallinta
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials (Nykyään ASTM International), kansainvälinen standardoimisjärjestö
<b>BKT</b>	Bruttokansantuote
<b>CAEP</b>	Committee on Aviation Environmental Protection, ICAOn alainen ilmailua ja ympäristönsuojelua käsittelevä komitea
<b>CCD</b>	Climb, Cruise, Descent, Nousu-, matkalento ja liukuvaiheet. Niin sanottua CCD-sykliä käytetään lentopäästöjen laskennassa.
<b>CDM</b>	Clean Development Mechanism, puhtaan kehityksen mekanismi (esimerkiksi päästöhvityksiin liittyen)
<b>CDM</b>	(Airport) Collaborative Decision Making, yhteinen päätöksenteko
<b>CDA</b>	Continuous Descent Approach, jatkuvan liu'un lähestymismenetelmä, jolla pyritään pitämään kone liu'ussa matkalentokorkeudesta laskeutumiseen saakka.
<b>CDO</b>	Continuous Descent Operation, ks. CDA.
<b>CH<sub>4</sub></b>	Methane, metaani
<b>CO</b>	Carbon monoxide, hiilimonoksidi eli häkä
<b>CO<sub>2</sub></b>	Carbon dioxide, hiilidioksidi
<b>CO<sub>2</sub>-ekv.</b>	Carbon dioxide equivalent, hiilidioksidiekvivalentti, kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jonka avulla voidaan laskea yhteen eri kasvihuonekaasujen päästöjen yhteisvaikutus

<b>CORSIA</b>	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, päästöhyvitysjärjestelmä
<b>CS</b>	Certification Specification, sertifiointieritelmä
<b>3D</b>	Kolmiulotteinen
<b>EASA</b>	European Aviation Safety Agency, Euroopan lentoturvallisuusvirasto
<b>ETA</b>	Euroopan talousalue
<b>EU ETS</b>	European Union Emissions Trading System, Euroopan unionin päästökauppajärjestelmä
<b>FOCA</b>	Swiss Federal Office of Civil Aviation, Sveitsin siviili-ilmailun virasto
<b>FT</b>	Fischer-Tropsch (synthesis), Fischer-Tropsch-menetelmä (jossa hiilimonoksidia ja vetyä muunnetaan katalyyttisen kemiallisen reaktion avulla erilaisiksi hiilivedyiksi)
<b>GCD</b>	Great Circle Distance, Isoympyräetäisyys, (lentojen pituuden arvioinnissa, lyhin etäisyys pallon pinnalla sijaitsevien pisteiden välillä)
<b>GT</b>	Gigatonni ( $1 \cdot 10^{12}$ kilogrammaa)
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Vesi
<b>HEFA</b>	Hydro-processed ester and fatty acids, vetykäsitellyt esterit ja rasvahapot
<b>HFS</b>	Hydroprocessed Fermented Sugars, vetykäsitellyt fermentoidut sokerit
<b>HVO</b>	Hydrotreated vegetable oils, vetykäsitellyt kasviöljyt
<b>IATA</b>	International Air Transport Association, Kansainvälinen ilmakuljetusliitto
<b>ICAO</b>	International Civil Aviation Organization, (YK:n alainen) Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö
<b>IHLG</b>	Industry High Level Group, lentoalan järjestöjen yhteenliittymä
<b>ILUC</b>	Indirect land use change, epäsuora maankäytön muutos
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change, Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli
<b>ISCC</b>	International Sustainability & Carbon Certification, kansainvälinen sertifiointijärjestelmä
<b>ITAKA</b>	Initiative Towards sustainable Kerosene for Aviation, lentopolttoaineisiin liittyvä EU-hanke
<b>JTI</b>	Joint Technology Initiative, Yhteiset teknologia-aloitteet (toteuttavat vaativia tutkimus- ja kehitysohjelmia julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyönä (=Public Private Partnership- hankintamalli))
<b>LCFS</b>	Low-Carbon Fuel Standard, (Kaliforniassa käytössä oleva) niin sanottu vähähiilisten polttoaineiden standardi
<b>LTO</b>	Landing and Take off Cycle, LTO-sykli päästöjen laskennassa, ottaa huomioon lentoonlähdon, laskeutumisen ja niihin liittyvien rullausten aiheuttamat päästöt 913 metrin korkeuteen saakka
<b>LVM</b>	Liikenne- ja viestintäministeriö

<b>NISA</b>	Nordic Initiative for Sustainable Aviation, yhteistyöverkosto tavoitteenaan saada biopolttoaineita ilmailualan käyttöön
<b>NO<sub>x</sub></b>	Nitrogen oxides, typen oksidit
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Nitrous oxide (dinitrogen monoxide), dityppioksidi (dityppimonoksidi, ilokaasu)
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozone, otsoni
<b>PM</b>	Particulate matters, pienhiukkaset
<b>RBS</b>	Roundtable of Sustainable Biomaterials, kestäviä biomateriaaleja edistävä järjestö
<b>RED</b>	Renewable Energy Directive, Uusiutuvan energian direktiivi
<b>RFI</b>	Radiative Forcing Index, säteilypakoteindeksi
<b>RPK</b>	Revenue passenger kilometers, toteutuneet matkustajakilometrit
<b>RTK</b>	Revenue tonne kilometers, toteutuneet tonnikipometrit
<b>SAF</b>	Sustainable Aviation Fuels
<b>SARPs</b>	Standards and Recommended Practises, (ICAO:n laatimat) standardit ja suositellut käytännöt
<b>SES</b>	Single European Sky, lainsäädännöllinen Yhtenäinen eurooppalainen ilmatila -hanke
<b>SESAR</b>	Single European Sky Air Traffic Management Research -ohjelma
<b>SIP</b>	Synthetic Isoparaffin, Synteettinen isoparafiini
<b>SO<sub>x</sub></b>	Sulphur oxides, rikin oksidit
<b>SPK</b>	Synthetic Paraffinic Kerosene, synteettinen parafiininen kerosiini
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme, Yhdistyneiden kansakuntien ympäristöohjelma
<b>VER</b>	Verified Emission Reduction, verifioitu päästövähennys
<b>VOC</b>	Volatile organic compounds, haihtuvat orgaaniset yhdisteet
<b>YK</b>	Yhdistyneet kansakunnat

## **Lentoalan toimijoita ja järjestöjä (lista ei kata kaikkia järjestöjä)**

- ACI**      **Airport Council International**, lentoasemien kansainvälinen yhteistyöjärjestö
- ATAG**      **Air Transport Action Group**  
Lentoalan eri toimijoiden organisaatio, johon kuuluu lentokenttiä, lentoyhtiöitä, lentokoneiden valmistajia, lennonjohtoon liittyviä organisaatioita, lentäjien, lennonjohtajien, maahuolinnan sekä kaupan, matkailun ja turismin ammattijärjestöjä. ATAG määrittelee yhteisesti kantansa eri lentoalan kysymyksiin liittyen ja tuo ammattiosaamistaan teollisuuden ja hallinnon konsultoinnille.
- CANSO**      **Civil Air Navigation Services Organization**  
Lennonvarmistuspalveluiden tarjoajien järjestö, kuuluu myös ATAGiin.
- IATA**      **International Air Transport Association, Kansainvälinen ilmakuljetusliitto**  
Lentoyhtiöiden etu- ja yhteistyöjärjestö. Perustettu vuonna 1945, tällä hetkellä 275 jäsentä 120 eri maasta, kattaen noin 83 prosenttia maailmalaaajuudesta lentoliikenteestä.
- ICCAIA**      **International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations,**  
ilmaliteollisuuden kansainvälinen järjestö
- ICAO**      **International Civil Aviation Organization, Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö**  
Yhdistyneiden kansakuntien (YK) alainen järjestö. Perustettu vuonna 1947, nyt 192 jäsenmaata. Edeltäjä International Commission for Air Navigation (ICAN). Järjestön päämääränä on kehittää kansainvälisen ilmailun periaatteita ja tekniikkaa sekä edistää kansainvälisen lentoliikenteen suunnittelua ja kehittämistä. Jäsenmaat allekirjoittavat kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimuksen, jonka liitteet kattavat nykyisin jo yli 12 000 standardia ja suositusta.
- IHLG**      **Industry High Level Group**, lentoalan järjestöjen yhteenliittymä  
Vuonna 2013 perustettu epämuodollinen lentoalan yhteenliittymä, jossa mukana ACI, CANSO, IATA ja ICCAIA.
- ECAC**      **European Civil Aviation Conference, Euroopan siviili-ilmailukonferenssi**  
Hallitustenvälinen organisaatio, jonka tavoitteena on edistää turvallisen, tehokkaan ja kestävä eurooppalaisen lentojärjestelmän kehittämistä. ECAC perustettiin ICAOn ja Euroopan neuvoston toimesta vuonna 1955 ja järjestö kuuluu ICAOon. Jäseniä on 44 (kaikki EU-maat, lähes kaikki EASA-maat ja EUROCONTROL-maat).
- EASA**      **European Aviation Safety Agency, Euroopan lentoturvallisuusvirasto**  
Euroopan unionin virasto, jonka tehtävänä on lentoturvallisuuden sääntely ja valvonta. Perustettu 2002 (tätä ennen toimi Joint Aviation Authorities -niminen virasto), jäsenenä EU- ja Euroopan vapaakauppaliiton (European Free Trade Association eli EFTA) maita.
- Eurocontrol** **Euroopan lennonvarmistusjärjestö**  
Eurocontrolin tavoitteena on ilmatilan käytön tehokkuuden, liikenteen sujuvuuden ja lentämisen turvallisuuden edistäminen. Järjestö esimerkiksi pyrkii estämään ruuhkia ilmailukennevirtojen yhteen sovittamisen ja ilmatilan käytön optimoinnin avulla. Jäsenmaita on 41 sekä lisäksi kaksi sopimusvaltiota. Suomi liittyi mukaan Eurocontroliin 2001 ja Euroopan unioni vuonna 2002.

**Matkustamiseen liittyvää sanastoa** (lähde Finnair)

Liikenneilmailu on kaupallista lentoliikennettä, jossa kuljetetaan maksua tai vuokraa vastaan matkustajia, rahtia tai postia. Kaupallista liikennettä ovat reitti-, tilaus- ja taksiliikenne. Liikenneilmailu ei sisällä yleis-, koulutus- tai sotilaslentoja.

<b>Matkustaja</b>	Matkustajilla tarkoitetaan saapuvia, lähteviä ja vaihtomat- kustajia. Matkustajatilastot eivät sisällä sylilapsia (0–2 vuotta) tai transitmatkustajia (matkustaja, joka ei vaihda konetta).
<b>Kotimaan(liikenteen) matkustaja</b>	Matkustaja, joka lähtee ja laskeutuu kotimaan kentäl- tä/kentälle.
<b>Kansainvälisen(liikenteen) matkustaja</b>	Matkustaja, jonka lentomatkan lähtö- tai laskeutumisaika on ulkomailla.
<b>Vaihtomatkustaja</b>	Matkustaja, joka saapuu lentäen lentokentälle ja jatkaa matkaansa toiselle lentokentälle.
<b>Reittiliikenteen matkustaja</b>	Matkustaja, joka lentää aikataulun mukaisella lennolla.
<b>Tilausliikenteen matkustaja</b>	Matkustaja, joka lentää tilauslennolla.

## LÄHTEET

- ACI (Airport Council International) Europe 2018. <https://www.airportcarbonaccreditation.org/airport/4-levels-of-accreditation/introduction.html>
- Airbus 2018. Supporting Clean Sky. <https://www.airbus.com/innovation/supporting-clean-sky.html>
- ANS (Air Navigation Services) Finland 2018. Tietoa ANS Finlandista. <https://www.ansfinland.fi/fi/tietoa-ans-finlandista>
- ATAG (Air Transport Action Group) 2017. Beginner's Guide to Sustainable Aviation Fuel. [https://aviationbenefits.org/media/166152/beginners-guide-to-saf\\_web.pdf](https://aviationbenefits.org/media/166152/beginners-guide-to-saf_web.pdf)
- ATAG 2018a. Aviation Benefits Beyond Borders. October 2018. [https://aviationbenefits.org/media/166344/abbb18\\_full-report\\_web.pdf](https://aviationbenefits.org/media/166344/abbb18_full-report_web.pdf)
- ATAG 2018b. <https://www.atag.org/facts-figures.html>
- ATAG 2018c. Sustainable aviation fuel in flight. <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/our-climate-plan/sustainable-aviation-fuel-in-flight/>
- ATAG 2018d. Passenger biofuel flights. <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/our-climate-plan/sustainable-aviation-fuel-in-flight/sustainable-fuels/passenger-biofuel-flights/>
- Atmosfair 2018. Offset CO<sub>2</sub> or donate. <https://www.atmosfair.de/en/offset/>
- Aurinkomatkat 2013. Paikka auringossa – 50 vuotta Aurinkomatkoja. Videdokumentti. <https://www.youtube.com/watch?v=Sr5EVM9NA-M>
- Barr, S. & Prillwitz, J. 2012. Green travellers? Exploring the spatial context of sustainable mobility styles. Applied Geography 32 (2): 798-809. DOI:10.1016/j.apgeog.2011.08.002.
- Baumeister S. 2017. An eco-label for the airline industry: instrument for behavioral change? Jyväskylä studies in business and economics. Väitöskirja. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/54154>
- BBi International 2018. Norway to implement biofuel mandate for aviation in 2020. <http://biomassmagazine.com/articles/15657/norway-to-implement-biofuel-mandate-for-aviation-fuel-in-2020>
- Büchs, M. 2017. The role of values for voluntary reductions of holiday air travel. Journal of Sustainable Tourism 25 (2): 234 – 250. DOI:10.1080/09669582.2016.1195838.
- Cames, M., Harthan, RO., Füssler, J., Lazarus, M., Lee, C.M., Erickson, P. & Spalding-Fecher, R. 2016. How additional is the Clean Development Mechanism? Analysis of the application of current tools and proposed alternatives. Öko-Institut e.V. [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/docs/clean\\_dev\\_mechanism\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/docs/clean_dev_mechanism_en.pdf)
- Carbon Brief Ltd 2018. Explainer: The challenge of tackling aviation's non-CO<sub>2</sub> emissions. <https://www.carbonbrief.org/explainer-challenge-tackling-aviations-non-co2-emissions>
- CNN 2017. CNN Travel. 7 electric aircraft you could be flying in soon. Published 21.11.2017. <https://edition.cnn.com/travel/article/electric-aircraft/index.html>
- de Jong, S., Hoefnagels, R., van Stralen, J., Londo, M., Slade, R., Faaij, A. & Junginger, M. 2017. Renewable Jet Fuel in the European Union – Scenarios and Preconditions for Renewable Jet Fuel Deployment towards 2030. [https://www.uu.nl/sites/default/files/renewable\\_jet\\_fuel\\_in\\_the\\_european\\_union\\_-\\_scenarios\\_and\\_preconditions\\_for\\_renewable\\_jet\\_fuel\\_deployment\\_towards\\_2030.pdf](https://www.uu.nl/sites/default/files/renewable_jet_fuel_in_the_european_union_-_scenarios_and_preconditions_for_renewable_jet_fuel_deployment_towards_2030.pdf)
- EASA, EEA & EUROCONTROL 2016. European Aviation Environmental Report 2016. DOI: 10.2822/385503
- EEA (European Environment Agency) 2017. Aviation and shipping – impacts on Europe's environment. TERM 2017: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report. EEA Report 22/2017. <https://www.eea.europa.eu/publications/term-report-2017>
- EEA 2018. Trends and projections in the EU ETS in 2018. The EU Emissions Trading System in numbers. EEA Report 14/2018. <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-the>
- EU No 748/2012. Komission asetus (EU) N:o 748/2012, annettu 3 päivänä elokuuta 2012, ilma-alusten ja niihin liittyvien tuotteiden, osien ja laitteiden lentokelpoisuus- ja ympäristösertifiointia sekä suunnittelu- ja tuotanto-organisaatioiden sertifiointia koskevista käytäntöpanosäännöistä. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0748&from=EN>

- EUROCONTROL 2016. Eurocontrol Method for estimating aviation fuel burnt and emissions in the framework of the EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. <https://www.eurocontrol.int/publications/eurocontrol-method-estimating-aviation-fuel-burnt-and-emissions>
- Eurocontrol 2018a. Environmental issues for aviation. <https://www.eurocontrol.int/articles/environmental-issues-aviation>
- Eurocontrol 2018b. [Advanced Emission Model \(AEM\)](https://www.eurocontrol.int/services/aem-advanced-emission-model). <https://www.eurocontrol.int/services/aem-advanced-emission-model>
- Eurocontrol 2018c. European Aviation in 2040 – Challenges of growth. <https://www.eurocontrol.int/publications/european-aviation-2040-challenges-growth-report>
- Euroopan komissio 2017. Valtiontuki; Komissio yksinkertaistaa satamiin, lentoasemiin, kulttuuriin ja syrjäisimpiin alueisiin tehtäviä julkisia investointeja koskevia sääntöjä. Lehdistötiedote. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-17-1341\\_fi.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-1341_fi.htm)
- Euroopan komissio 2018a. Allocation to aviation. [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/aviation\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/aviation_en)
- Euroopan komissio 2018b. Reducing emissions from aviation. [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_en)
- Euroopan komissio 2018c. State Aid Scoreboard 2017. [http://ec.europa.eu/competition/state\\_aid/scoreboard/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/competition/state_aid/scoreboard/index_en.html)
- Euroopan parlamentti 2018. EU:n päästökauppajärjestelmä ja sen uudistaminen. Julkaistu 26.3.2018, <http://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20170213STO62208/eu-n-paastokauppajarjestelma>
- Euroopan unioni 2015. Emission Reduction Targets for International Aviation and Shipping. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/569964/IPOL\\_STU\(2015\)569964\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/569964/IPOL_STU(2015)569964_EN.pdf)
- Euroopan unioni 2017. Clean Sky 2 -yhteisyritys. [https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/clean-sky2\\_fi](https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/clean-sky2_fi)
- Euroopan unioni 2018. SESAR-yhteisyritys. [https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/sesar\\_fi](https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/sesar_fi)
- Eurostat 2017. Air transport statistics. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Air\\_transport\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Air_transport_statistics) (Tiedot marraskuulta 2017.)
- Expressen 2014. Skandinaver reser mest i hela världen. Publicerad 28.10.2014. <https://www.expressen.se/allt-om-resor/skandinaver-reser-mest-i-hela-varlden/>
- Expressen 2018. Flygskatten kan behållas – trots den nya budgeten. Publicerad 14.12.2018. <https://www.expressen.se/allt-om-resor/flyg-1/flygskatten-kan-behallas-trots-den-nya-budgeten/>
- 2002/49/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/49/EY, annettu 25 päivänä kesäkuuta 2002, ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta.
- 2003/96/EY. Euroopan neuvoston direktiivi 2003/69/EY, annettua 27 päivänä lokakuuta 2003, energiatuotteiden ja sähkön verotusta koskevan yhteisön kehityksen uudistamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0096&from=EN>.
- 2007/219/EY. Neuvoston asetus (EY) N:o 219/2007, annettu 27 päivänä helmikuuta 2007, yhteisyrityksen perustamisesta uuden sukupolven eurooppalaisen ilmaliikenteen hallintajärjestelmän (SESAR) kehittämiseksi.. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1438851223973&uri=CELEX:32007R0219>.
- 2008/101/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/101/EY, annettu 10 päivänä marraskuuta 2008, direktiivin 2003/87/EY muuttamisesta ilmailutoiminnan säilyttämiseksi yhteisön kasvihuonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmään. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32008L0101>
- FCC Aviation 2018. European Aviation Taxes at a Glance. <https://www.fccaviation.com/>
- Finavia 2017. Helsinki-Vantaan lentoasema. Lentokonemelun hallintasuunnitelma. [https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Lentokonemelun\\_hallintasuunnitelma\\_Final\\_netiversio.pdf](https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Lentokonemelun_hallintasuunnitelma_Final_netiversio.pdf)
- Finavia 2018a. Suomalaisen lentämisen historia: 2000 -luku – Terroriuhka kiristää turvatoimia ja matkojen ostaminen siirtyi nettiin. <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2018/suomalaisen-lentamisen-historia-2000-luku-terroriuhka-kiristaa-turvatoimia-ja>
- Finavia 2018b. Vuosi 2017. [https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia\\_Vuosi2017.pdf?navref=paragraph](https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia_Vuosi2017.pdf?navref=paragraph)
- Finavia 2018c. Suullinen tiedonanto. (Head of Controlling and Treasury Hannu Karrun antama tieto Finavian lentoasematoiminnan ristiinsubvention rahoitustarpeesta tulevaisuudessa.)
- Finavia 2018d. Helsinki Airport Key Facts & Figures 2017. [https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Helsinki%20Airport\\_Key%20Facts%202017\\_ENG.pdf](https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Helsinki%20Airport_Key%20Facts%202017_ENG.pdf)
- Finavia 2018e. Lentoliikenteen tilastot. <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/tietoa-lentoliikenteesta/liikennetilastot/liikennetilastot-vuosittain>

- Finavia 2018f. <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/lentoasemat-kehittyvat/helsinki-vantaan-kehitysohjelma>
- Finavia 2018g. Vastuullisuusraportti 2017. [https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia\\_Vastuullisuusraportti\\_2017.pdf?navref=paragraph](https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia_Vastuullisuusraportti_2017.pdf?navref=paragraph)
- Finavia 2018h. Henkilökohtainen tiedonanto. (Kestävän kehityksen johtaja Mikko Viinikaiselta saatu tieto Finavian lentoasemien hiilineutraalisuudesta.)
- Finavia 2018i. Uutishuone <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2018/finavia-kaynnistaa-55-miljoonan-euron-investointiohjelman-lapin-lentoasemilla>
- Finnair 2018a. Finnairin päästölaskuri. <https://www.finnair.com/fi/fi/emissions-calculator>
- Finnair 2018b. Vuosikertomus 2017. [https://investors.finnair.com/~/\\_/media/Files/F/Finnair-IR/documents/fi/reports-and-presentation/2018/vuosikertomus-2017.pdf](https://investors.finnair.com/~/_/media/Files/F/Finnair-IR/documents/fi/reports-and-presentation/2018/vuosikertomus-2017.pdf)
- Finnair 2018c. Henkilökohtainen tiedonanto. (Kestävän kehityksen johtaja Kati Ihamäeltä saatu tieto Finnairin päästökauppa-oikeuksista.)
- Finnair 2018d. Tiedote 18.7.2018. Finnair selvitti: suomalaiset kannattavat toimia, jotka suoraan vähentävät lentämisen päästöjä; biopolttoaine ja hiilinielut suosikkeja. <https://company.finnair.com/fi/media/kaikki-tiedotteet/tiedote?id=2997058>
- Grey, E. 2016. Mapping out airport taxes around the world. Published 31.10.2016. <https://www.airport-technology.com/features/featuremapping-out-airport-taxes-around-the-world-5647771/>
- Hamrick, K. & Gallant, M. 2017. Unlocking Potential. State of the Voluntary Carbon Markets 2017. Forest Trends' Ecosystem Marketplace 2017. <https://www.cbd.int/financial/2017docs/carbonmarket2017.pdf>
- Helsingin Sanomat 2018a. Kotimaa. Lentämisestä aiheutuvaa ilmastoahdistusta voi hyvittää rahalla – mutta mihin rahat menevät ja mistä voi tietää oikean summan? Julkaistu 23.10.2018. <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000005874539.html>
- Helsingin Sanomat 2018b. Talous. Lentämisen tulevaisuus voi olla sähkössä, ja kohta siivilleen nousee Suomen ensimmäinen sähkömoottorikone – ”Nyt ajatellaan, että pahat ihmiset lentävät, sähköistyminen muuttaa sen” Julkaistu 20.6.2018. <https://www.hs.fi/talous/art-2000005727766.html>
- Higham, J., Cohen, S.A., Cavaliere, C.T., Reis, A. & Finkler, W. 2016. Climate change, tourist air travel and radical emissions reduction. Journal of Cleaner Production 111 (B): 336-347. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.10.100.
- House, K.Z. 2009. The limits of energy storage technology. Bulletin of the Atomic Scientists. Published 20.1.2009. <https://thebulletin.org/2009/01/the-limits-of-energy-storage-technology/>
- IATA (International Air Transport Association) 2011. Vision 2050. [https://www.iata.org/pressroom/facts\\_figures/Documents/vision-2050.pdf](https://www.iata.org/pressroom/facts_figures/Documents/vision-2050.pdf)
- IATA 2018a. IATA Forecast Predicts 8.2. billion Air Travelers in 2037. Press Release No. 62, published 24.10.2018. <https://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2018-10-24-02.aspx>
- IATA 2018b. 10 years of flying with Sustainable Aviation Fuels (SAF). <https://www.iata.org/pressroom/pr/Documents/saf10-infographic.pdf>
- IATA 2018c. Fact Sheet. Climate Change & CORSIA. [https://www.iata.org/pressroom/facts\\_figures/fact\\_sheets/Documents/fact-sheet-climate-change.pdf](https://www.iata.org/pressroom/facts_figures/fact_sheets/Documents/fact-sheet-climate-change.pdf)
- ICAO (International Civil Aviation Organization) 2016a. Annual report 2015. Appendix 1. Tables relating to the world of air transport in 2015. [https://www.icao.int/annual-report-2015/Documents/Appendix\\_1\\_en.pdf](https://www.icao.int/annual-report-2015/Documents/Appendix_1_en.pdf)
- ICAO 2016b. ICAO Environmental Report. Aviation and climate change. <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO%20Environmental%20Report%202016.pdf>
- ICAO 2016c. On Board a Sustainable Future. [https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAOEnvironmental\\_Brochure-1UP\\_Final.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAOEnvironmental_Brochure-1UP_Final.pdf)
- ICAO 2016d. Carbon Emissions Calculator. <https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>
- ICAO 2017. ICAO Council adopts new CO2 emissions standard for aircraft. Published 6.3.2017. <https://www.icao.int/Newsroom/NewsDoc2017/COM.05.17.EN.pdf>
- ICAO 2018a. Climate Change: State Action Plans and Assistance. [https://www.icao.int/environmental-protection/pages/climatechange\\_actionplan.aspx](https://www.icao.int/environmental-protection/pages/climatechange_actionplan.aspx)
- ICAO 2018b. Modelling and Databases. <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/modelling-and-databases.aspx>

- ICAO 2018c. Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSA). Frequently Asked Questions (FAQs). [https://www.icao.int/environmental-protection/CORSA/Documents/CORSA\\_FAQs\\_Update\\_9Aug18.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/CORSA/Documents/CORSA_FAQs_Update_9Aug18.pdf)
- ICAO 2018d. CORSIA States for Chapter 3 State Pairs.. <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSA/Pages/state-pairs.aspx> (Tiedot päivitetty 5.11.2018).
- International Energy Agency 2017. CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion. <https://www.iea.org/classicstats/relateddatabases/co2emissionsfromfuelcombustion/>
- IHLG (Industry High Level Group) 2017. Aviation Benefits 2017. <https://www.icao.int/sustainability/Documents/AVIATION-BENEFITS-2017-web.pdf>
- Insider Inc. & finanzen.net GmbH 2018. CO2 European Emission Allowances. <https://markets.businessinsider.com/commodities/co2-emissionsrechte>.
- Itä-Savo 2018. Savonlinnan lentoihin ei tule hintakampanjoita – Tukijärjestelmä estää alennushintaiset liput. Verkkolehti. Julkaistu 14.9.2018. <https://ita-savo.fi/uutiset/lahella/9aab4e0d-8759-4861-b18d-ffbee7322590>
- IPCC, 2018: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. World Meteorological Organization, Geneva. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Jungbluth, N. & Meili, C. 2018. Recommendations for calculation of the global warming potential of aviation including the radiative forcing index. The International Journal of Life Cycle Assessment. DOI:10.1007/s11367-018-1556-3.
- Kaivanto, K. & Zhang, P. 2017. Rank-order concordance among conflicting emissions estimates for informing flight choice. Transportation Research Part D 50, 418–430. DOI: 10.1016/j.trd.2016.10.037.
- Kharina, A. & Rutherford, D. 2015. Fuel efficiency trends for new commercial jet aircraft: 1960 to 2014. White paper. The International Council on Clean Transportation. [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_Aircraft-FE-Trends\\_20150902.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Aircraft-FE-Trends_20150902.pdf)
- Krenek, A. & Schratzenstaller, M. 2016. Sustainability-oriented EU Taxes: The Example of a European Carbon-based Flight Ticket Tax. <http://ec.europa.eu/budget/mff/Library/hlgor/selected-readings/41-Carbon-basedFlightTicketTax-Schratzenstalle.pdf>
- Korteland, M. & Faber, J. 2013. Estimated Revenues of VAT and Fuel Tax on Aviation. Delft: CE Delft. [https://www.cedelft.eu/publicatie/estimated\\_revenues\\_of\\_vat\\_and\\_fuel\\_tax\\_on\\_aviation/1401](https://www.cedelft.eu/publicatie/estimated_revenues_of_vat_and_fuel_tax_on_aviation/1401)
- Lentoliikenne ja ilmasto-sivusto 2018. <https://www.finavia.fi/fi/lentoliikenne-ja-ilmasto>
- Lentoposti.fi 2018a. Valtion lentopaikka-avustukset Lappeenrannan ja Seinäjoen lentoasemille – viisi jäi ilman tukea. Julkaistu 30.3.2018. [http://www.lentoposti.fi/uutiset/valtion\\_lentopaikka\\_avustukset\\_lappeenrannan\\_ja\\_seinajoen\\_lentoasemille\\_viisi\\_jai\\_ilman\\_tukea](http://www.lentoposti.fi/uutiset/valtion_lentopaikka_avustukset_lappeenrannan_ja_seinajoen_lentoasemille_viisi_jai_ilman_tukea)
- Lentoposti.fi 2018b. LVM esittää miljoonaa lentoliikenteen ostopalveluihin ja lentoasemien ylläpitoon. Julkaistu 9.8.2018. [http://www.lentoposti.fi/uutiset/lvm\\_esitt\\_miljoonaa\\_lentoliikenteen\\_ostopalveluihin\\_ja\\_lentoasemien\\_yll\\_pitoon](http://www.lentoposti.fi/uutiset/lvm_esitt_miljoonaa_lentoliikenteen_ostopalveluihin_ja_lentoasemien_yll_pitoon)
- Lentoposti.fi. 2018c. Porin kaupunki aloittaa lentoliikenteen kilpailuttamisen. Julkaistu 11.9.2018. [http://www.lentoposti.fi/uutiset/porin\\_kaupunki\\_aloittaa\\_lentoliikenteen\\_kilpailuttamisen](http://www.lentoposti.fi/uutiset/porin_kaupunki_aloittaa_lentoliikenteen_kilpailuttamisen)
- Liikenne- ja viestintäministeriö 2015. Lentoliikennestrategia 2015–2030. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2a/2015. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-441-8>
- Liikenne- ja viestintäministeriö 2016. Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestö ICAO:n 39. yleiskokouksen päätöslauselma lentoliikenteen päästöjen hyvitysjärjestelmästä. Perusmuistio LVM2016-00355. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Liiteasiakirja/Documents/EDK-2016-AK-87398.pdf>.
- Liikennevirasto 2012. Henkilöliikennetutkimus 2010–2011. Suomalaisten liikkuminen. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lr\\_2012\\_henkiloliikennetutkimus\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lr_2012_henkiloliikennetutkimus_web.pdf)
- Liikennevirasto 2018. Henkilöliikennetutkimus 2016. Suomalaisten liikkuminen. Liikenneviraston tilastoja 1/2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti\\_2018-01\\_henkiloliikennetutkimus\\_2016\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti_2018-01_henkiloliikennetutkimus_2016_web.pdf)
- Lyytimäki, J. & Rinne, J. 2013. Valon varjopuolet. Valosaaste ympäristöongelmana. Gaudeamus.
- Messukeskus 2018. Matkailututkimus 2018: Suomalaiset matkustavat pois arjesta ja kiireestä – vastuullisesti. Julkaistu 17.1.2018. <https://messukeskus.com/press-release/matkailututkimus-2018-suomalaiset-matkustavat-pois-arjesta-ja-kiireesta-vastuullisesti/>
- MyClimate 2018. Offset your flight emissions! Foundation myclimate. [https://co2.myclimate.org/en/flight\\_calculators/new](https://co2.myclimate.org/en/flight_calculators/new)

- Neste 2018a. Neste MY uusiutuvat lentopolttoaine. <https://www.neste.com/fi/puhtaammat-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-lentopolttoaine>
- Neste 2018b. Renewable Jet Fuel, why does it cost more? <https://decarbonizingaviation.com/articles/renewable-jet-fuel-why-does-it-cost-more/>
- Niemistö, J. 2018a. Lentomatkustuksen päästöt – iskeekö ilmastoahdistus? <https://www.sitra.fi/blogit/lentomatkustuksen-paastot-iskeeko-ilmastoahdistus/>
- Niemistö, J. 2018b. Lentäminen ja ilmasto – tässä kesän tärkeimmät uutiset. <https://www.sitra.fi/blogit/lentaminen-ja-ilmasto-tassa-kesan-tarkeimmat-utiset/>
- Peters, G. 2018. Beyond carbon budgets. *Nature Geoscience* 11, 378–380. DOI: 10.1038/s41561-018-0142-4.
- PricewaterhouseCoopers LLP 2017. The economic impact of air taxes in Europe. European Economic Area. October 2017. <https://a4e.eu/wp-content/uploads/2017/10/The-economic-impact-of-air-taxes-in-Europe-EEA-1.pdf>
- Ritonummi, T. 2018. Päästökauppa toimii – ehkä hitaasti – mutta jatkossa paremmin. Työ- ja elinkeinoministeriön TEMatiikka-blogi. Julkaistu 26.1.2018. <https://tem.fi/blogi/-/blogs/paastokauppa-toimii-ehka-hitaasti-mutta-jatkossa-paremmin>
- Rockström, J., Gaffney, O., Rogelj, J., Meinshausen, M., Nakicenovic, N. & Schellnhuber, H. J. 2017. A roadmap for rapid decarbonization. *Science*, 355(6331), 1269-1271. DOI: 10.1126/science.aah3443.
- Salo, M., Nissinen, A., Mattinen, M., Manninen, K., Lommi, E. & Pekkanen, J. 2017. Ilmastodieetti – mihin sen antamat ilmastopainot perustuvat [https://beta.ilmastodieetti.fi/pdf/Ilmastodieetti\\_dokumentaatio\\_2017-10-13.pdf](https://beta.ilmastodieetti.fi/pdf/Ilmastodieetti_dokumentaatio_2017-10-13.pdf)
- SESARJU 2018. About Single European Sky. <https://www.sesarju.eu/background-ses>
- Sims R., Schaeffer, R. F. Creutzig, F. et al. 2014. Transport. Julk.: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y. et al. (Eds.). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. S. 599–670. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
- Schmidt, P. & Weindorf, W. 2016. Power-to-Liquids. Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/161005\\_uba\\_hintergrund\\_ptl\\_barrierefrei.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/161005_uba_hintergrund_ptl_barrierefrei.pdf)
- SMAL (Suomen matkatoimistoalan liitto ry) 2018. SMAL:n tarina: Matkailun ja matkatoimistojen historiaa. <http://www.smal.fi/fi/SMAL/Historia>
- Suomen ympäristökeskus 2018. Henkilökohtainen tiedonanto, (Projektipäällikkö Kristina Saariselta saatu tieto ilman epäpuhtauksien raportoinnista.)
- Tekniikka&Talous 2009. Lentoliikenne ja ilmasto – kompleksinen suhde. Julkaistu 12.10.2009. <https://www.tekniikkatalous.fi/arkisto/2009-10-12/Lentoliikenne-ja-ilmasto---kompleksinen-suhde-3280045.html>
- Tekniikka&Talous 2010a. Ainutlaatuinen sähkölentokone teki yöllistä historiaa. Julkaistu 8.7.2010. <https://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/2010-07-08/Ainutlaatuinen-s%C3%A4hk%C3%B6lentokone-teki-y%C3%B6llist%C3%A4-historiaa-3295948.html>
- Tekniikka&Talous 2010b. Sähkölentokone Cri-Cri teki neitsytlentonsa. Julkaistu 6.9.2010. <https://www.tekniikkatalous.fi/innovaatiot/2010-09-06/S%C3%A4hk%C3%B6lentokone-Cri-Cri-teki-neitsytlentonsa-3296891.html>
- Tekniikka&Talous 2018. Finnair-pomo tyrmää lentämisen lisäveron – ”voi jopa lisätä lentämisen päästöjä”. Julkaistu 14.5.2018. [https://www.tekniikkatalous.fi/talous\\_uutiset/liikenne/finnair-pomo-tyrmaa-lentamisen-lisaveron-voi-jopa-lisata-lentamisen-paastoja-6724495](https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/liikenne/finnair-pomo-tyrmaa-lentamisen-lisaveron-voi-jopa-lisata-lentamisen-paastoja-6724495)
- Tilastokeskus 2018a. Kansainvälistä vertailutietoa. [https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk\\_ulkomaat.html](https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_ulkomaat.html)
- Tilastokeskus 2018b. Suomen virallinen tilasto. Suomalaisten matkailu 2017. ISSN 1798-8837. [http://www.stat.fi/til/smat/2017/smat\\_2017\\_2018-03-29\\_fi.pdf](http://www.stat.fi/til/smat/2017/smat_2017_2018-03-29_fi.pdf)
- Tilastokeskus 2018c. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2016. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. 15 April 2018. [https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi\\_nir\\_un\\_2016\\_20180415.pdf](https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_nir_un_2016_20180415.pdf)
- Tilastokeskus 2018d. Henkilökohtainen tiedonanto. (Yliaktuaari Kari Grönforsilta saatu tieto kasvihuonekaasujen raportoinnista.)
- Trafi 2014. Lennonvarmistus ja ilmatila. [https://www.trafi.fi/ilmailu/lennonvarmistus\\_ja\\_ilmatila](https://www.trafi.fi/ilmailu/lennonvarmistus_ja_ilmatila)

- Trafi 2016. Kansainvälisen lentoliikenteen päästöhyvitysjärjestelmä (CORSIA). [https://www.trafi.fi/filebank/a/1480682839/88b61b10744305c4ee84fe2a5ad1c054/23235-CORSIA\\_netisivuille.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1480682839/88b61b10744305c4ee84fe2a5ad1c054/23235-CORSIA_netisivuille.pdf)
- Trafi 2018a. Säädökset. <https://www.trafi.fi/ilmailu/saadokset>
- Trafi 2018b. Päästökauppa. <https://www.trafi.fi/ilmailu/ymparistoasiat/paastokauppa>
- Trafi 2018c. State Action Plan of Finland International Aviation CO2 Emissions – Suomen toimintasuunnitelma kansainvälisen ilmailun CO2-päästöjen vähentämiseksi. Trafín julkaisuja 17/2018.
- Trafi 2018d. Trafi Talks. CORSIA karsimaan lentoliikenteen päästöjä. Julkaistu 23.4.2018. [https://www.trafitalks.fi/artikkelit/62/corsia\\_karsimaan\\_lentoliikenteen\\_paastoja](https://www.trafitalks.fi/artikkelit/62/corsia_karsimaan_lentoliikenteen_paastoja)
- Trafi 2018e. Henkilökohtainen tiedonanto. (Erityisasiantuntija Jari Lyytiselä saatu tieto ilma-aluksiin liittyvästä sääntelystä.)
- Trafi 2018f. Liikennefakta. Lentoliikenteen päästökauppa. [https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/lentoliikenteen\\_paastokauppa](https://www.liikennefakta.fi/ymparisto/lentoliikenteen_paastokauppa)
- Traveller 2014. The world's biggest travellers - which nationality takes most trips? Published 21.10.2014. <http://www.traveller.com.au/the-worlds-biggest-travellers--which-nationality-takes-the-most-trips-11979j>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) 2018. National Inventory Submissions 2018. <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2018>
- UNEP (United Nations Environmental Programme) 2017. The Emissions Gap Report 2017. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR\\_2017.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf)
- Urs, M. & Vezzini, A. 2015. Electric flight – history - state of the art and first applications. EVS28 International Electric Vehicle Symposium and Exhibition [https://www.bfh.ch/fileadmin/data/publikationen/2015/D\\_35\\_Muntwyler\\_U.pdf](https://www.bfh.ch/fileadmin/data/publikationen/2015/D_35_Muntwyler_U.pdf)
- Verohallinto 2016. Ilmailussa käytettyjen polttoaineiden valmisteverotus. [https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56202/ilmailussa\\_kaytettyjen\\_polttoaineiden\\_v/](https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56202/ilmailussa_kaytettyjen_polttoaineiden_v/)
- Viri, R. 2015. Maailman lentoliikenteen nykytila ja kehitysnäkymät. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/23447/Viri.pdf?sequence=1&isAllowed=yhttps://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/23447/Viri.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- VTT 2009. Suomen reitti- ja lomalentojen keskimääräinen päästö ja energiankulutus henkilökilometriä kohden vuonna 2008. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/ilmaliikenne/ilma.htm>
- Vuola, M. 2012. Kaupallisen lentoliikenteen toimintaympäristön murroksen ja rakennemuutosten vaikutus lentoliikenteen turvallisuuteen. Liikenteen analyysit, teema-analyysi. Trafín julkaisuja 28/2012.
- Yle 2017. Liikenne. Pori hyväksyi miljoonatuet lentoliikenteelle – lennot alkavat huhtikuussa. Julkaistu 27.2.2017. <https://yle.fi/uutiset/3-9482849>
- Yle 2018. Ruotsalaiset maksavat pian lentoveroa – Berner tyrmää: Ei sovi Suomeen, voisi haitata Finnairia. Julkaistu 13.3.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-10112780>



Tämä selvitys on osa Sitran ja Suomen ympäristökeskuksen yhteishanketta, joka on toteutettu osana Sitran Ilmastoratkaisut -avainaluetta. Raportin tavoitteena on selventää kuvaa siitä, kuinka suuria lentomatkustamisen päästöt ovat, millaisilla keinoilla ja säädöksillä haitallisia vaikutuksia pyritään hallitsemaan tällä hetkellä ja mitä päästöjen vähentämiseksi voidaan tehdä tulevaisuudessa. Selvityksellä pyritään kuvaamaan alan nykytilanne kokoamalla alaan liittyvät faktat yhtenäiseksi tietopaketiiksi, johon tutustumalla lukija saa yleiskuvan lentoalasta ja sen ympäristövaikutuksista.



**ISBN 978-952-11-4993-1 (nid.)**

**ISBN 978-952-11-4994-8 (PDF)**

**ISSN 1796-1718 (pain.)**

**ISSN 1796-1726 (verkkok.)**