



# Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

8.11.2019

[lentolaskuri.fi](http://lentolaskuri.fi)

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

# SISÄLTÖ

JOHDANTO

LENTOLIIKENTEEN JA SEN PÄÄSTÖJEN KASVU

LENNON PÄÄSTÖT

LASKENTA

ILMASTOTYÖ

MALLISSA JA TIIVISTELMÄSSÄ KÄYTETTYJÄ LÄHTEITÄ

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## JOHDANTO

Lentolaskurin avulla kukin meistä voi arvioida, kuinka suuri ilmasto-vaikutus tekemästämme lentomatkasta aiheutuu. Sen on tehnyt ja julkaissut tamperelainen Ekokumppanit Oy. Kyse on täysin uudistettu ja ajantasaistettu versio aiemmasta nettilaskurista, joka otettiin alun perin käyttöön jo vuonna 2008.

Syksyn 2019 aikana tehtyä päivitysprojektia veti Miki Mäkelä ja laskurin WordPress-toteutuksesta vastasi Mika Telkkä Ekokumppaneilta. Laskentamallin päivitti Marko Nurminen Avoin yhtiö Tietotakomosta.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LENTOLIIKENTEEN JA SEN PÄÄSTÖJEN KASVU

Lentoliikenne aiheuttaa jo yli 2 % ihmistoiminnan hiilidioksidipäästöistä. Lentämisen määrä kasvaa tällä hetkellä noin 5 % vuodessa. Viimeisen viiden vuoden aikana lentämisen hiilidioksidipäästöjen arvioidaan [kasvaneen kolmanneksella](#). Suomalaiset ovat ahkeria lentomatrustajia ja lennoistamme aiheutuu asukasta kohti ovat [toiseksi suurimmat päästöt maailmassa](#). Kasvava kysyntä syö teknisten ratkaisujen ja toiminnan tehostamisen tuomat hyödyt ja lentomatkailun jatkuva päästöjen kasvu mitätöi muilla sektoreilla saavutettujen päästövähennysten vaikutuksia.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

# LENNON PÄÄSTÖT: LENTOVAIHE JA PÄÄSTÖT

Lento voidaan jakaa useaan eri vaiheeseen. Osa vaiheista sisältyy 3 000 jalan eli reilun 900 metrin korkeudessa tapahtuvaan laskeutumisen ja nousun LTO-sykliin ja osa korkeammalla ilmatilassa tapahtuvaan nousuun, matkalentoon ja liukuun. Lentokoneen moottorien kuormitus vaihtelee lennon eri vaiheissa ja vaikuttaa siten niiden polttoaineen kulutukseen ja edelleen päästöjen syntymiseen ja lennon ilmasto-vaikutuksiin.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LENNON PÄÄSTÖT: HIILIDIOKSIDI

Lentokoneen moottorien päästöistä on noin 70 % hiilidioksidia ja noin 30 % vesihöyryä. Alle prosentti on typen ja rikin oksideja, palamattomia hiilivetyjä, häkää, pienhiukkasia ja nokea. Hiilidioksidipäästöt voidaan laskea kulutetun polttoainemäärän perusteella. Hiilidioksidin lämmittävä vaikutus on sama lentokorkeudesta riippumatta, kun taas muihin päästöihin vaikuttaa myös lennon vaihe. Muiden päästöjen ilmastovaikutusten arvioiminen on haastavampaa, sillä ne reagoivat monimutkaisesti osin lämmittäen ja osin viilentäen ilmakehää.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LENNON PÄÄSTÖT: VESIHÖYRY JA MUUT PÄÄSTÖT

Vesihöyrystä kehittyy sopivissa olosuhteissa tiivistymisvannoja, joista voi muodostua ilmakehää lämmittäviä cirrus- eli untuvapilviä. Typen oksidit lisäävät ilmasto lämmittävää otsonia. Samalla ne kuitenkin vähentävät ilmakehästä voimakasta kasvihuonekaasua metaania. Rikkipäästöistä aiheutuvat sulfaattihiukkaset heijastavat auringon säteilyä ja viilentävät näin planeettaamme. Pienhiukkaset lisäävät puolestaan pilvien muodostumista lentokorkeudessa. Noki imee lämpösäteilyä.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LENNON PÄÄSTÖT: SÄTEILYPAKOTEKERROIN

Lennon päästöistä syntyvien eri yhdisteiden suoria ja epäsuoria yhteisvaikutuksia ei tunneta tarkasti. Niiden ilmastovaikutusta arvioidaan kertomalla hiilidioksidimäärä säteilypakote- eli RFI-kertoimella (*Radiative Forcing Index*), joka on päästöjen yhteenlasketun lämmitysvaikutuksen ja hiilidioksidipäästöjen lämmitysvaikutuksen suhdeluku. RFI-kertoimelle on vaikea asettaa tarkkaa arvoa. Sen arvioidaan kuitenkin yleensä olevan yhden ja viiden välillä.



Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

# LENNON PÄÄSTÖT: LENTÄMISEN MUITA PÄÄSTÖLÄHTEITÄ

Lentoliikenteestä syntyy kasvihuonekaasupäästöjä myös muista toiminnoista kuin varsinaisesta lentämisestä. Niitä liittyy lentokoneiden valmistuksen, polttoaineiden jalostuksen ja kuljetuksen sekä lentoasemien ja muun lentämisen infrastruktuurin rakentamiseen elinkaareen. Lentoasema-toiminnot aiheuttavat päästöjä. Lentämisen välillisiin vaikutuksiin voidaan myös laskea mm. matkustajien lentoasemille saapumiseen ja sieltä poistumiseen liittyvän liikenteen aiheuttamat päästöt.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKENTA: PERUSPERIAATTEET

Lentolaskuri arvioi lentomatkan ilmastovaikutukset. Arviointia varten tarvitaan tieto siitä, miltä paikkakunnalta lento lähtee ja mihin se päättyy.

Lento voi muodostua useammasta välilaskusta tai muusta etapista.

Lennon pituus määritellään lähtö- ja päätepistetietojen avulla. Sään, lentokenttien ruuhkaisuuden ja muiden tekijöiden vuoksi lentoreitti on käytännössä pidempi kuin lähtö- ja päätepisteen välinen lyhin välimatka.

Tämä huomioidaan tekemällä lennon pituuteen laskennallinen korjaus.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKENTA: PERUSPERIAATTEET

Korjatun lennon pituuden avulla lasketaan lennolla kulunut polttoainemäärä. Tulos jaetaan koneen matkustajamäärällä. Laskenta huomioi myös lentorahdin osuuden ja matkustusluokan. Matkustajakohtaiset hiilidioksidipäästöt saadaan lentopolttoaineen ominaispäästöjen avulla. Lennon ilmastovaikutukset lasketaan säteilypakotekertoimella. Kun huomioidaan vielä, kuinka monta henkilöä on mukana matkalla ja onko kyseessä yhdensuuntainen vai meno-paluulento, tuloksena saadaan lentomatkan hiilidioksidiekvivalenttimääräiset kasvihuonekaasupäästöt.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKENTA: LENNON PITUUS JA SEN KORJAUS

Lentolaskuri hyödyntää lennon pituuden määrittämisessä Google Maps -alustaa. Määrittelyn jälkeen siihen tehdään korjaus, jolla lisätään arvio todellisen ja laskennallisesti lyhimmän lentoreitin poikkeamasta. Korjaus riippuu lennon pituudesta ICAO-ohjeiden (2017) luokitusta mukailten

- alle 550 km:n lennon pituuteen lisätään 9 %
- yli 5 500 km:n lennon pituuteen lisätään 125 km
- välillä 550–5 500 km lennon pituudesta riippuen lineaarisesti 50–125 km.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKENTA: LENNON PITUUS JA POLTTOAINEKULUTUS

Lyhyillä lennoilla kilometrikohtaiset päästöt ovat suuremmat kuin keskipitkillä lennoilla. Polttoainetta paljon kuluttava lähtövaihe muodostaa lyhyillä reiteillä suhteellisen suuren osan koko lennosta. Kaukolennoilla kuluu myös keskipitkiä lentoja enemmän polttoainetta matkustettua kilometriä kohti, sillä lentokone kuljettaa osan matkasta vasta lennon loppuvaiheessa käytettävää polttoainemäärää (esim. Burzlaff 2017).

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKENTA: POLTTOAINEEN KULUTUKSEN LASKENTA

Lennolla kulunut polttoainemäärä lasketaan korjatulle kilometreinä mitatulle lennon pituudelle myclimaten (2019) laskentamallin mukaisella kvadraattisella funktiomuodolla

$$kulutus = a \times lennon\ pituus^2 + b \times lennon\ pituus + c$$

Funktion laskentaparametrit  $a$ ,  $b$  ja  $c$  määrittyvät lennon pituuden perusteella siten, että alle 1 500 km:n ja yli 2 500 km:n lennoille on omat parametrinsa ja välille 1500– 2500 km sijoittuvien lentojen polttoaineen kulutus lasketaan lineaarisesti interpoloiduilla parametreilla.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKENTA: MATKUSTAJAT, TÄYTTÖASTE, RAHTI JA LUOKKA

Polttoainekäyttö jaetaan lennon keskimääräisellä matkustajamäärällä, johon vaikuttaa lentokoneen istuinpaikkojen keskimääräinen lukumäärä ja täyttöaste. Lentorahdin osuus huomioidaan painoon perustuvalla kertoimella. Business- ja ykkösluokan istuimet ovat painavampia ja vievät enemmän tilaa kuin Economy-luokan paikat ja pienentävät koneeseen mahtuvaa matkustajamäärää. Matkustusluokan kerroin perustuu Economy-luokkaan. Kaikki kertoimet on määritelty lentokonetyyppien lentokilometreillä painotettuina keskiarvoina (ks. myclimate 2019).

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKENTA: PÄÄSTÖKERTOIMET

Lentokoneen polttoaineen hiilidioksidipäästöjen (CO<sub>2</sub>) ominaispäästökerroin on lentopetrolin eli kerosiinin mukaisesti 3,150 kg CO<sub>2</sub>/kg polttoainetta (IPCC 2000). Hiilidioksidin ja muiden lennon aikana syntyneiden päästöjen ilmastovaikutusta kuvaava RFI-kerroin on määritelmällisesti 2 (Jungbluth ja Meili 2018). Tuloksena saatavat hiili-dioksidiekvivalenttikilot (kg CO<sub>2</sub>-ekv) ovat laskennallinen päästömäärä, jossa lennon aikana syntyviä eri kasvihuonekaasupäästöjä on painotettu niiden ilmastovaikutusten voimakkuuden ja pysyvyyden mukaan.



Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

# LASKURI: PÄÄSTÖLASKENTAPARAMETRIEN LUKUARVOT

	Alle 1500 km	Yli 2 500 km	Parametrin lähde
Polttoainekulutuksen a-kerroin	0	0,00010	myclimate (2019)
Polttoainekulutuksen b-kerroin	2,71	7,104	myclimate (2019)
Polttoainekulutuksen c-vakio	1166,52	5044,93	myclimate (2019)
Matkustajapaikkojen määrä	153,51	280,21	myclimate (2019)
Matkustajapaikkojen täyttöaste	0,82	0,82	myclimate (2019)
Matkustusluokka (Economy)	0,96	0,80	myclimate (2019)
Rahdin osuus	0,07	0,26	myclimate (2019)
Polttoaineen ominaispäästöt	3,15		IPCC (2000)
Säteilypakotekerroin	2		Jungbluth ja Meili (2018)

Välillä 1 500–2 500 km päästölaskentakertoimet ja -vakiot määrittyvät lennon pituuden mukaan lineaarisesti alle 1 500 km:n ja yli 2 500 km:n parametrien perusteella.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKURI: TEKNINEN TOTEUTUS

Lentolaskuri-sivusto on toteutettu avoimeen lähdekoodin perustuvalla [WordPress-sisällönhallintaohjelmistolla](#). Varsinaisen laskurin ja sen laskentamallin toteutusta varten on erityisesti luotettavuuden perusteella [Calculated Fields Form](#) -lisäosa. Se mahdollista myös [Google Mapsin Places-ohjelmointirajapinnan](#) (API) käytön lentojen pituuden laskennassa. Laskenta tapahtuu lisäosan valmiilla DISTANCE-funktiolla.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKENTA: MUUT LENTÄMISEN PÄÄSTÖLASKURIT

Lentolaskurin lisäksi lentämisen ilmastovaikutuksia voi arvioida monen muun nettilaskurin avulla. Oman laskurinsa on julkaissut mm. [ICAO](#), [Finnair](#), [SAS](#), [MyClimate](#), [AtmosFair](#) tai [Greenseat](#). Laskurit voivat antaa toisistaan merkittävästi eroavia tuloksia lentomatkojen ilmastovaikutuksista (ks. Niemistö ym. 2019, luku 3.3). Jo lennon pituuksien välillä voi olla eroja, erityisesti korjausparametrien osalta. Tausta-aineistot poikkeavat toisistaan. Osa laskureista huomioi vain polttoaineen hiilidioksidipäästöt, kun osassa arvioidaan Lentolaskurin tavoin muitakin vaikutuksia.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## LASKENTA: TULOKSET SUUNTA-AANTAVIA ARVIOITA

Aineistorajoitteiden ja yksinkertaistetun laskentamallin vuoksi Lentolaskuri antaa vain karkean arvio todellisuudesta ja kuvaa suunta-antavasti lennon aiheuttamaa ilmastovaikutusta. Laskentamallin suunnittelussa ei haluttu aliarvioida lentämisen todellisia ilmasto-vaikutuksia, jottei käyttäjä saisi virheellistä käsitystä, että lentäminen olisi ilmastomyötäisempi liikkumismuoto kuin mitä se todellisuudessa on. Parametrit pitää päivittää säännöllisin väliajoin, sillä lentämisen energiatehokkuuden jatkuva paraneminen vaikuttaa kertoimiin.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## ILMASTOTYÖ: LENTOALAN TOIMENPITEET

Lentoala vähentää päästöjä teknisin, operatiivisin, taloudellisin ja sääntelypohjaisiin keinoin. Uudet lentokonemallit ovat edeltäjiään vähäpäästöisempiä. Matkustajakohertainen polttoaineen kulutus on pienentynyt 70 % 1980-luvun alusta. Lentopetrolin rinnalle on tulossa kestäviä polttoaineita ja sähkölentokoneita. Lentojen energiatehokkuutta parannetaan optimoimalla lentonopeutta ja -korkeutta, kehittämällä ilmatilan hallintaa ja sujuvoittamalla lentoreittejä sekä tehostamalla operointia. Myös lentoasemat ovat asettaneet ilmastotavoitteita. (Niemistö ym. 2019, luku 4)

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## ILMASTOTYÖ: PÄÄSTÖKAUPPA, CORSIA JA VEROTUS

EU-alueen sisäisessä lentoliikenteessä on käyty [päästökauppaa](#) vuodesta 2012. ICAO hakee kansainvälisen lentoliikenteen hiilineutraalia kasvua vuodesta 2020 alkaen [CORSIA-päästöhyvitysjärjestelmän](#) tuella. Lentoyhtiöiden päästöt määritellään siinä vuosien 2019–2020 lentojen päästöjen keskiarvona ja yhtiöt hyvittäisivät jatkossa vertailutason ylittävät päästöt ostamalla päästövähennysyksiköitä. Myös lentoliikenteen poliittiset sääntelykeinoja kuten polttoaineiden tai lentojen verotusta ja maksuja on käytetty. (Niemistö ym. 2019, luku 4.4)

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## ILMASTOTYÖ: KULUTTAJAN ROOLI MERKITTÄVÄ

Tekniikan, kestävien polttoaineiden ja lentoliikennealan tehostumisten avulla pystytään rajoittamaan vain osa lentoliikenteen lisääntymisen aiheuttamasta kasvihuonekaasupäästöjen kasvusta. Lentoliikenteen kasvu lisää energiankulutusta ja päästöjä toimenpiteistä huolimatta. Päästöjä voidaan pienentää myös vähentämällä lentämisen määrää. Yksilötason valinnat ovat siksi tärkeässä roolissa lentoliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen hillinnässä.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## ILMASTOTYÖ: KULUTTAJAN VALINTAMAHDOLLISUUDET

Jää lopulta yksilötason päätökseksi, kuinka paljon Lentolaskurin antama päästömäärä lopulta muuttaa toimintaa. Matkustajilla on mahdollisuus haastaa lentoyhtiöitä ilmastotyöhön ja vaikuttaa kysynnän avulla alan palvelutarjontaan. Päästöiltään pienempiä ja vihreämpiä lentoyhtiö- ja -matkavaihtoehtoja on kuitenkin vaikea löytää tarjonnasta. Helpompia vaikutuskeinoja on valita ainakin lyhyemmillä matkoilla lentämisen sijaan toinen kulutapa, muuttaa matkakohdetta lähemmäksi tai jättää matka jopa kokonaan tekemättä, jos lento ei ole erityisen pakollinen.



Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

## ILMASTOTYÖ: KOMPENSOINTI

Yksi tapa ”neutraloida” lennon aiheuttamia ilmastovaikutuksia on vähentää saman verran päästöjä muusta kulutuksesta. Päästöt, joita ei pystytä välttämään, voi myös hyvittää maksamalla vapaaehtoisia päästöhyvityksiä. Kompensaation mielekkyys riippuu omista arvovalinnoista ja motiiveista. Ilmastovaikutuksiltaan usein hieman epämääräinen kompensatio voi olla järkevää omien päästövähennystoimien jälkeen, kun se toimii kannusteena oman hiilijalanjäljen pienentämiseen – etenkin jos rahoitettavat hankkeet tarjoavat muitakin hyötyjä kohteissaan.

Lentolaskuri: Tietoa laskurin toiminnasta

# MALLISSA JA TIIVISTELMÄSSÄ KÄYTETTYJÄ LÄHTEITÄ

- Burzlauff 2017. [Aircraft Fuel Consumption – Estimation and Visualization](#). HAW Hamburg.
- Graver, Zhang ja Rutherford 2019. [CO2 emissions from commercial aviation, 2018](#). ICCT.
- ICAO 2017. [ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology. Version 10. June 2017](#). ICAO.
- IPCC 2000. [Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories: Aircraft Emissions Background Paper](#). IPCC.
- Jardine 2019. [Calculating The Carbon Dioxide Emissions Of Flights](#). University of Oxford.
- Jungbluth ja Meili 2018 [Recommendations for calculation of the global warming potential of aviation including the radiative forcing index](#). The International Journal of Life Cycle Assessment.
- myclimate 2019. [The myclimate Flight Emission Calculator. Documentation 13.8.2019](#). Foundation myclimate.
- Niemistö, Soimakallio, Nissinen ja Salo 2019. [Lentomatkustuksen päästöt – Mistä lentoliikenteen päästöt syntyvät ja miten niitä voidaan vähentää?](#) Suomen ympäristökeskus.
- Trafi 2019. [Lentoliikenne ja ilmasto -sivusto](#).
- Zheng 2019. [Not every tonne of aviation CO2 is created equal](#). 16 October 2019. ICCT.



**lentolaskuri.fi**