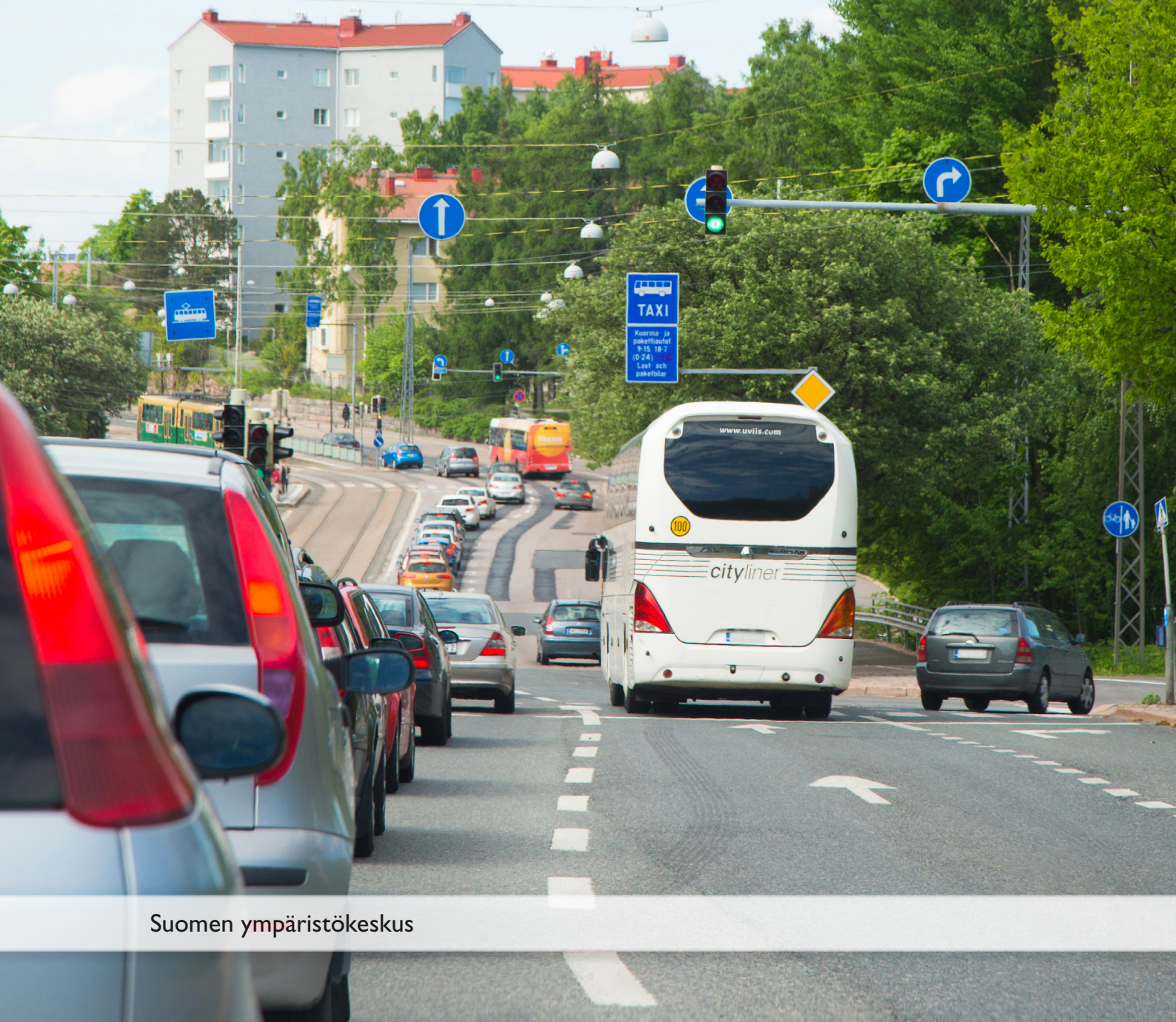


Liikenteen terveysvaikutukset Suomessa ja suurimmissa kaupungeissa

Heli Lehtomäki, Niko Karvosenoja, Ville-Veikko Paunu,
Antti Korhonen, Otto Hänninen, Jouni Tuomisto,
Ari Karppinen, Jaakko Kukkonen, Marko Tainio



Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16 / 2021

Liikenteen terveysvaikutukset Suomessa ja suurimmissa kaupungeissa

**Heli Lehtomäki, Niko Karvosenoja, Ville-Veikko Paunu,
Antti Korhonen, Otto Hänninen, Jouni Tuomisto,
Ari Karppinen, Jaakko Kukkonen, Marko Tainio**



Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16 | 2021
Suomen ympäristökeskus
Kestävän kaupungistumisen strateginen ohjelma

Kirjoittajat: Heli Lehtomäki ^{1,2)}, Niko Karvosenoja ³⁾, Ville-Veikko Paunu ³⁾, Antti Korhonen ^{1,2)},
Otto Hänninen ^{1,2)}, Jouni Tuomisto ¹⁾, Ari Karppinen ⁴⁾, Jaakko Kukkonen ⁴⁾, Marko Tainio ³⁾

¹⁾ Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL

²⁾ Itä-Suomen yliopisto UEF

³⁾ Suomen ympäristökeskus SYKE

⁴⁾ Ilmatieteen laitos IL

Vastaava erikoistoimittaja: Jari Lyytimäki

Julkaisija ja kustantaja: Strategisen tutkimuksen neuvosto (STN), projekti 335186 (konsortio) ja
336517 (SYKE). Suomen ympäristökeskus (SYKE), Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki,
puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Heli Lehtomäki

Kannen kuva: Rodeo.fi. Liikennettä Mannerheimintielle. Ruskeasuo, Helsinki.

Sisäsivujen kuvituskuvat: Adobe Stock. Kuvien muokkaus SYKE.

Julkaisu on saatavana veloituksetta internetistä: www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke sekä
painettuna SYKEN verkkokaupasta: syke.omapumu.com.

Laskennassa käytetty arviointimalli on vapaasti ladattavissa Opasnet-sivustolta,
osoitteesta http://fi.opasnet.org/fi/Liikenteen_terveysvaikutukset.

ISBN 978-952-11-5386-0 (PDF)

ISBN 978-952-11-5385-3 (nid.)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

ISSN 1796-1718 (pain.)

Julkaisuvuosi: 2021

Tiivistelmä

Liikenteen terveysvaikutukset Suomessa ja suurimmissa kaupungeissa

Liikenteellä on sekä positiivisia että negatiivisia terveysvaikutuksia. Tässä työssä arvoimme liikenteen aiheuttamat terveysvaikutukset Suomessa ottaen huomioon ilman pienhiukkasaltistuksen, meluallistuksen ja liikenneonnettomuuksien aiheuttamat terveyshaitat sekä aktiivisen liikkumisen (kävelyn ja pyöräilyn) terveyshyödyt. Terveysvaikutusten arviointi tehtiin käyttäen tautitaakkamenetelmiä.

Liikenteen terveyshaitat olivat 16 200 DALY:a (Disability Adjusted Life Years; yksi DALY kuvaa yhtä sairauden tai onnettomuuden vuoksi menetettyä haittapainotettua vuotta) vuonna 2015. Liikenneonnettomuudet aiheuttivat suurimman osan (60 %) liikenteen terveyshaitoista. Pienhiukkasten osuus terveyshaitoista oli 20 % ja liikennemelun 19 %. Pienhiukkasten osalta tarkasteltiin vain kotimaisia primäärisiä pienhiukaspäästöjä, eli suoraan päästölähteestä peräisin olevia hiukkasia. Aktiivisen liikkumisen terveyshyödyt olivat lähes kaksinkertaiset liikenteen terveyshaittoihin verrattuna (-31 400 DALY).

Kaupunkitasolla tarkasteltaessa onnettomuuksien rooli oli selvästi pienempi kuin kansallisella tasolla ja vastaavasti melun suhteellinen merkitys kasvoi. Melun tautitaakka-arvio perustui kymmenen suuren kaupungin ympäristömeludirektiivin (2002/49/EY) mukaisesti raportoimiin meluallistuksiin. Koko maan osalta melun tautitaakkaa ei pystytty arvioimaan kattavasti, koska direktiiviin mukaisia allistustietoja oli saatavilla vain näille kymmenelle kaupungille. Melun allistusarvioinnin kattavuuden lisäksi tunnistimme myös muita jatkotutkimustarpeita muun muassa liittyen puuttuviin riskitekijöihin (typpidioksidi NO₂, kaasumaisista päästöistä muodostuvat sekundaariset pienhiukkaset) ja sairastavuuden parempaan huomiointiin, erityisesti liikenneonnettomuuksissa loukkaantuneiden tautitaakan arviointiin. Lisäksi arvioissa ei tarkasteltu vesiliikennettä eikä lentoliikennettä muuten kuin lentokonemelun osalta. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen ilmasto- ja terveysvaikutuksia ei tässä myöskään tarkasteltu.

Tulosten perusteella voidaan arvioida, että aktiivista liikkumista lisäämällä ja moottoriliikennettä vähentämällä saavutettaisiin suuria terveyshyötyjä niin koko maan tasolla kuin myös yksittäisissä kaupungeissa.

Asiasanat: liikenne, terveysvaikutukset, tautitaakka, haittapainotettu elinvuosi, ilmansaasteet, pienhiukkaset, PM_{2,5}, melu, onnettomuudet, aktiivinen liikkuminen, kävely, pyöräily

Sammandrag

Trafikens hälsoeffekter i Finland och i de större städerna

Trafiken orsakar både positiva och negativa hälsoeffekter. I denna utredning görs en bedömning av trafikens hälsoeffekter i Finland med beaktande av småpartikel- och bullerexponering samt negativa hälsoeffekter orsakade av trafikolyckor. Hälsonytto uppskattas på basen av aktivt resande (gång och cykel) samt annan fysisk aktivitet. Hälsoeffektbedömningen gjordes med hjälp av sjukdomsbördametodik (DALY, funktionsjusterade levnadsår).

Trafikens negativa hälsoeffekter uppskattas till 16 200 DALY (Disability Adjusted Life Years; en DALY beskriver ett, på grund av sjukdom eller olycka, borttappat levnadsår) år 2015. Trafikolyckorna orsakade största delen (60 %) av trafikens negativa hälsoeffekter. Den inhemska trafikens primära utsläpp och därav småpartiklarnas andel stod för 20 % och trafikbullerexponeringen för 19% av trafikens negativa hälsoeffekter. För småpartiklarnas del studerades enbart inhemska primära småpartikelutsläpp dvs partiklar som härrör sig direkt ur utsläppskällan. De positiva hälsoeffekterna av aktivt resande var nästan dubbelt så stora som de negativa hälsoeffekterna av trafiken (-31 400 DALY). Därmed kan man dra slutsatsen att trafikens hälsomässiga helhetseffekter är positiva.

Granskat på stadsnivå spelar trafikolyckorna en klart mindre roll än på det nationella planet. Motsvarigt steg, på stadsnivå, bullereffekternas relativa roll i betydelse. Uppskattningen av den på grund av bullerexponering orsakade sjukdomsbördan, baserar sig på tio städers rapportering av bullerexponering enligt miljöbullerdirektivet (2002/49/EG). Uppskattningen av sjukdomsbördan, orsakad av trafikbullerexponering, kunde inte göras för hela landets del när, exponeringsuppgifter enligt direktivet, var tillgängliga endast för dessa tio städer. I tillägg till den observerade underskattningen av bullerexponering på nationell nivå, har vi identifierat behov för fortsatta studier bland annat gällande riskfaktorer som fattas (kvävedioxid NO₂, av gasformiga utsläpp bildade sekundära småpartiklar) samt ett bättre iakttagande beträffande sjukligheten i synnerhet vid bedömning av sjukdomsbördan vid trafikolyckor. I studien granskades inte sjötrafiken och flyget förutom gällande buller vid flygplatser. Även trafikens växthusgasemissioner och deras effekter på klimatet och hälsan har lämnats utanför studieramen.

Resultaten pekar på att man genom att öka på det aktiva resandet, (gång, cykel), och genom att minska på motoriserat resande, kan uppnå betydande positiva hälsoeffekter såväl på nationell nivå som inom enskilda stadsregioner.

Nyckelord: trafik, hälsoeffekter, sjukdomsbörda, skadeviktsatta levnadsår, luftförorening, småpartiklar, PM_{2,5}, buller, olyckor, aktivt resande, gång, cykel

Abstract

Health impacts of transport in Finland and in the largest cities

Transport has both positive and negative impacts on public health. In this study we estimated the health impacts of transport in Finland by taking into account the adverse health effects of outdoor fine particles (PM_{2.5}) emitted from the transport, exposure to transport related noise, and traffic accidents, and the positive health effects of active transport (walking and cycling) due to physical activity. Burden of disease methods was used for estimating the health impacts.

The adverse health effects of transport were 16,200 DALYs (Disability Adjusted Life Years; one DALY presents one year lost due to illness or injury) in 2015. Most of the adverse health effects were attributable to traffic accidents (60 %). Fine particle emissions caused 20 %, and traffic noise exposure 19 % of the health losses, respectively. For fine particles we accounted only domestic primary particle emissions, meaning emissions that are emitted from transport in particle format. The health benefits from active transport were almost double (-31,400 DALY) in comparison to the health losses due to transport.

In the urban areas the role of traffic accidents was notable smaller than in the national level, and correspondingly the role of transport noise was larger. The burden of disease attributable to noise was based on the noise exposure estimates reported by 10 cities according to the Environmental Noise Directive (2002/49/EC). For Finland the burden of disease due to noise could not be estimated comprehensively, because noise exposure data was available only for the largest cities. In addition to the underestimation of noise exposure, the other recognized open research questions included for instance the missing risk factors (nitrogen dioxide NO₂, secondary particles formed from the gaseous air pollutants) and estimation of morbidity, especially related to injuries due to traffic accidents. Also, marine and water transport were not included, and for air traffic, only aircraft noise was considered. The climate and health effects caused by the greenhouse gas emissions were also not considered.

Based on the burden of the disease results we can conclude that large health benefit could be achieved by increasing active transport and decreasing motor transport, both in the country levels as well as in urban areas.

Keywords: transport, health impacts, burden of disease, disability adjusted life year, air pollution, fine particles, PM_{2.5}, noise, accidents, active transport, walking, biking

Esipuhe

Nyt käsilläsi oleva Suomen ympäristökeskuksen SYKEN julkaisu liikenteen terveysvaikutuksista on tärkeä ja konkreettinen puheenvuoro siitä, kuinka liikenteeseen ja liikkumiseen liitetyt ulottuvuudet ja ominaisuudet vaikuttavat kaikkien meidän terveyteemme. Se auttaa hahmottamaan paitsi terveysthaittoja myös niitä hyötyjä, joita kukin meistä voi omilla valinnoillaan itselleen saada.

Vuosi 2021 on tutkitun tiedon teemavuosi, mikä korostaa tutkitun tiedon suurta merkitystä. Julkaisuun tiedot auttavat myös liikenne- ja terveystieteiden linjausten laatijoita perustelemaan terveyden näkökulmasta myönteisiä politiikkavaihtoehtoja ja suosituksia. Korkeatasoisen tutkimuksen on luotava tiedon lisäksi kykyä katsoa kauas eteenpäin, jotta emme tee vain osaratkaisuja vaan onnistuneita kokonaisratkaisuja ja -ratkaisuja.

Liikenneturvallisuus on varmaankin liikenteen terveyteen vaikuttavista tekijöistä ollut kautta aikojen se puhutuin ja tiedostetuin. Kun tieliikenteen kuolemien määrä nousi 1960- ja 70-lukujen vaihteessa yli tuhannen vuotuisen kuoleman rajan, yhteiskunnan sietoraja ylittyi. Muun muassa tasavallan presidentti Urho Kekkosen liikenneturvallisuutta käsitelleen vuoden 1973 uudenvuoden puheen seurauksena toimeen tartuttiin ja ripeässä tahdissa säädettyjen nopeusrajoitusten sekä turvavyöpakon seurauksena tieliikennekuolemien määrä kääntyi selvään laskuun, joka on sittemmin edelleen jatkunut. Liikennekuolemat ovat nykyisin runsaan viidenneksen tasolla vuoden 1972 huippuluvuista.

Keskustelu happosateista ja ilmansaasteista taas toi yleiseen keskusteluun ensin maapallon kestävyyn ja sen myötä myös saasteiden vaikutuksen ihmisten terveyteen. Kun pistemäisten päästölähteiden – kuten teollisuuden – päästöjä saatiin eri keinoin alennettua, jäi haasteeksi erilaisten hajaantuneiden päästölähteiden, kuten ajoneuvoliikenteen ympäristö- että terveysthaittojen pienentäminen. Lyijyn kieltäminen liikennepolttoaineissa sekä maaöljypohjaisten polttoaineiden hinnan kohoaminen ovat ohjanneet ajoneuvoteknologian kehittämistä vähäpäästöisempään suuntaan. Tässä on myös normiohjauksella, vaikkapa EU:n ajoneuvojen päästöjen Euro-luokituksella, ollut merkittävä rooli. Nyt käsillä oleva tutkimus havainnollistaa oivallisesti sen, että liikenneonnettomuuksien ja liikenteen hiukkaspäästöjen aiheuttamien kuolemantapausten määrät ovat maassamme keskenään samaa suuruusluokkaa.

Liikunnan ja siihen liitettyjen hyvien elämäntapojen terveysvaikutukset ovat olleet tiedossa jo kauan. Kun yhteiskuntamme on muuttunut ensin maatalousyhteiskunnasta teolliseksi ja sen jälkeen palvelu- ja sitten yhä enenevässä määrin tietoyhteiskunnaksi, on muun kuin suoraan työhön liittyvän liikunnan merkitys kansanterveydelle noussut arvoon arvaamattomaan. Toimistotyön kylkiäisenä tullut kasvava ylipainoisuus alkaa olla jo kansantauti. Tästä näkökulmasta kansalaisten liikkumisvalinnoilla on suuri merkitys terveysmielessä. Joukkoliikennematkustajan kävelymatka lähimmälle pysäkillä on lähes poikkeuksetta pidempi kuin autoilijalla kodin tai työpaikan ovelta autonsa rattiin. Tässä raportissa on selkeästi ja faktaperäisesti näytetty hyötyliikunnan merkitys kansanterveyden näkökulmasta. Ilahduttavaa on se, että nämä terveyshyödyt päihittävät selvästi liikenteen onnettomuus- ja terveysthaitat.

Tämän esipuheen kirjoittaja edustaa Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymää (HSL), jonka tehtäviin kuuluvat liikennejärjestelmäsuunnittelu ja joukkoliikennepalveluiden järjestäminen. Näihin kumpaankin tehtävään kuuluu tavoitteita ja toimenpiteitä, joilla pienennetään liikenteen terveysthaittoja.

Neljän vuoden sykleissä tehtävä Maankäytön, asumisen ja liikenteen MAL-suunnitelma ohjaa liikennejärjestelmän kehittämistä kestävien kulkutapojen, eli kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen suuntaan. Edelleen joukkoliikenteen sisällä pääkaupunkiseudulla on vahvistettu lähipäästöttömän raideliikenteen osuutta bussiliikenteen kustannuksella. 1990-luvun alussa alkanut liikennejärjestelmätyö onkin johtanut siihen, että 1960-luvulta lähtien tasaisesti laskeneen joukkoliikenteen kulkumuoto-osuuden havaittiin vuoden 2012 liikennetutkimuksessa kääntyneen hienoiseen nousuun ja tämän trendin jatkuminen vahvistui vuoden 2018 liikennetutkimuksessa. Edellisessä MAL 2019 -suunnitelmassa kehitettiin ensimmäistä kertaa liikenteen terveysvaikutuksia hahmottavia indikaattoreita ja tätä työtä on tarkoitus jatkaa ja syventää juuri käynnistymässä olevassa MAL 2023 -työssä.

Bussiliikenteen järjestämisessä taas HSL ja sen edeltäjäorganisaatiot ovat systemaattisesti 1990-luvun puolivälistä alkaen kiristäneet seudulle uutena hankittavien bussien päästövaatimuksia sekä kannustaneet tarjouskilpailuissa annettavien lisäpisteiden avulla liikennöitsijöitä minimoimaan tarjoamansa bussikaluston päästöjä. Viimeisenä keinona on syksystä 2018 alkaen edellytetty, että osassa HSL-liikennettä käytetään vain sähköbussuja. Niiden osuus nousee tänä vuonna lähes 15 %:iin HSL-liikenteen bussikannasta. Näillä toimenpiteillä bussiliikenteen lähipäästöjä on saatu vähennettyä Helsingin seudulla pienhiukkasten osalta 88 % sekä typenoksidien päästöjen osalta 82 % vuoden 2010 tasosta.

Edellä esitetyt esimerkit osoittavat, että määrätietoisilla politiikkavalinnoilla ja pitkäjänteisellä työllä on mahdollista saada aikaan myönteisiä muutoksia liikenteen ympäristö- ja terveysvaikutuksissa. Tämän työn tueksi tarvitsemme tutkimus- ja muuta yhteistyötä eri toimijoiden, niin viranomaisten, tutkimuslaitosten kuin yritystenkin kanssa.

Mika Nykänen
toimitusjohtaja
Helsingin seudun liikenne (HSL)

Sisällys

1 Johdanto	11
2 Yleiskatsaus käytettyihin menetelmiin	13
2.1 Tutkimusalue ja päätutkimusmenetelmät	13
2.2 Väestöaineisto ja taustatautitaakka	14
3 Liikenteen tautitaakka tekijöittäin	15
3.1 Kotimaisen liikenteen pienhiukkaset	15
3.1.1 Pienhiukkaspitoisuuksien arviointi	15
3.1.2 Pienhiukkasten tautitaakan arviointi	16
3.1.3 Pienhiukkasaltistukseen kohdentuva tautitaakka	17
3.2 Liikennemelu	18
3.2.1 Altistuminen liikenteen melulle	18
3.2.2 Melun terveysvaikutusten arviointi	19
3.2.3 Meluun kohdentuva tautitaakka	20
3.3 Liikenneonnettomuudet	22
3.3.1 Liikenneonnettomuuksien terveysvaikutusten arviointi	22
3.3.2 Liikenneonnettomuuksiin kohdentuva tautitaakka	23
3.4 Aktiivinen liikkuminen	25
3.4.1 Henkilöliikennetutkimus	25
3.4.2 Aktiivisen liikkumisen terveyshyötyjen arviointi	26
3.4.3 Aktiivisen liikkumisen terveyshyödyt	26
4 Tulosten yhteenveto ja jatkotutkimustarpeet	29
4.1 Liikenteen tautitaakka yhteenveto	29
4.2 Avoimet kysymykset	32
5 Johtopäätökset	33
Lähteet	35
Liite 1: Liikenteen pienhiukkaspitoisuuskartat	37

1 Johdanto

Ihmisten, tavaroiden ja palveluiden liikkuminen on tärkeää yhteiskunnan toiminnan kannalta. Esimerkiksi valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen (HLT) mukaan suomalaiset tekivät keskimäärin noin kolme matkaa päivässä vuonna 2016 (Liikennevirasto 2018). Sillä miten tämä liikenne järjestetään, on kuitenkin sekä positiivisia että negatiivisia suoria ja epäsuoria vaikutuksia ihmisten terveyteen ja ympäristöön niin kansallisella kuin kaupunkitasollakin. Keskeisimmät liikenteen terveysvaikutukset liittyvät onnettomuuksiin, ilmansaasteisiin, meluun ja fyysiseen aktiivisuuteen.

Liikenneonnettomuudet aiheuttivat Suomessa 211 kuolemantapausta ja 4 994 loukkaantumista vuonna 2019 (Tilastokeskus 2020a). Tieliikenteessä kuolleista 57 % menehtyi henkilöautossa ja näistä kuolemista 90 % tapahtui taajamien ulkopuolella (Liikenneturva 2020a). Vastaavasti jalankulkijoiden kuolemantapauksista yli puolet tapahtui taajamissa (Liikenneturva 2020b). Kuolemantapausten määrä on ollut laskussa useita vuosikymmeniä ja viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana kuolemantapausten määrä on lähes puolittunut vuoden 2000 396 kuolemantapauksesta.

Liikenteen hiukkaspäästöt ovat merkittäviä pienhiukkasten ($PM_{2,5}$), typenoksidien (NO_x) ja muiden **ilmansaasteiden** päästölähteitä. Liikenteen päästöjen suhteellista merkitystä useisiin muihin päästölähteisiin verrattuna nostaa se, että päästöt tapahtuvat pääasiassa lähellä ihmistä ja maanpinnan tasoa, josta ilmansaasteet herkästi päätyvät keuhkoihin ja sitä kautta elimistöön. Ilmansaasteilla, erityisesti ulkoilman pienhiukkasilla ($PM_{2,5}$), on vaikutusta esim. sydäntautien, hengityselinsairauksien, keuhkosityövän ja ennenaikaisen kuolleisuuden riskin lisääntymiseen (Chen & Hoek 2020). Primäärisiin liikenteen $PM_{2,5}$ päästöihin liittyvät kuolemantapaukset arvioitiin aikaisemmin osana Suomen akatemian rahoittamaa ”Ilman pienhiukkasten ympäristövaikutusten arviointi: toimenpide- ja torjuntavaihtoehtojen analyysi” (BATMAN)-hanketta. Primäärisillä hiukkasilla tarkoitetaan suoraan päästölähteistä hiukkasmuodossa syntyneitä hiukkasia. Suomen tasolla kotimaisen liikenteen primääristen päästöjen arvioitiin aiheuttavan 208 kuolemantapausta vuonna 2015 (Korhonen ym. 2019). Liikenne aiheuttaa myös noin puolet typpidioksidin (NO_2) päästöistä; erityisen korkeita NO_2 -pitoisuuksia on mitattu suurimpien kaupunkien keskustoissa ja katukuiluissa (Ilmatieteen laitos 2021). Kokonais- NO_2 altistukseen on arvioitu kohdistuvan noin 240 kuolemantapausta Suomessa vuonna 2015 (Lehtomäki ym. 2018).

Liikennemelu on merkittävä ympäristöterveyden riskitekijä (WHO & JRC 2011, Hänninen ym. 2014), erityisesti kaupunkiympäristössä, jossa asuu paljon ihmisiä lähellä liikennettä. Liikennemelualtistus on yhdistetty muun muassa kiusaantuneisuuteen, unihäiriöihin, sydäninfarkteihin sekä kognitiiviseen heikentymiseen lapsilla, liittyen kuullun ja luetun ymmärtämiseen (WHO 2018). Kotimaisia ympäristömelun terveysvaikutusarvioita ovat tehneet myös mm. Asikainen & Hänninen (2016), Asikainen ym. (2014) ja Reinikainen ym. (2017). Esimerkiksi Turunen ym. (2021) selvittivät kyselytutkimuksessa eri ympäristömelulähteiden häiritsevyyttä Suomessa, ja havaitsivat, että tieliikennemelu koettiin melulähteistä kaikkein häiritsevimpänä. Vastaajista 4,8 % ilmoitti tieliikennemelun häiritsevän paljon ja lisäksi 2,3 % vastaajista koki tieliikennemelun häiritsevän unta (Turunen ym. 2021).

Toisaalta liikenne on myös merkittävä **fyysisen aktiivisuuden** lähde. Liikkumattomuus on merkittävä kansanterveyden riskitekijä ja aktiivisen liikkumisen (kävelyn ja pyöräilyn) lisääminen on hyvä tapa lisätä päivittäistä fyysistä aktiivisuutta (Kahlmeier ym. 2017). Fyysisen aktiivisuuden on todettu lukuisissa tutkimuksissa vähentävän sairastavuutta ja kuolleisuutta mm. sydäntauteihin, depression, useisiin syöpiin, dementiaan ja aikuistyyppin diabetekseen (WHO 2010). Suomessa liikkumattomuuden, eli vähäisen fyysisen aktiivisuuden, on arvioitu aiheuttavan 3,2–7,5 miljardin euron kustannukset, josta 1,5–4,4 miljardia euroa aiheutuu sairauksien terveydenhuoltokustannuksista (Vasankari & Kolu 2018). Erityisesti silloin, kun kävelyllä tai pyöräilyllä voidaan korvata lyhyt automatka, voidaan samalla vähentää autoilusta aiheutuvia ilmansaaste- ja melupäästöjä ja näin ollen saada hyötyjä niin ympäristölle kuin terveydellekin (Kahlmeier ym. 2017).

Lisäksi liikenne on merkittävä kasvihuoneilmiöön vaikuttavien yhdisteiden, kuten kasvihuonekaasupäästöjen lähde. Esimerkiksi vuonna 2018 kotimainen liikenne aiheutti noin viidenneksen kaikista Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (Liikennejärjestelmä.fi 2019b). Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan ole arvioitu liikenteen päästöjen ilmastollisia vaikutuksia, eikä niihin liittyviä terveyshaittoja tai -hyötyjä.

Useista terveysvaikutuksista käsittelevistä tutkimuksista huolimatta liikenteen kokonaisvaikutus ympäristöön ja terveyteen tunnetaan huonosti niin Suomessa kuin maailmallakin. Maailmanlaajuisesti Maailmanpankin ja Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) alainen työryhmä arvioi vuonna 2014, että liikenneonnettomuudet ja liikenteen ilmansaastepäästöt aiheuttavat vuodessa 1,5 miljoonaa ylimääräistä kuolemantapausta (Global Road Safety Facility, The World Bank & IHME 2014). Liikenteen terveysvaikutukset arvioitiin suuremmiksi kuin HIV:n, tuberkuloosin tai malarian. Maailman terveysjärjestö WHO on arvioinut, että miljoona tervettä elinvuotta menetetään joka vuosi Länsi-Euroopassa liikenteen melun vuoksi (WHO & JRC 2011). Kattavin kansallinen liikenteen tautitaakka-arvio on tehty Ruotsissa, jossa arvioitiin autoliikenteen aiheuttavan vuosittain 3 740 ylimääräistä kuolemantapausta ja noin 102 000 DALYa. Tautitaakka jakautui eri riskitekijöiden kesken seuraavasti: onnettomuudet (24 %), melu (4 %), ilmansaasteet (35 %) ja liikkumattomuus (37 %) (Kjellström ym. 2008). Autoliikenteen tautitaakka oli noin 6 % ruotsalaisten kokonaistautitaakasta.

Edellä kuvatut tautitaakka-arviot ovat keskittyneet arvioimaan liikenteen terveysvaikutuksia koko maan laajuisesti tai sitäkin laajemmin. Liikenteen vaikutukset kaupungeissa voivat kuitenkin olla erilaisia johtuen matkojen erilaisesta kulkutapajakaumasta ja liikennenopeudesta. Kaupungeilla on myös monia mahdollisuuksia vaikuttaa paikalliseen liikenteeseen, esimerkiksi suosimalla kulkumuotoja, jotka tuottavat terveyshyötyjä sekä rajoittamalla kulkumuotoja, jotka aiheuttavat merkittäviä terveyshaittoja.

Tämän työn tavoitteena on arvioida liikenteen terveysvaikutuksia Suomessa ja suurimmissa kaupungeissa. Arvioissa ovat mukana kotimaisen liikenteen aiheuttamien primääristen pienhiukkaspäästöjen, liikennemelun ja onnettomuuksien terveyshaitat sekä aktiivisen liikkumisen tuomat terveyshyödyt. Lisäksi tarkastellaan liikenteen terveysvaikutusten alueellisia eroja. Lopuksi arvioidaan tiedon nykytilaa ja mahdollisia tulevaisuuden tietotarpeita.

2 Yleiskatsaus käytettyihin menetelmiin

2.1 Tutkimusalue ja päätutkimusmenetelmät

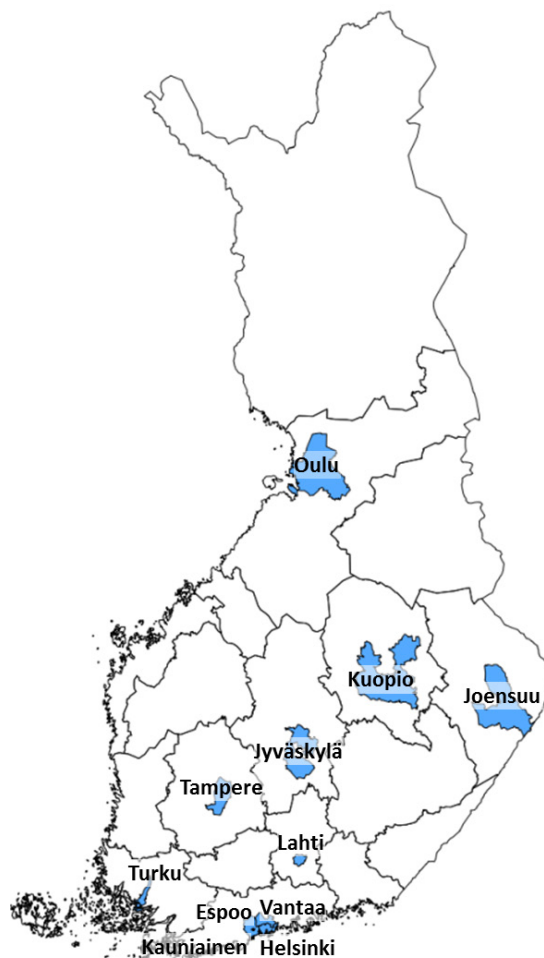
Liikenteen tautitaakan arvioinnissa otettiin huomioon liikenteen primääriset pienhiukkaspäästöt, melu, onnettomuudet sekä aktiivinen liikkuminen (Taulukko 1). Tutkimusalueena oli koko Suomi, maakunnat sekä yksitoista kaupunkia (Kuva 1). Terveysvaikutukset arvioitiin käyttäen tautitaakkamenetelmiä. Tautitaakan yksikkö on haittapainotetut elinvuodet (disability-adjusted life year, DALY), jossa yhdistyvät sairauden vuoksi menetetyt terveet elinvuodet (years lost due to disability, YLD) sekä kuoleman vuoksi menetetyt elinvuodet (years of life lost, YLL).

Väestösyösuusmenetelmiä käyttämällä (Population Attributable Fraction, PAF) voidaan arvioida mikä osuus väestön sairaudesta tai kuolleisuudesta kohdentuu eri riskitekijään (Hänninen & Knol 2011). Tällöin tarvitaan tietoa väestön altistuksesta sekä siitä, miten riski sairauteen tai kuolleisuuteen kasvaa altistuksen kasvaessa. Tätä kuvaa annos-vastesuhde. Riskitekijään kohdentuva tautitaakka voidaan arvioida kertomalla PAF väestön taustatautitaakalla.

Menetelmät eri altisteille on kuvattu tarkemmin pienhiukkaspäästöjen (luku 3.1), melun (luku 3.2), onnettomuuksien (luku 3.3) ja aktiivisen liikkumisen (luku 3.4) terveysvaikutusten osalta. Yhteistuloksia käsitellään luvussa 4.

Laskennassa käytetty arviointimalli on vapaasti ladattavissa Opasnet-sivustolta, osoitteessa http://fi.opasnet.org/fi/Liikenteen_terveysvaikutukset.

Kuva 1. Tutkimusalueena olivat koko Suomi, maakunnat sekä 11 kaupunkia.



Taulukko 1. Tässä tutkimuksessa mukana olevat liikenteen riskitekijät, terveysvasteet sekä altistusvuosi.

Altiste	Terveysvaste	Altistusvuosi
Pienhiukkaset (PM _{2.5})	Kuolleisuus	2013
Liikennemelu	Unihäiriöt, kiusaantuneisuus, sydäninfarkti	2016
Onnettomuudet	Kuolleisuus	Keskiarvo 2011–2015
Aktiivinen liikkuminen	Kuolleisuus	2016

2.2 Väestöaineisto ja taustatautitaakka

Taustatautitaakka-aineistona käytettiin koko maata koskevaa IHME Global Burden of Disease (GBD) taustatautitaakka-aineistoa vuodelle 2015 (GBD Disease Collaborative Network 2018). Taustatautitaakka jaettiin maakunnille ja valituille kaupungeille väestömäärää sekä ikäpainotusta käyttäen. Laskennassa käytettiin Suomen tilastokeskuksen väestöaineistoa 1-vuoden ikäportain vuodelle 2015 (Tilastokeskus 2020b). Aineistossa kuntajaottelu on vuoden 2015 kuntarajojen mukainen. Väestö- ja tautitaakka-aineisto on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tilastokeskuksen raportoima väestömäärä ja IHME GBD aineiston mukainen kokonais-tautitaakka Suomessa vuonna 2015.

	Väestö	DALY	YLL	YLD	Kuolemat
Koko maa	5 487 308	1 387 488	736 355	651 133	51 371
Maakunnat:					
Uusimaa	1 620 261	364 283	184 855	179 429	11 876
Varsinais-Suomi	477 692	124 825	66 896	57 929	4 790
Satakunta	222 957	63 224	34 553	28 671	2 524
Kanta-Häme	174 710	47 128	25 360	21 768	1 806
Pirkanmaa	506 114	126 048	66 797	59 251	4 710
Päijät-Häme	201 615	55 580	30 019	25 561	2 108
Kymenlaakso	178 688	51 834	28 305	23 529	2 057
Etelä-Karjala	131 155	37 863	20 733	17 130	1 525
Etelä-Savo	150 305	46 330	25 746	20 584	1 917
Pohjois-Savo	248 129	67 476	36 585	30 890	2 636
Pohjois-Karjala	164 755	45 735	24 946	20 788	1 794
Keski-Suomi	275 780	70 649	37 930	32 719	2 692
Etelä-Pohjanmaa	192 586	52 136	28 420	23 717	2 097
Pohjanmaa	181 679	46 438	25 103	21 334	1 860
Keski-Pohjanmaa	69 032	17 294	9 296	7 998	664
Pohjois-Pohjanmaa	403 611	90 545	47 298	43 247	3 213
Kainuu	78 398	23 155	12 746	10 409	931
Lappi	180 858	49 455	26 798	22 657	1 896
Ahvenanmaa	28 983	7 490	3 969	3 520	275
Valitut kaupungit:					
Espoo	269 800	55 003	27 083	27 920	1 636
Helsinki	628 208	141 789	72 092	69 697	4 802
Joensuu	75 514	18 360	9 832	8 528	692
Jyväskylä	137 368	29 996	15 574	14 422	1 051
Kauniainen	9 486	2 386	1 282	1 104	93
Kuopio	112 119	26 956	14 267	12 689	991
Lahti	103 918	27 168	14 587	12 581	1 023
Oulu	198 525	40 171	20 326	19 846	1 315
Tampere	225 118	51 984	27 273	24 711	1 922
Turku	185 908	45 090	24 055	21 035	1 751
Vantaa	214 605	45 441	22 551	22 891	1 351

DALY: haittapainotetut elinvuodet, YLL: ennenaikaisen kuoleman vuoksi menetetyt elinvuodet, YLD: menetetyt terveet elinvuodet.

3 Liikenteen tautitaakka tekijöittäin



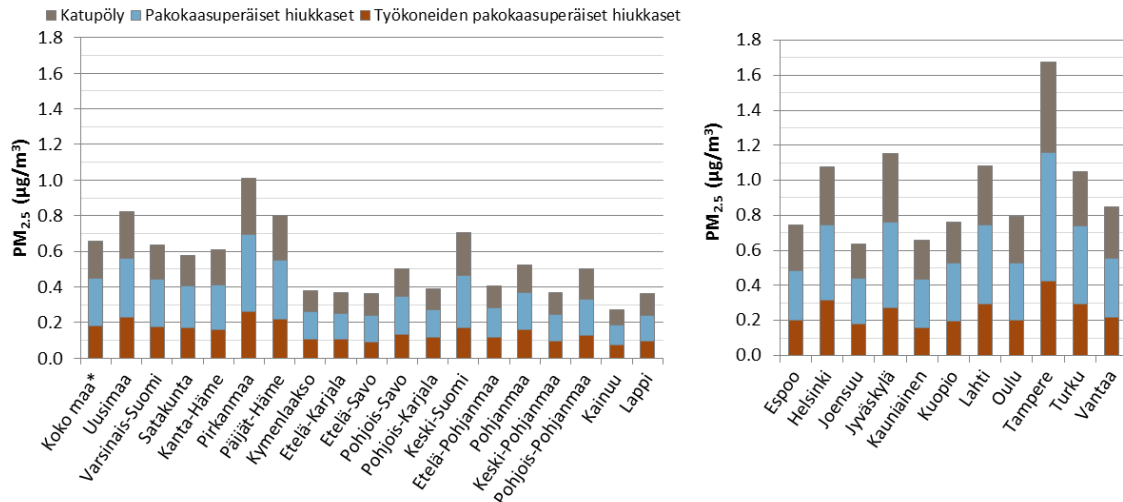
3.1 Kotimaisen liikenteen pienhiukkaset

3.1.1 Pienhiukkaspitoisuuksien arviointi

Liikenteen ilmansaastepäästöjen vaikutus arvioitiin ilman primäärisille pienhiukkasille (PM_{2,5}) perustuen vuoden 2013 päästö- ja pitoisuustietoihin. Liikenteen eri päästölähteistä huomioitiin liikenteen katupölyhiukkaset, pakokaasuperäiset hiukkaset sekä työkoneiden (maastoajoneuvojen, kunnossapidon- ja rakentamisen koneiden sekä maa- ja metsätaloustyökoneiden) pakokaasuperäiset hiukkaset. Työkoneiden katupölypäästöt eivät ole mukana tässä tarkastelussa. Altistus on laskettu Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) Alueellisella päästöskenaariomallilla (FRES) 250 m x 250 m resoluutiolla (Korhonen ym. 2019). FRES-malliin sisältyvä aineiden leviämisen arviointi perustuu Ilmatieteen laitoksen laskentamalleihin (Kukkonen ym. 2020). Laskennoissa on huomioitu vain kotimaiset primäärit PM_{2,5} päästöt, eli sekundääristen hiukkasten muodostuminen liikenteen muista päästöistä on jätetty laskennan ulkopuolelle. Sekundääriset hiukkaset muodostuvat ilmakehässä liikenteen päästöjen seurauksena. Tutkimuksessa ei ole myöskään mukana muissa maissa tapahtuvan liikenteen aiheuttamien päästöjen vaikutuksia Suomessa (kaukokulkeutuneet liikennesaasteet) eikä kotimaisen liikenteen päästöjen vaikutuksia Suomen ulkopuolella.

Laskennassa PM_{2,5} pitoisuudet yhdistettiin väestöaineistoon, jonka resoluutio on 1 x 1 km². Yhdistämistä varten pitoisuustiedot keskiarvoistettiin 1 x 1 km² ruudukkoon. Väestöaineistona käytettiin tilastokeskuksen vuoden 2015 väestöaineistoa, jossa kuntajako on vuoden 2016 mukainen. Väestöpainotetut pitoisuudet laskettiin kunnille ja maakunnille. Ahvenanmaa ei ole mukana arvioissa.

Liikenteen pienhiukkaspäästöjen aiheuttama väestöpainotettu pitoisuus oli noin 0,66 µg/m³ vuonna 2015 (Kuva 2, Taulukko 3), mikä on noin 13 % suomalaisten kokonais-PM_{2,5} altistuksesta (5,3 µg/m³). Koko maan tasolla liikenteen primäärisistä pienhiukkaspitoisuuksista 41 % aiheutui pakokaasuperäisistä hiukkasista, 32 % katupölyhiukkasista ja 27 % työkoneiden pakokaasuperäisistä hiukkasista.



Kuva 2. Liikenteen aiheuttamat primääriset pienhiukkaspitoisuudet (PM_{2.5}) väestöpainotettuina keskiarvoina maakunnittain sekä valituille kunnille. PM_{2.5} pitoisuudet ovat jaoteltuina katupölypäästöihin, pakokaasuperäisiin hiukkasiin sekä työkoneiden pakokaasuperäisiin hiukkasiin.

Maakunnista liikenteen pienhiukkaspäästöjen aiheuttamat pitoisuudet olivat korkeimmat Pirkanmaalla, Uusimaalla, Päijät-Hämeessä sekä Keski-Suomessa. Tarkastelluista kaupungeista korkein väestöpainotettu pitoisuus oli Tampereella. Tampereen korkeampia väestöpainotettuja pitoisuuksia selittää muun muassa heikompi päästöjen leviäminen ja laimeneminen kuin rannikkokaupungeissa, tiivis kaupunkirakenne sekä sisääntulo- ja läpikulkuväylien kulkeminen tiheästi asutettujen alueiden läpi tai vierestä. Liitteessä 1 on esitetty liikenteen primääristen pienhiukkaspäästöjen vuosikeskiarvopitoisuus- ja väestökartat koko Suomelle, pääkaupunkiseudulle, Tampereelle, Jyväskylälle ja Lahdelle.

3.1.2 Pienhiukkasten tautitaakan arviointi

Liikenteen pienhiukkasten aiheuttamat terveyshaitat laskettiin ottaen huomioon pienhiukkasten vaikutus kuolleisuuteen yli 30-vuotiailla aikuisilla. Laskenta tehtiin erikseen koko Suomelle, maakunnille sekä valituille kaupungeille käyttäen kunkin alueen väestöpainotettua liikenteen PM_{2.5} pitoisuutta (Kuva 2).

Tautitaakan laskennassa käytettiin tuoreessa systemaattisessa katsauksessa esitettyä riskisuhdetta luonnolliselle kuolleisuudelle (RR 1,08 per 10 µg/m³ muutos PM_{2.5} pitoisuudessa) ja annos-vastesuhde oletettiin lineaariseksi (Chen & Hoek 2020). Tässä katsauksessa Chen & Hoek kokosivat tutkimustulokset pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitkäaikaisaltistuksen vaikutuksista kuolleisuuteen. Kyseinen tutkimus on tehty WHO:n ohjearvojen päivitystyön tueksi.

Pienhiukkasaltistukseen liittyvä kuolleisuus laskettiin käyttämällä kaavaa 1:

$$PAF = \frac{f \times (RR_E - 1)}{f \times (RR_E - 1) + 1} \quad [1]$$

jossa PAF on väestösyysuus, f on altistuneiden osuus kohdeväestöstä. RR_E on suhteellinen riski vallitsevalla altistustasolla, joka on laskettu käyttäen kaavaa 2:

$$RR_E = (RR - 1) \times E + 1 \quad [2]$$

jossa RR on suhteellinen riski altistusyksikköä 1 µg/m³ kohden. Pienhiukkasaltistukseen liittyvä tautitaakka (EBD) laskettiin yhdistämällä väestösyysuus (PAF) taustatautitaakaan (BoD) käyttäen kaavaa 3:

$$EBD = PAF \times BoD \quad [3]$$

3.1.3 Pienhiukkasaltistukseen kohdentuva tautitaakka

Liikenteen aiheuttamiin primäärisiin pienhiukkasiin kohdentui noin 3 300 menetettyä elinvuotta (YLL) ja 240 kuolemantapausta Suomessa vuonna 2015 (Taulukko 3). Koko maassa kuolemantapaukset jakautuivat eri liikenteen päästölähteiden kesken seuraavasti: 97 pakokaasupäästöistä (41 %), 75 pölypäästöistä (32 %) ja 64 työkoneiden päästöistä (27 %). IHD GBD aineiston perusteella arvioimme, että yksi kuollut menetti noin 14 elinvuotta verrattuna tilanteeseen, jossa hän ei olisi altistunut liikenteen pienhiukkasille.

Tässä työssä arvioidut liikenteen pienhiukkasaltistukseen liittyvät kuolemantapaukset ovat suuremmat kuin Korhonen ym. (2019) esittämät 208 kuolemantapausta. Ero selittyy pääasiassa annosvastesuhteen päivityksellä. Chen & Hoek (2020) esittämä kuolleisuuden lisäriski on 29 % suurempi kuin Korhonen ym. (2019) tutkimuksessa käytetty 6,2 % lisäriski kuolleisuudelle (Heroux ym. 2015, Hoek ym. 2013), jota on sovellettu monissa muissa kotimaisissa tutkimuksissa (esim. Lehtomäki ym. 2018, Savolahti ym. 2018, Kukkonen ym. 2020).

Taulukko 3. Liikenteen väestöpainotetut primääriset pienhiukkaspitoisuudet (PM_{2,5}) ja altistukseen liittyvät kuolemantapaukset sekä elinvuosien menetykset (YLL).

Alue	PM _{2,5} (µg/m ³)	Kuolemat	YLL
Koko maa	0,66	236	3 305
Maakunnat:			
Uusimaa	0,82	71	1 061
Varsinais-Suomi	0,63	22	297
Satakunta	0,58	11	141
Kanta-Häme	0,61	8	110
Pirkanmaa	1,01	35	475
Päijät-Häme	0,80	12	171
Kymenlaakso	0,38	6	77
Etelä-Karjala	0,37	4	55
Etelä-Savo	0,36	5	67
Pohjois-Savo	0,50	10	130
Pohjois-Karjala	0,39	5	70
Keski-Suomi	0,70	14	189
Etelä-Pohjanmaa	0,40	6	82
Pohjanmaa	0,52	7	93
Keski-Pohjanmaa	0,37	2	24
Pohjois-Pohjanmaa	0,50	12	172
Kainuu	0,27	2	24
Lappi	0,36	5	69
Ahvenanmaa	n/a	-	-
Tarkastellut kaupungit:			
Espoo	0,75	9	140
Helsinki	1,08	37	539
Joensuu	0,64	3	44
Jyväskylä	1,15	9	126
Kauniainen	0,66	0,4	6
Kuopio	0,76	6	81
Lahti	1,08	9	126
Oulu	0,80	8	113
Tampere	1,68	23	319
Turku	1,05	13	177
Vantaa	0,85	8	132

n/a: ei mukana laskennassa



3.2 Liikennemelu

3.2.1 Altistuminen liikenteen melulle

Liikennemelun osalta käytimme Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) kokoamia tietoja melulle altistuneiden lukumääristä vuonna 2016 (EEA, 2019). EEA:n altistustiedot sisältävät EU:n ympäristömeludirektiivin (2002/49/EY) mukaisesti raportoidut melualtistukset tie-, raide- ja lentokonemelulle. Ympäristömeludirektiivin mukaiset raportointirajat ovat Lden 55 dB päivä-, ilta- ja yöajalle sekä Lnight 50 dB yöajalle (THL 2021). Lden kuvaa koko vuorokauden keskiäänitasoa, jossa painotetaan ilta-ajan (klo 19–22) keskiäänitasoa +5 dB ja yöajan (klo 22–07) melutasoa + 10 dB. Lnight on yöajan keskiäänitaso.

Suomessa vähintään Lden 55 dB liikennemelulle altistuneita oli yhteensä 585 700 vuonna 2016 (Taulukko 4). Suurin osa melusta aiheutui tieliikenteestä (82 %). Raidemelun osuus oli 15 % ja lentokonemelun 3 %. Yöaikaisessa melussa raide- (17 %) ja lentokonemelun (10 %) osuudet olivat suuremmat kuin vuorokauden tasolla tarkasteltuna. Lentokonemelun osalta EEA:n aineisto sisälsi tiedot vain Turun ja Oulun sekä Helsinki-Vantaan lentoasemien lentoliikenteen melusta, minkä vuoksi lentoliikenteen melun vaikutuksia ei ole huomioitu muiden lentoasemien osalta. Lentomelun vaikutuksista voi lukea lisää Pesonen (2018) kirjallisuuskatsauksesta.

Taulukko 4. Liikennemelulle altistuneiden lukumäärät sekä osuudet kaupungin väestöstä (%) koko vuorokauden keskiäänitason (Lden) ylittäessä 55 dB sekä yöaikaisen keskiäänitason (Lnight) ylittäessä 50 dB.

Kaupunki	Vuorokauden keskiäänitaso (Lden) > 55 dB			Yöaikainen keskiäänitaso (Lnight) > 50 dB		
	Tie	Raide	Lentokone	Tie	Raide	Lentokone
Espoo	55 000 (20 %)	1 200 (0,4 %)	400 (0,1 %)	24 200 (9 %)	300 (0,1 %)	10 300 (4 %)
Helsinki	163 200 (26 %)	33 700 (5 %)	-	89 700 (14 %)	21 700 (4 %)	-
Jyväskylä	30 500 (22 %)	3 600 (3 %)	-	17 100 (12 %)	2 600 (2 %)	-
Kauniainen	2 000 (21 %)	300 (3 %)	-	800 (8 %)	100 (1 %)	-
Kuopio	32 100 (29 %)	900 (0,8 %)	-	17 700 (16 %)	800 (0,7 %)	-
Lahti	22 800 (22 %)	10 800 (10 %)	-	12 200 (12 %)	8 500 (8 %)	-
Oulu	37 100 (19 %)	17 100 (9 %)	300 (0,2 %)	18 400 (9 %)	13 100 (7 %)	200 (0,1 %)
Tampere	35 000 (16 %)	11 400 (5 %)	-	17 500 (8 %)	9 500 (4 %)	-
Turku	50 100 (27 %)	1 500 (0,8 %)	500 (0,3 %)	27 500 (15 %)	1 000 (0,5 %)	200 (0,1 %)
Vantaa	54 700 (27 %)	6 700 (3 %)	14 800 (7 %)	27 500 (13 %)	3 400 (2 %)	24 400 (11 %)
Yhteensä	482 500	87 200	16 000	252 600	61 000	35 100

3.2.2 Melun terveysvaikutusten arviointi

Liikennemelun terveysvaikutukset laskettiin huomioiden melun vaikutus kiusaantuneisuuteen, unihäiriöihin sekä iskeemiseen sydänsairauteen. Arvioinnissa käytettiin Maailman terveysjärjestön (WHO) suosittelemia annos-vastesuhteita (WHO & JRC 2011). Suuresti kiusaantuneiden ja vakavasti unihäiriöisten osalta laskettiin kullekin melulähteille (tie, raide ja lentokone) eri altistusluokissa suuresti kiusaantuneiden ja vakavasti unihäiriöisten prosenttiosuudet käyttäen taulukossa 5 listattuja annos-vastesuhteita.

Taulukko 5. Melun terveysvaikutusten laskentayhtälöt (WHO & JRC 2011).

Melulähde	Terveysvaikutusten laskentayhtälöt
	Suuresti kiusaantuneet (HA):
Tieliikenne	$%HA = 9,868 * 10^{-4} * (Lden - 42)^3 - 1,436 * 10^{-2} * (Lden-42)^2 + 0,5118 * (Lden - 42)$
Raideliikenne	$%HA=7,239*10^{-4}*(Lden-42)^3-7,851*10^{-3}*(Lden-42)^2+0,1695*(Lden-42)$
Lentokone	$%HA=-9,199*10^{-5}*(Lden-42)^3+3,932*10^{-2}*(Lden-42)^2+0,2939*(Lden-42)$
	Vakavasti unihäiriöiset (HSD):
Tieliikenne	$%HSD = 20,8 - 1,05 * (Lnight) + 0,01486 * (Lnight)^2$
Raideliikenne	$%HSD = 11,3-0,55*(Lnight) +0,00759*(Lnight)^2$
Lentokone	$%HSD=18,147-0,956*(Lnight)+0,01482*(Lnight)^2$

Suuresti kiusaantuneiden ja vakavasti unihäiriöisten osuus kerrottiin altistuneiden määrällä kussakin meluluokassa, jolloin saatiin vakavasti unihäiriöisten ja suuresti kiusaantuneiden lukumäärät. Suuresti kiusaantuneiden sekä vakavasti unihäiriöisten menettämät terveet elinvuodet (YLD) laskettiin käyttäen kaavaa 4:

$$YLD = AI \times DW \times L \quad [4]$$

jossa YLD on menetetyt terveet elinvuodet, AI on altistuksen vuoksi aiheutuneet lisätapaukset, DW on haittapainokerroin ja L haitan kesto. Suuresti kiusaantuneille haittapainokerroin oli 0,02 ja kesto yksi vuosi. Suuresti unihäiriöisille haittapainokerroin oli 0,07 ja haitan kesto yksi vuosi (WHO & JRC 2011).

Iskeemisen sydänsairauden osalta käytettiin väestösyösyosuusmenetelmää sekä taustatautitaakkana IHME GBD aineistoa iskeemiselle sydäntaudille vuodelle 2015. WHO:n raporttoimia vetosuhteita (odds ratio, OR) sydäninfarktille eri vuorokauden keskiäänitasojen (Lden) altistusluokille tieliikennemelulle (Taulukko 3). Vetosuhdetta sydäninfarktille käytettiin tautitaakan laskennassa kaikille iskeemisille sydänsairauksille perustuen WHO & JRC (2011) raportin menetelmään.

Taulukko 6. Vetosuhteet (OR) sydäninfarktin ilmaantuvuudelle altistusluokittain vuorokauden keskiäänitasolle (Lden) (WHO & JRC, 2011).

Altistumis-luokka (Lden)	OR
55–59	1,000
60–64	1,012
65–69	1,060
70–74	1,149
>75	1,302

Tieliikennemelun altistukseen liittyvä iskeemisen sydänsairauden vetosuhte (OR) kussakin kaupungissa laskettiin kaavalla 5:

$$OR_E = \sum_i (E_i * OR_i) + (1 - \sum_i E_i) \quad [5]$$

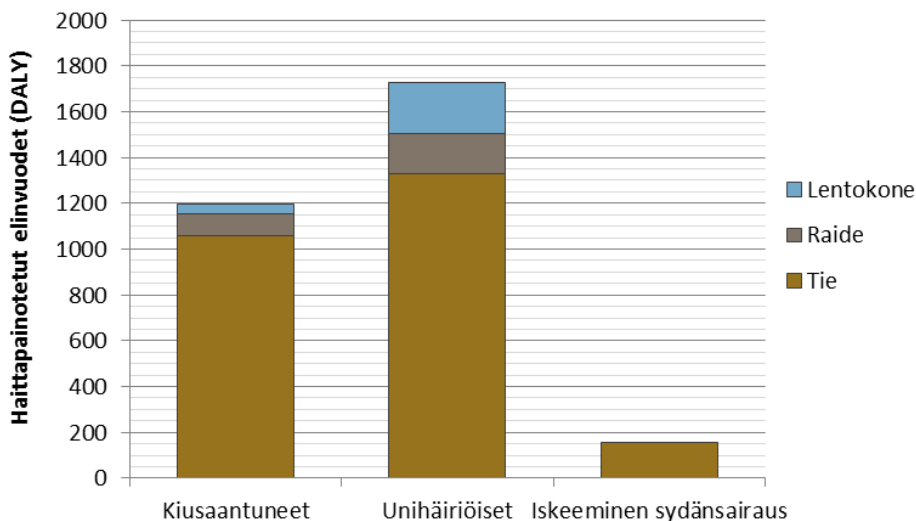
jossa OR_E on tieliikennemelun altistukseen liittyvä iskeemisen sydänsairauden riski, i on altistusluokka (yhteensä viisi luokkaa 55–59; 60–64; 65–69; 70–74; > 75 Lden), E_i on altistuneiden osuus kaupunginväestöstä kussakin altistusluokassa ja OR_i on altistusluokan vetosuhte (Taulukko 6). (PAF) laskettiin kaavalla 6:

$$PAF = \frac{OR_E - 1}{OR_E} \quad [6]$$

Tieliikennemelun altistukseen liittyvien iskeemisten sydänsairauksien osuudet kaikista sydänsairauksista eli väestöosuudet (PAF), vaihtelivat mukana olevissa kaupungeissa 0,08 - 0,55 % välillä. Tieliikennemelun osuus sydäninfarkteista oli suurin Turussa (0,55 %) ja Helsingissä (0,47 %) sekä pienin Kauniaisissa (0,08 %) ja Espoossa (0,15 %).

3.2.3 Meluun kohdentuva tautitaakka

Liikennemelun arvioitiin aiheuttavan noin 24 700 henkilölle vakavan unihäiriön ja suurta kiusaantumista 59 900 henkilölle sekä noin 12 iskeemiseen sydänsairauteen liittyvää kuolemantapausta (Taulukko 7). IHME GBD aineistosta arvioimme, että iskeemiseen sydänsairauteen kuollut menetti keskimäärin 13 elinvuotta verrattuna tilanteeseen, jossa hän ei olisi altistunut liikenteen melulle. Liikennemelu aiheutti yhteensä 3080 haittapainotettua elinvuotta Suomessa vuonna 2015. Suurin osa tautitaakasta liittyi tieliikennemeluun (Kuva 3, Taulukko 8).



Kuva 3. Liikennemelun aiheuttamat haittapainotetut elinvuodet (DALY) Suomessa melulähteittäin vuonna 2016.

Taulukko 7. Liikennemelun (tie, raide ja lentokone) aiheuttamat terveysvaikutukset vuonna 2016.

Kaupunki	Vakavasti unihäiriöiset		Suuresti kiusaantuneet		Iskeeminen sydänsairaus	
	Tapaukset	DALY	Tapaukset	DALY	Kuolemat	DALY
Espoo	2 586	181	5 513	110	1	8
Helsinki	7 816	547	20 881	418	5	66
Jyväskylä	1 391	97	3 479	70	1	9
Kauniainen	57	4	196	4	0	0
Kuopio	1 330	93	3 506	70	1	10
Lahti	1 263	88	3 070	61	1	11
Oulu	1 895	133	4 672	93	1	8
Tampere	1 736	122	4 639	93	1	10
Turku	2 211	155	6 168	123	2	27
Vantaa	4 366	306	7 807	156	1	8
Yhteensä	24 651	1 726	59 930	1 199	12	156

DALY: haittapainotetut elinvuodet.

Taulukko 8. Liikennemelun terveysvaikutukset melulähteittäin haittapainotettuina elinvuosina (DALY).

Kaupunki	Tie	Raide	Lentokone
Espoo	235	2	62
Helsinki	932	99	0
Jyväskylä	165	10	0
Kauniainen	8	0	0
Kuopio	171	3	0
Lahti	127	33	0
Oulu	179	53	2
Tampere	176	49	0
Turku	299	3	3
Vantaa	254	15	201
Yhteensä	2 545	267	269



3.3 Liikenneonnettomuudet

3.3.1 Liikenneonnettomuuksien terveysvaikutusten arviointi

Tilastokeskuksen aineistoa tieliikenneonnettomuuksissa kuolleiden ja loukkaantuneiden määristä tiekäyttäjryhmittäin käytettiin jaoteltuna maakunnille ja kunnille (Tilastokeskus 2020a). Laskennoissa käytettiin vuosikeskiarvoa 2011–2015 liikenneonnettomuuksista, sillä erityisesti kuntakohtaisissa onnettomuuksissa voi olla paljon vaihtelua yksittäisten vuosien osalta.

Tässä työssä otimme huomioon liikenneonnettomuuksissa kuolleiden määrän sekä heidän menettämänsä elinvuodet. Menetetyt elinvuodet arvioitiin käyttäen GBD-tutkimuksen taustatautitaakka-aineistoa vuodelle 2015 (GBD 2017). GBD -aineistosta laskettiin menetetyt elinvuodet kuolemantapausta kohden (YLL/kuolema) sukupuolittain sekä eri onnettomuusluokille (Taulukko 9). Liikennekuolemien aiheuttamat menetetyt elinvuodet saatiin kertomalla Tilastokeskuksen raportoima kuolleiden lukumäärä kuoleman vuoksi keskimääräisesti menetetyillä elinvuosilla.

Liikenneonnettomuuksien osalta on huomioitu vain liikenteessä kuolleiden lukumäärä ja menetetyt elinvuodet, eikä onnettomuuksista johtuvia loukkaantumisia ole otettu huomioon. Loukkaantuneiden määrissä oli suuria eroja kansallisessa tilastokeskuksen arvioissa (7600) ja GBD arvioissa (49 700). Aineistojen epäyhteensopivuuden vuoksi onnettomuus (YLD) -osuutta ei tässä työssä arvioitu.

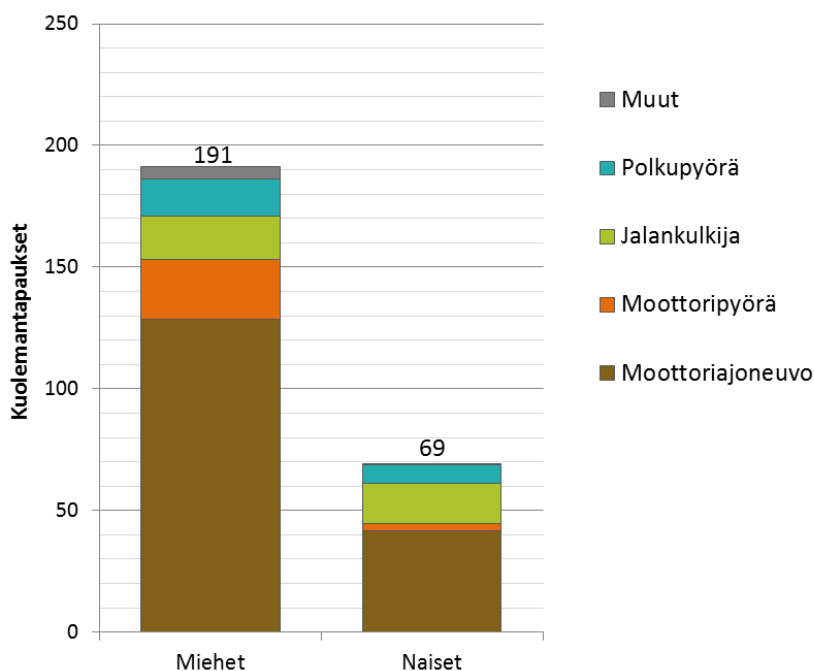
Taulukko 9. Liikenneonnettomuudet tiekäyttäjryhmittäin IHME GBD2017 tautitaakka-aineiston ja tilastokeskuksen aineiston mukaan vuodelle 2015.

Onnettomuusluokka	IHME GBD					Tilastokeskus
	DALY	YLD	YLL	Kuolemat	YLL/Kuolema	Kuolemat
Liikenneonnettomuudet	24 273	11 667	12 606	349	36	261
Tieliikenneonnettomuudet	20 646	10 460	10 187	279	37	255
<i>Jalankulkija</i>	2 966	1 495	1 471	53	28	34
<i>Polkupyörä</i>	3 889	2 928	962	36	27	23
<i>Moottoripyörä</i>	3 328	1 849	1 479	30	49	27
<i>Moottoriajoneuvo</i>	9 913	3 747	6 166	158	39	170
<i>Muut tieonnettomuudet</i>	550	441	109	3	42	-
Muut liikenneonnettomuudet	3 627	1 208	2 419	70	35	6

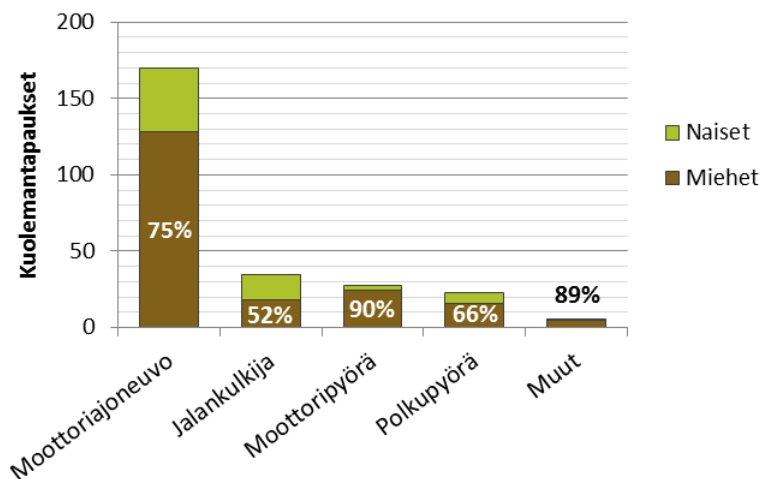
DALY: haittapainotetut elinvuodet, YLD: menetetyt terveet elinvuodet, YLL: menetetyt elinvuodet.

3.3.2 Liikenneonnettomuuksiin kohdentuva tautitaakka

Liikenneonnettomuuksiin liittyvien kuolemien yhden vuoden keskiarvo Suomessa oli 261 kuolemaa ja 9 780 menetettyä elinvuotta (YLL), kun viiden vuoden onnettomuusaineistot yhdistettiin (Taulukko 10). Liikenneonnettomuuksista suurin osa oli moottoriajoneuvo-onnettomuuksia (Kuva 4). Liikennekuolemat painottuivat selvästi miehille (73 % kaikista liikennekuolemista ja 76 % menetetyistä elinvuosista). Erityisesti miehille painottuivat moottoripyöräonnettomuuksiin (90 %) ja muihin liikenneonnettomuuksiin (89 %) liittyvät kuolemat (Kuva 5). Naisten osuus liikenneonnettomuuksista oli suurin kävelyn osalta (48 %).



Kuva 4. Liikenneonnettomuuskuolemat Suomessa onnettomuustyyppin mukaan, keskiarvo vuosilta 2011–2015.



Kuva 5. Liikenneonnettomuuskuolemien kulkuneuvotyypeittäin ja sukupuolittain (miesten osuudet merkitty kuvaajaan) Suomessa keskiarvo vuosilta 2011–2015.

Taulukko 10. Liikenneonnettomuuksista aiheutuneet kuolemat, vuosikeskiarvo 2011–2015.

	Yhteensä	Jalan- kulkija	Polku- pyörä	Moottori- pyörä	Moottori- ajoneuvo	Muut
Koko maa	261	34	23	27	170	6
Maakunnat:						
Uusimaa	37	9	3	5	20	0.4
Varsinais-Suomi	21	4	3	2	11	0.4
Satakunta	16	1	3	2	10	1
Kanta-Häme	8	1	1	1	5	0
Pirkanmaa	28	4	2	2	19	1
Päijät-Häme	12	2	1	2	8	0
Kymenlaakso	9	1	1	2	6	0.2
Etelä-Karjala	7	0.4	1	2	4	0.2
Etelä-Savo	12	0.2	1	2	9	0.2
Pohjois-Savo	11	1	0.4	1	9	0.2
Pohjois-Karjala	13	1	1	1	10	0.2
Keski-Suomi	14	2	1	1	10	0.4
Etelä-Pohjanmaa	18	2	2	2	12	0.4
Pohjanmaa	9	1	1	1	6	0
Keski-Pohjanmaa	3	1	1	0	1	0
Pohjois-Pohjanmaa	22	3	2	1	16	1
Kainuu	5	1	0	0	3	0
Lappi	13	1	1	1	9	1
Ahvenanmaa	2	0.2	0	0	2	0
Tarkastellut kaupungit:						
Espoo	4	0.4	1	0	2	0
Helsinki	9	4	1	1	3	0.2
Joensuu	3	0	0	0.2	2	0
Jyväskylä	3	1	1	0	1	0
Kauniainen	0	0	0	0	0	0
Kuopio	2	0.2	0	0.4	2	0.2
Lahti	4	1	0.4	1	2	0
Oulu	5	1	0.4	0	3	0.2
Tampere	4	1	1	1	2	0
Turku	3	1	1	0	1	0
Vantaa	4	2	0	1	1	0



Kuva: Adobe Stock, Kuvankäsitteily, SYKE.

3.4 Aktiivinen liikkuminen

3.4.1 Henkilöliikennetutkimus

Aktiivisen liikkumisen tautitaakan arvioinnissa hyödynnettiin Henkilöliikennetutkimuksen (HLT) 2016 aineistoa (Liikennevirasto 2018). Tutkimus sisältää valtakunnallisen otoksen sekä 10 seudullista lisäotosta: Oulun seutu, Tampereen seutu, Päijät-Häme, Turun seutu, Helsingin seutu, Itäinen Uusimaa, Läntinen-Uusimaa, Riihimäen seutu, Salo ja Joensuun ydinkaupunkiseutu (Pastinen ym. 2018). HLT-tutkimuksessa on mukana jokaisen tutkittavan osalta kaikki matkat yhden vuorokauden ajalta sekä muun muassa tiedot matkojen kestoista ja kulkutavoista.

HLT-tutkimuksessa matka määritettiin siirtymänä paikasta toiseen kuten kotoa kauppaan tai työpaikalle (Pastinen ym. 2018). Matkoiksi luettiin kaikki matkat, jotka ulottuivat kodin pihapiiriin ulkopuolelle. Meno ja paluu laskettiin erillisiksi matkoiksi. Tässä työssä huomioitiin kaikki matkoihin liittyvä kävely ja pyöräily, myös osana matkaketjua esimerkiksi siirtyminen kävellessä julkiseen kulkuneuvoon.

Aktiivisen liikkumisen tautitaakan arviointiin valitsimme ≥ 20 -vuotiaat tutkimushenkilöt. Koko maata koskevassa arvioissa otimme huomioon tutkimushenkilöt, jotka olivat mukana valtakunnallisessa otoksessa ($n=8130$). Seutukohtaisia tutkimuksia hyödynnettiin kaupunkikohtaisissa arvioissa. Seutukohtaiset otokset koskivat laajempia alueita kuin tähän työhön valitut kaupungit, joten kyseisistä otoksista poimittiin mukaan vain tutkimushenkilöt, joiden kotikunta oli tutkimuksessa mukana. Kuopiota koskien ei ollut erillistä seudullista otosta, joten havainnot poimittiin valtakunnallisesta otoksesta ottaen huomioon henkilöt, joiden kotikunta on Kuopio.

Pyöräilijöiden osuus oli huomattavasti pienempi kuin kävelijöiden osuus kaikissa tarkasteluissa (Taulukko 11). Valtakunnallisessa otoksessa 49 % kaikista tutkimushenkilöistä liikkuivat aktiivisesti eli joko kävelivät tai pyöräilivät tutkimuspäivän aikana.

Taulukko 11. Kuvailu Henkilöliikennetutkimuksessa (HLT) mukana olleista havainnoista koko maata ja tarkasteltuja kaupunkeja ja seutukuntia koskien.

Alue	n ≥ 20 v	Kävely	Pyöräily	Kävely/pyöräily	Kävely & pyöräily
Koko maa	8 130	3 689	583	4 005	267
Helsinki	1 226	868	96	898	66
Espoo	775	468	44	486	26
Vantaa	733	415	41	435	21
Oulu	1 701	847	217	950	114
Tampere	1 542	955	150	1 022	83
Turku	1 201	677	136	747	66
Joensuu	387	209	61	231	39
Kuopio ¹	138	79	14	85	8

¹Kuopiota koskevat havainnot poimittu valtakunnallisesta otoksesta.

Taulukko 12. Kävelijöiden ja pyöräilijöiden osuus HLT valtakunnallisen otoksen tutkimushenkilöistä ikäryhmittäin. Lisäksi ilmoitettu kävelijöiden ja pyöräilijöiden keskimääräinen kävelyn ja pyöräilyn suorite vuorokauden aikana.

Ikäryhmä (v)	Henkilöitä (n)	Kävely (%)	Pyöräily (%)	Kävely (km/vrk)	Pyöräily (km/vrk)
20-49	3921	48 %	7.8 %	1.1	9.6
50-64	2755	44 %	7.6 %	1.0	10.3
65-79	1174	41 %	4.9 %	1.0	8.8
80-99	280	35 %	3.2 %	1.1	5.2

Valtakunnallisessa otoksen yli 20-vuotiaat tutkimushenkilöt (8130 henkilöä) tekivät vuorokauden aikana keskimäärin 2,9 matkaa, yhteensä 23 315 matkaa. Matkoista 30 % sisälsi kävelyä ja 5,6 % pyöräilyä, joko ainoana kulkumuotona tai osana matkaketjua. Kaikesta kävelystä 39 % ja pyöräilystä 10 % tapahtui osana matkaketjua.

3.4.2 Aktiivisen liikkumisen terveyshyötyjen arviointi

Kullekin tutkimushenkilölle laskettiin ensin erikseen kävelen ja pyöräillen tehtyjen matkojen pituudet yhteensä (km). Pyöräilyn ja kävelyn matkojen pituudet muutettiin pyöräilyyn ja kävelyyn käytetyksi ajaksi (h) olettaen kävelyn keskimääräisen nopeuden olevan 5,3 km/h ja pyöräilyn 14,0 km/h (Kelly ym. 2014). Pyöräilyn ja kävelyn kestot kerrottiin niiden metabolisilla ekvivalentilla (MET), jotka olivat 4,0 MET kävelylle ja 6.8 MET pyöräilylle (Kahlmeier ym. 2017). MET kuvaa fyysisen aktiivisuuden intensiteettiä ja tällä tavalla voidaan huomioida, että pyöräily on keskimäärin fyysisesti rasittavampaa kuin kävely, ja tämän takia tunti pyöräilyä tuo suuremmat terveyshyödyt kuin tunti kävelyä. Saadut MET-h/päivä kerrottiin luvulla 3, jotta saatiin arvio MET-h/viikko (Cambridgen yliopisto 2020, Woodcock ym. 2014). Näin ollen oletettiin, että viikossa on keskimäärin kolmen aktiivisen päivän verran kävelyä ja pyöräilyä. Kullekin tutkimushenkilölle laskettiin pyöräilyyn ja kävelyyn liittyvä kuolleisuuden suhteellisen riskin (relative risk, RR) alenema kävelylle ja pyöräilylle käyttäen Kelly ym. (2014) log-lineaarisia annosvastesuhteita (kaava 7).

$$RRa = \text{Exp}((\ln(RR)/11,25)*\text{METH}/\text{viikko}) \quad [7]$$

jossa RRa on suhteellinen riski aktiivisuustasolla, perustason suhteellinen riski RR on kävelylle ja pyöräilylle 0,90 (Kelly ym. 2014). Yhtälön vakio 11.25 MET h/viikko on Kelly ym. (2014) käyttämä fyysisen aktiivisuuden arvo, joka perustuu aikuisille annettuun maailmanlaajuiseen fyysisen aktiivisuuden suositukseen. Mikäli laskettu suhteellinen riski yksittäiselle henkilölle oli alle 0,6 (eli kävelyn tai pyöräilyn oletettiin laskeneen kuolleisuutta enemmän kuin 40 %), oletettiin RR: 0,6. Kuopiolle käytettiin valtakunnallisesta otoksesta koko maalle laskettuja suhteellisia riskejä, sillä Kuopiolle ei ollut erillistä otosta HLT-tutkimuksessa.

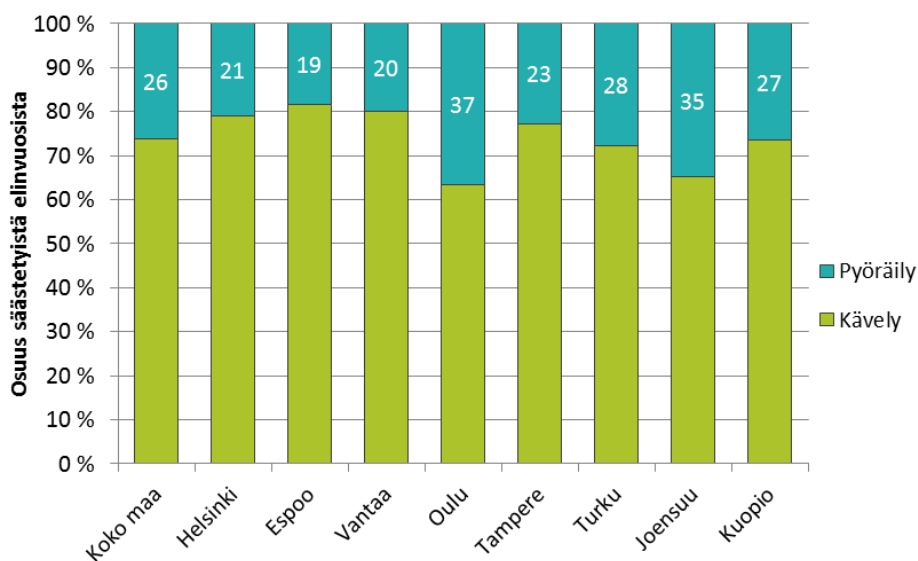
3.4.3 Aktiivisen liikkumisen terveyshyödyt

Aktiivisen liikkumisen tuomat terveyshyödyt olivat huomattavia koko maan sekä kaupunkien tasolla. Kävelyn ja pyöräilyn arvioitiin säästävän noin 2 000 kuolemantapausta ja 31 400 elinvuotta (YLL) koko maassa vuonna 2016 (Taulukko 13).

Taulukko 13. Kävelyn ja pyöräilyyn liitetyt terveyshyödyt esitettynä vältettyinä kuolemantapauksina sekä säästettyinä elinvuosina (negatiivinen YLL).

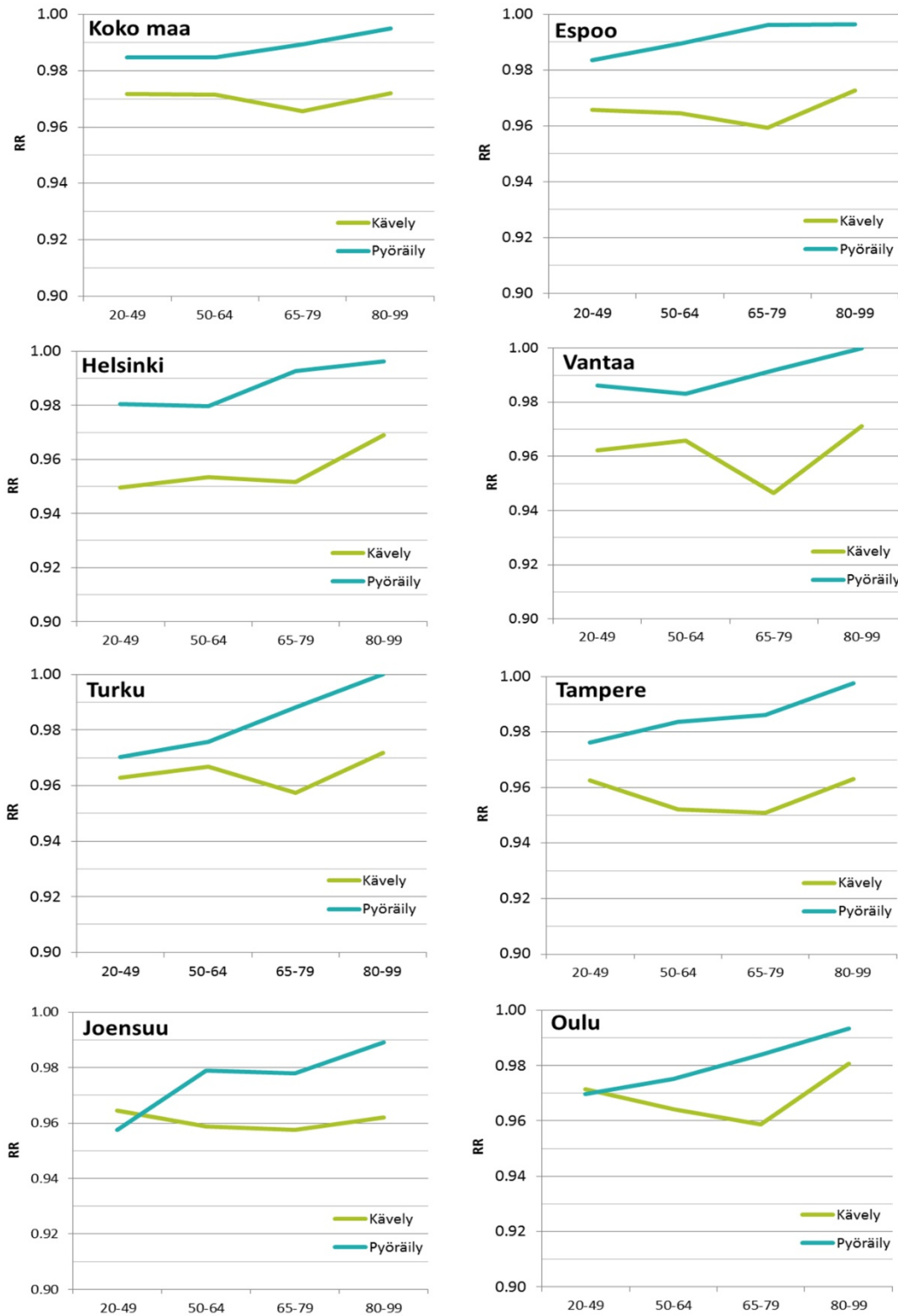
	Kävely		Pyöräily		Yhteensä	
	YLL	Kuolemat	YLL	Kuolemat	YLL	Kuolemat
Koko maa	-23 098	-1 550	-8 257	-429	-31355	-1 979
Helsinki	-3 337	-190	-889	-37	-4 226	-227
Espoo	-1 001	-55	-228	-9	-1 229	-64
Vantaa	-958	-53	-239	-9	-1 197	-62
Oulu	-696	-38	-403	-18	-1 099	-56
Tampere	-1 253	-81	-369	-16	-1 622	-97
Turku	-898	-59	-343	-12	-1 242	-71
Joensuu	-412	-28	-220	-12	-632	-39
Kuopio	-451	-30	-163	-8	-615	-38

Aktiivisen liikkumisen ansiosta säästetyistä elinvuosista (YLL) 74 % liittyi kävelyn koko maassa. Pyöräilyn osuus aktiivisen liikkumisen terveyshyödyistä oli suurin Oulussa (37 %) ja Joensuussa (35 %) (Kuva 6). Aineistossa oli huomattavasti enemmän kävelijöitä kuin pyöräilijöitä, mikä selittää pyöräilyn pienemmän osuuden terveysvaikutuksista. Valtakunnallisessa otoksessa koko maan tasolla yli 20-vuotiaista tutkimushenkilöistä vain 7,2 % pyöräili.



Kuva 6. Aktiivisen liikkumisen vuoksi säästettyjen elinvuosien jakautuminen kävelyn ja pyöräilyn kesken.

Kävelyn ja pyöräilyn tuomissa terveyshyödyissä oli ikäryhmittäisiä eroavaisuuksia (Kuva 7). Yleisesti ottaen pyöräily toi suurimman kuolleisuuden riskin aleneman nuorimmalle ikäryhmälle (20–49 -vuotiaat), mikä selittyy sillä, että nuoret ovat aktiivisimpia pyöräilijöitä. Kävelyssä huomattiin useassa otoksessa suurimmat kuolleisuuden riskin alenemat nuorimmalla ikäryhmällä (20–49) sekä 65–79 -vuotiaiden ikäryhmässä. Vanhin ikäryhmä (80–99) oli vähiten aktiivinen ja näin ollen heille aktiivisen liikkumisen hyödyt jäivät alemmiksi. Tässä tulee kuitenkin huomioida, että tarkastelussa on mukana koko ikäryhmä, eikä vain aktiivisesti liikkuvat henkilöt.



Kuva 7. Kuolleisuuden suhteellinen riski ikäryhmittäin liittyen kävelyyn ja pyöräilyyn koko maassa, sekä tarkastelluissa kaupungeissa. Kun suhteellinen riski (RR) on pienempi kuin yksi, kyseessä on suojaava vaikutus. Mitä alhaisempi RR on, sitä suurempi suojaava vaikutus on kyseessä.

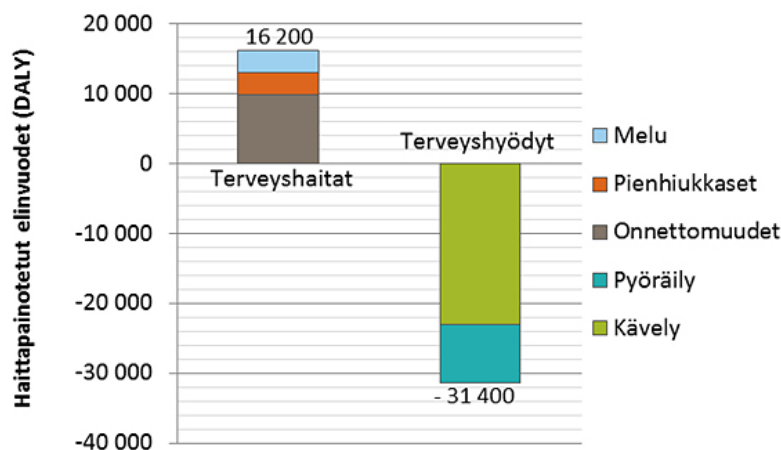
4 Tulosten yhteenveto ja jatkotutkimustarpeet

4.1 Liikenteen tautitaakka yhteenveto

Liikenteen terveyshaitat koko Suomessa olivat 16 200 haittapainotettua elinvuotta (DALY) ja aktiivisesta liikkumisesta tulevat terveyshyödyt eli vältetyt terveyshaitat olivat -31 400 YLL (Kuva 8). Aktiivisen liikkumisen terveyshyödyt olivat siis yli kaksinkertaiset tässä työssä arvioituihin liikenteen terveyshaittoihin verrattuna. Yhteenveto liikenteen tautitaakkatuloksista koskien koko maata, maakuntia ja tarkasteltuja kaupunkeja on koottu taulukkoon 9.

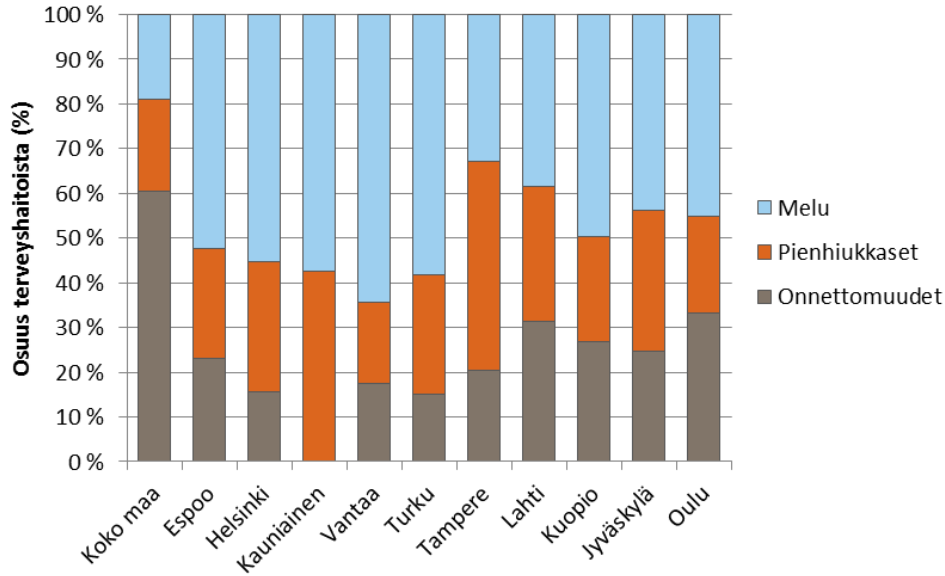
Koko maan tasolla terveyshaitoista suurin osa aiheutui liikenneonnettomuuksissa kuolleista (9 780 YLL). Kotimaisen liikenteen aiheuttamien primääristen pienhiukkasten terveyshaitat (3 310 YLL) ja melun terveyshaitat (3 080 DALY) olivat samaa suuruusluokkaa haittapainotettujen elinvuosien osalta. Pienhiukkasten aiheuttamat terveyshaitat koostuivat menetetyistä elinvuosista ja melun terveyshaitat aiheutuivat pääosin unihäiriöistä ja kiusaantuneisuudesta.

Vaikka tässä arvioissa pienhiukkasten ja melun terveysvaikutukset ovat samaa suuruusluokkaa, tulee ottaa huomioon se, että pienhiukkasten osalta arvioitiin altistuksen aiheuttamat terveysvaikutukset koko maassa, kun taas melun osalta arvio koskee kymmentä Suomen kaupunkia, jotka ovat velvollisia raportoimaan melun altistusarviot EU:lle. Näin ollen melun terveysvaikutukset koko maan osalta on aliarvioitu.

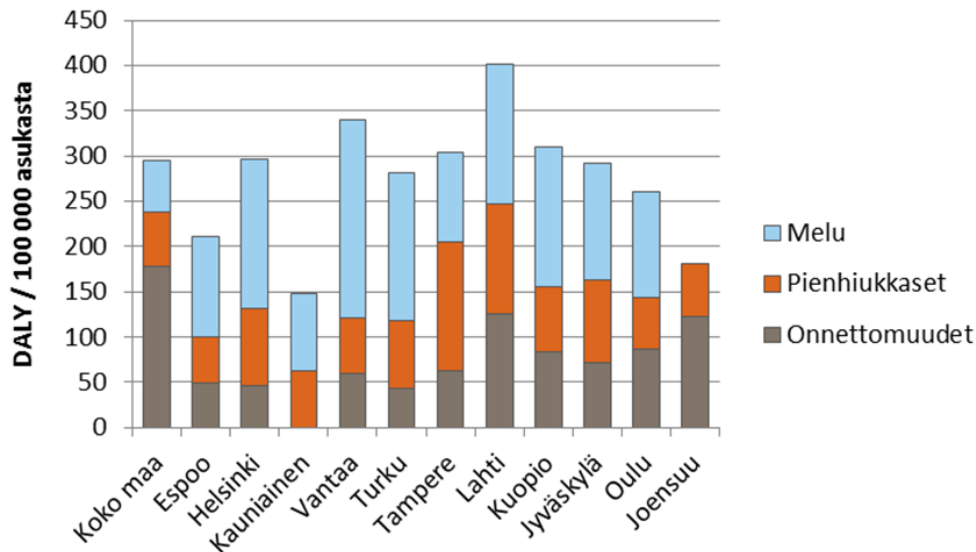


Kuva 8. Liikenteen vuotuinen tautitaakka haittapainotettuina elinvuosina (DALY) Suomessa 2015. Liikennemelun osalta on huomioitu vaikutukset sairastavuuteen (YLD) ja kuolleisuuteen (YLL), muiden tekijöiden osalta on tarkasteltu vain kuolleisuusvaikutuksia (YLL).

Kaupunkitasolla tarkasteltaessa liikenneonnettomuuksien suhteellinen merkitys on pienempi, kun taas melun suhteelliset vaikutukset kasvavat (Kuva 9, Kuva 10). Myös PM_{2,5} osuus tautitaakasta oli suurempi tarkastelluissa kaupungeissa kuin koko maan arvioissa. EEA:n melun altistustiedot sisältävät Suomen osalta vain tässä työssä mukana olevat kaupungit ja koko Suomen arvio on näiden kaupunkien melun tautitaakkojen summa. Osa melun terveysvaikutuksista ei tule arvioiduksi altistustietojen puutteen vuoksi.



Kuva 9. Liikenteen terveyshaittojen (haittapainotetut elinvuodet, DALY) jakautuminen riskitekijöittäin. Onnettomuuksien osalta huomioimme tarkastelussa liikenteessä kuolleet, pienhiukkasten osalta lisääntyneen kuolleisuuden ja melun osalta sekä lisääntyneen kuolleisuuden että melun häiritsevyyden.



Kuva 10. Onnettomuuksien, melun ja pienhiukkasten (PM_{2.5}) terveyshaittojen (haittapainotetut elinvuodet, DALY) 100 000 asukasta kohden. Melun vaikutus koko maalle on summa 10 kaupungin melun tautitaakasta. Melualtistusaineiston puuttumisen vuoksi melun tautitaakkaa ei ole arvioitu Joensuulle.

Taulukko 14. Liikenteen aiheuttamat kuolemantapaukset ja haittapainotetut elinvuodet (DALY). Aktiivisen liikunnan osalta vaikutukset ovat suojaavia, minkä vuoksi arvot esitetty negatiivisina. Liikennemelun osalta on huomioitu vaikutukset sairastavuuteen (YLD) ja kuolleisuuteen (YLL), muiden tekijöiden osalta on tarkasteltu vain kuolleisuusvaikutuksia (YLL).

	Kuolemantapaukset				Haittapainotetut elinvuodet (DALY)			
	PM _{2,5}	Melu	Onnettomuudet	Aktiivinen liikkuminen	PM _{2,5}	Melu	Onnettomuudet	Aktiivinen liikkuminen
Koko maa	236	12 ^a	261	-1 979	3 305	3080 ^a	9 779	-31 355
Uusimaa	71	-	37	-	1 061	-	1 354	-
Espoo	9	1	4	-64	299	299	132	-1 229
Helsinki	37	5	9	-227	1 030	1030	292	-4 226
Kauniainen	0,4	0	0	-	8	8	0	-
Vantaa	8	1	4	-62	470	470	127	-1 197
Varsinais-Suomi	22	-	21	-	297	-	747	-
Turku	13	2	3	-71	305	305	79	-1 242
Satakunta	11	-	16	-	141	-	593	-
Kanta-Häme	8	-	8	-	110	-	307	-
Pirkanmaa	35	-	28	-	475	-	1 047	-
Tampere	23	1	4	-97	225	225	140	-1 622
Päijät-Häme	12	-	12	-	171	-	452	-
Lahti	9	1	4	-	160	160	131	-
Kymenlaakso	6	-	9	-	77	-	366	-
Etelä-Karjala	4	-	7	-	55	-	287	-
Etelä-Savo	5	-	12	-	67	-	476	-
Pohjois-Savo	10	-	11	-	130	-	415	-
Kuopio	6	1	2	-38	173	173	93	-615
Pohjois-Karjala	5	-	13	-	70	-	488	-
Joensuu	3	-	3	-39	-	-	93	-632
Keski-Suomi	14	-	14	-	189	-	520	-
Jyväskylä	9	1	3	-	176	176	99	-
Etelä-Pohjanmaa	6	-	18	-	82	-	693	-
Pohjanmaa	7	-	9	-	93	-	352	-
Keski-Pohjanmaa	2	-	3	-	24	-	144	-
Pohjois-Pohjanmaa	12	-	22	-	172	-	826	-
Oulu	8	1	5	-56	234	234	172	-1 099
Kainuu	2	-	5	-	24	-	181	-
Lappi	5	-	13	-	69	-	481	-
Ahvenanmaa	-	-	2	-	-	-	77	-

^a Koko maan arvio on summa tarkasteltujen kaupunkien tautitaakasta.

4.2 Avoimet kysymykset

Nyt esitettyä tautitaakkalaskentaa voitaisiin tulevaisuudessa parantaa huomioimalla useampia riskitekijöitä ja lisäämällä tarkasteluun sairastavuusvaikutuksia. Ilmansaasteista huomioimme tässä tutkimuksessa liikenteen primääriset PM_{2.5} päästöt. Liikenteen typpidioksidi- (NO₂) ja typpimonoksidipäästöillä (NO) on myös yhteys terveysvaikutuksiin (COMEAP, 2018) ja jatkotutkimuksissa olisi tärkeää arvioida myös näiden päästöjen terveysvaikutukset. Lisäksi voitaisiin arvioida myös mahdollisuutta ottaa huomioon liikenteen sekundaariset pienhiukkaset.

Liikennemelun osalta arvioinnin kattavuuden parantaminen koskemaan myös muita Suomen kaupunkeja antaisi paremman kuvan liikennemelun aiheuttamasta tautitaakasta. Tässä työssä melun altistus-tietojen puute on rajoittanut melun vaikutuksen arvioimista muihin kaupunkeihin, sillä EU:n ympäristö-direktiivin raportointivelvollisuuden parissa on vain tarkastelussa mukana olleet Suomen kaupungit.

Liikenneonnettomuuksien osalta tässä työssä olivat mukana vain onnettomuuksissa kuolleet eli henkilöt, jotka ovat kuolleet 30 vuorokauden kuluessa onnettomuudessa. Tilastokeskus raportoi myös liikenneonnettomuuksissa loukkaantuneet sekä vuodesta 2014 eteenpäin erikseen myös vakavasti loukkaantuneiden määrät. Tilastokeskuksen määritelmän mukaan liikenneonnettomuudessa loukkaantuneiksi lasketaan henkilöt, jotka eivät ole kuolleet 30 vuorokauden kuluessa onnettomuudesta, mutta jotka ovat saaneet hoitoa tai tarkkailua sairaalassa, sairauslomaa tai operatiivista hoitoa, esimerkiksi tikkejä. Vakavasti loukkaantuneiksi luetaan ne henkilöt, joiden vamma tai vammat ovat AIS-vakavuusluokituksen (Association for the Advancement of Automotive Medicine, AAAM) mukaisesti luokiteltu vakaviksi (Suomen virallinen tilasto (STV) 2020). Vuosien 2011–2015 välillä liikenneonnettomuuksissa loukkaantuneita oli keskimäärin vuosittain 4000 henkeä. Näistä vakavasti loukkaantuneita oli 2014–2015 vuosien tietojen perusteella noin 356 henkeä (Tilastokeskus, 2020b).

Tarkastelussa keskityttiin tieliikenteeseen. Vesiliikennettä ei ole huomioitu ja lentoliikenteestä huomioitiin vain lentoliikenteen melu, siltä osin kuin se sisältyi EEA:n aineistoihin. Näiltä osin tarkastelua olisi hyvä täydentää tulevaisuudessa, kun vesi- ja ilmaliikenteen vaikutukset voidaan paremmin arvioida.

Tarkastelussa oli mukana 11 kaupunkia, joille oli olemassa riittävät aineistot vähintään kolmesta arvioidusta altisteesta. Erityisesti kattavan meluarvioinnin puute tekee tarkastelun laajentamisen useampiin kaupunkeihin vaikeaksi. Samoin fyysisen aktiivisuuden osalta HLT:n otoskoko mahdollistaa arvioinnin tekemisen pääasiassa vain kaupungeille, joissa on tehty erilliset otokset.

Lisäksi jatkotutkimusta ja menetelmäkehitystä tarvitaan erityisesti sairastavuuden (YLD) arvioinnin parantamisessa. Tässä tutkimuksessa sairastavuusvaikutukset huomioitiin vain melualtistukselle. Tässä tutkimuksessa ei myöskään ole tehty erikseen epävarmuustarkastelua. Liikenteellä on myös huomattavia vaikutuksia ilmaston lämpenemiseen. Tässä tutkimuksessa ei ole huomioitu liikenteen päästöjen vaikutuksia ilmastoon eikä epäsuoria vaikutuksia terveyteen. Myöskään liikenteeseen liittyviä elinkaaripäästöjä, kuten liikennevälineiden ja teiden valmistus, ei ole huomioitu.

5 Johtopäätökset

Liikenne vaikuttaa terveyteen useiden eri tekijöiden kautta. Tässä työssä huomioitiin liikenteen primääristen pienhiukkasten, melun, onnettomuuksien ja aktiivisen liikkumisen terveysvaikutukset Suomessa ja suurimmissa kaupungeissa. Liikenteen terveyshaitat koko Suomessa olivat 16 200 haittapainotettua elinvuotta (DALY) ja aktiivisesta liikkumisesta tulevat terveyshyödyt eli vältetyt terveyshaitat olivat -31 400 YLL. Liikenteen terveysvaikutusten huomioiminen on tärkeää liikennepäätöksiä tehtäessä, jotta päätöksillä voidaan lisätä positiivisia terveysvaikutuksia ja vähentää samalla riskejä, niin kansallisesti kuin paikallisestikin. Nyt esitettyä arviointia voidaan tarkentaa tulevaisuudessa ottamalla mukaan useampia riskitekijöitä ja tarkastelemalla vaikutuksia kattavasti niin kuolleisuuteen kuin sairastavuuteen, sekä arvioimalla vaikutusten epävarmuuksia.

Sanasto

DALY	Haittapainotetut elinvuodet
EEA	Euroopan ympäristökeskus
GBD	Globaali tautitaakkatutkimus
NO₂	Typpidioksidi
PM_{2.5}	Ilman pienhiukkaset, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 2,5 µg/m ³
RR	Suhteellinen riski
WHO	Maailman terveysjärjestö
YLD	Sairauden vuoksi vajaakuntoisena eletyt elinvuodet
YLL	Ennenaikaisen kuoleman vuoksi menetetyt elinvuodet

Lähteet

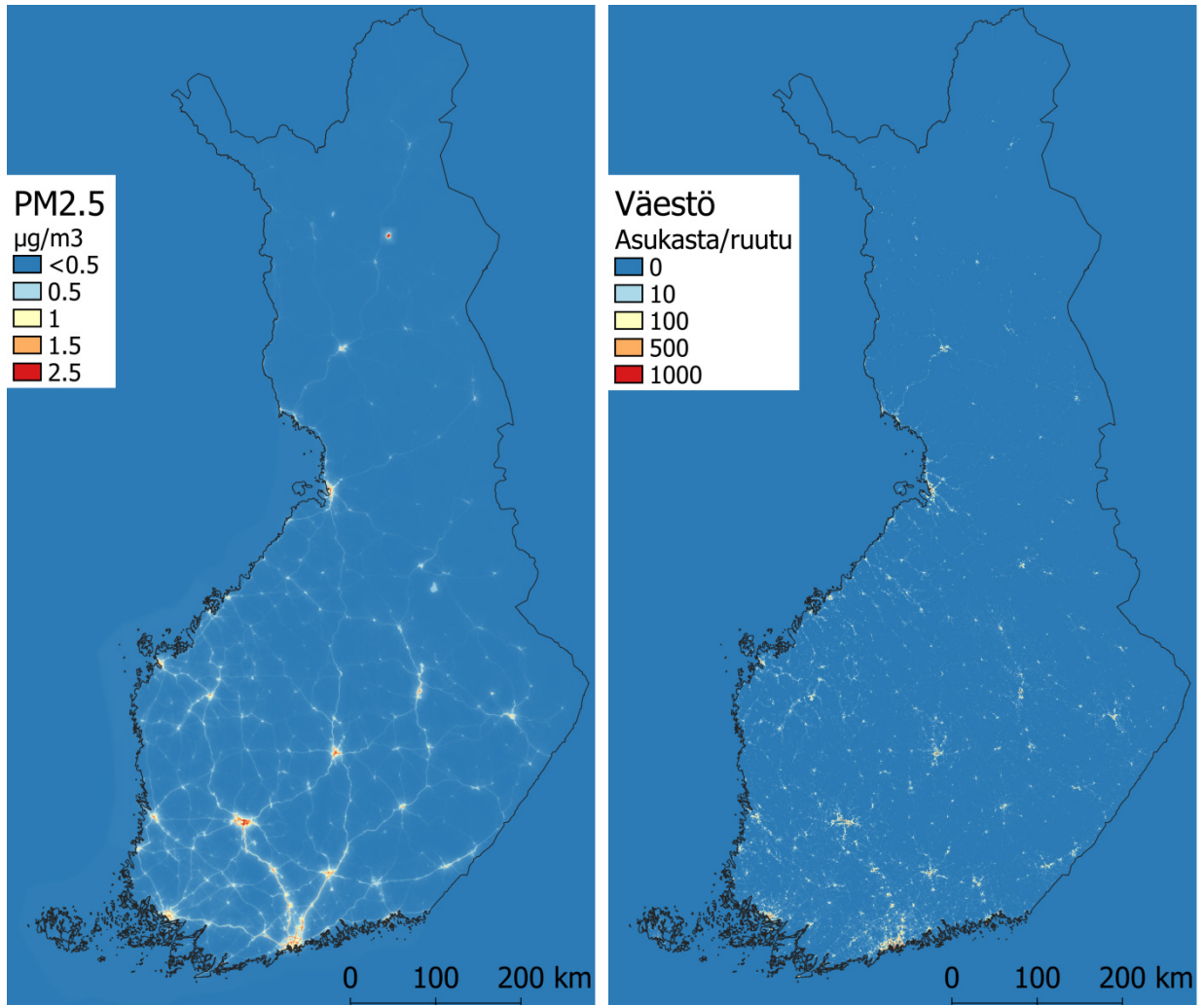
- Asikainen, A., Hänninen, O. & Pekkanen, J. 2013. Ympäristöaltisteisiin liittyvä tautitaakka Suomessa. *Ympäristö ja terveys-lehti* 44(5): 68–74. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201312057566>.
- Asikainen, A. & Hänninen, O. 2016. Tieliikennemelun torjunnan terveys- ja hyvinvointivaikutukset. *Ympäristö ja terveys-lehti* 47(1): 52–58. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201602095258>.
- Cambridgen yliopisto. 2021. Integrated Transport and Health Impact Modelling Tool (ITHIM). MRC Epidemiology Unit. <https://www.mrc-epid.cam.ac.uk/research/research-areas/public-health-modelling/ithim/> (viitattu 05.01.2021).
- Chen, J., & Hoek, G. 2020. Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environment international*, 105974. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105974>.
- COMEAP. 2018. Associations of long-term average concentrations of nitrogen dioxide with mortality. A report by the Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. <https://www.gov.uk/government/publications/nitrogen-dioxide-effects-on-mortality>.
- EEA. 2019: Reported data on noise exposure covered by Directive 2002/49/EC. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-on-noise-exposure-7> (viimeksi muokattu 21.11.2019).
- GBD Collaborative Network. 2018. Global Burden of Disease Study 2017 (GBD 2017) Results. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2018. Saatavilla: <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>.
- Global Road Safety Facility, The World Bank & Institute for Health Metrics and Evaluation. 2014. Transport for Health: The Global Burden of Disease from Motorized Road Transport. IHME, Seattle, WA&: The World Bank, Washington, DC. <http://www.healthdata.org/policy-report/transport-health-global-burden-disease-motorized-road-transport>.
- Héroux, M.E., Anderson, H.R., Atkinson, R., Brunekreef, B., Cohen, A., Forastiere, F., Hurley, F., Katsouyanni, K., Krewski, D., Krzyzanowski, M., Künzli, N., Mills, I., Querol, X., Ostro, B. & Walton, H. 2015. Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: Recommendations of a WHO/Europe project. *International Journal of Public Health* 60, 619–627.
- Hoek, G.; Krishnan, R.M.; Beelen, R.; Peters, A.; Ostro, B.; Brunekreef, B. & Kaufman, J.D. 2013. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: A review. *Environmental Health* 12 (43): 1-15. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-43>.
- Hänninen, O., & Knol, A. 2011. European Perspectives on Environmental Burden of Disease Estimates for Nine Stressors in Six European Countries. National Institute for Health and Welfare (THL), Finland, Helsinki, Finland, No.1/2011.
- Hänninen, O., Lehtomäki, H. & Korhonen, A. 2020. Ilmansaasteet ja kuolleisuus kärjessä, tautitaakka yli kaksinkertainen: Ympäristöaltisteiden kansanterveysvaikutukset. *Ympäristö ja Terveys-lehti* 51 (1): 6-13. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202002246282>.
- Ilmatieteen laitos 2021: Typpidioksidi. Saatavilla: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/typpidioksidi>. (viitattu 08.03.2021)
- Kahlmeier, S., Götschi, T., Cavill, N., Castro Fernandez, A., Brand, C., Rojas Rueda, D., Woodcock, J., Kelly, P., Lieb, C., Oja, P., Foster, C., Rutter, H., & Racioppi, F. 2017. Health economic assessment tool (HEAT) for walking and for cycling. Methods and user guide on physical activity, air pollution, injuries and carbon impact assessments. World Health Organization, Denmark, Copenhagen. https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0010/352963/Heat.pdf
- Kjellström T., Ferguson, R., & Taylor, A. 2008. Health impact assessment of road transport in Sweden. A discussion paper describing the development and testing of HIA methodology. Report from a research project for the Swedish Road Administration, 2007. Swedish Road Administration. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12170/RelatedFiles/2009_67_health_impact_assessment_and_public_health_costs_of_the_road_transport_sector.pdf.
- Korhonen, A., Lehtomäki, H., Rumrich, I., Karvosenoja, N., Paunu, V.-V., Kupiainen, K., Sofiev, M., Palamarchuk, Y., Kukkonen, J., Kangas, L., Karppinen, A. & Hänninen, O. 2019. Influence of spatial resolution on population PM2.5 exposure and health impacts. *Air Quality, Atmosphere and Health* 12:705-718. <https://doi.org/10.1007/s11869-019-00690-z>.
- Kukkonen, J., Savolahti, M., Palamarchuk, Y., Lanki, T., Nurmi, V., Paunu, V.-V., Kangas, L., Sofiev, M., Karppinen, A., Maragkidou, A., Tiittanen, P., & Karvosenoja, N. 2020. Modelling of the public health costs of fine particulate matter and results for Finland in 2015. *Atmospheric Chemistry and Physics* 20: 9371–9391. <https://doi.org/10.5194/acp-20-9371-2020>.
- Lehtomäki, H., Korhonen, A., Asikainen, A., Karvosenoja, N., Kupiainen, K., Paunu, V. V., Savolahti, M., Sofiev, M., Palamarchuk, Y., Karppinen, A., Kukkonen, J. & Hänninen, O. 2018. Health Impacts of Ambient Air Pollution in Finland. *International journal of environmental research and public health* 15(4), 736. doi:10.3390/ijerph15040736. <http://www.mdpi.com/1660-4601/15/4/736>

- Liikennejärjestelmä.fi, 2019a: Suomalaisten liikkumistavat, [Verkkosivu].
<http://liikennejarjestelma.fi/palvelutaso/liikennetyypit/matkat-hlt/> (päivitetty 31.07.2019).
- Liikennejärjestelmä.fi, 2019b: Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt, [Verkkosivu].
<http://liikennejarjestelma.fi/ymparisto/paastot-ilmaan/liikenteen-kasvihuonekaasupaastot/> (päivitetty 3.4.2019).
- Liikenneturva. 2020a. Henkilövahingot henkilöautossa. Tilastokatsaus.
https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_hloautossa_matkustavat.pdf (julkaistu 22.4.2020).
- Liikenneturva. 2020b. Jalankulkijoiden henkilövahingot tieliikenteessä. Tilastokatsaus.
https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_jalankulkijat.pdf (julkaistu 1.10.2020).
- Liikennevirasto. 2018. Henkilöliikennetutkimus 2016. Liikennevirasto, Liikenne ja maankäyttö. Helsinki 2018. Liikenneviraston tilastoja 1/2018. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-01_henkiloliikennetutkimus_2016_web.pdf.
- Pastinen, V., Rantala, A., & Lehto, H. 2018. Henkilöliikennetutkimus 2016 – Tekninen raportti. Liikennevirasto, Liikenne- ja maankäyttö. Helsinki 2018. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 14/2018. 39 sivua ja 2 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-522-8. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-14_henkiloliikennetutkimus_tekninen_web.pdf
- Pesonen, K. 2008. Lentomelun vaikutuksista ja niihin liittyvistä tekijöistä. Vuoden 2008 julkaisun päivitys – Vuosi 2018. Finavia Oyj. <https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Lentomelunvaikutuksista2018.pdf>.
- Reinikainen, J., Asikainen, A. & Hänninen, O. 2017. Tie- ja raideliikennemelun terveys- ja hyvinvointivaikutukset Kuopiossa ja Jyväskylässä. THL:n raportisarja työpaperi 37/2017. Terveystieteiden tutkimuskeskus. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201709278751>.
- Savolahti, M., Kangas, L., Karppinen, A., Karvosenoja, N., Kukkonen, J., Lanki, T., Nurmi, V., Palamarchuk, Y., Paunu, V.-V., Sofiev, M., & Tiittanen, P. 2018. Ilmansaasteiden haittakustannusmalli Suomelle (IHKU). Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 26/2018. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-530-3>.
- THL 2020: Melu. [Verkkosivu] <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/melu>. (päivitetty 23.10.2020).
- Tilastokeskus 2020a. Tieliikenneonnettomuuksissa kuolleet ja loukkaantuneet alueittain tienkäyttäjryhmän, iän ja sukupuolen mukaan vuosina 2003–2020.
http://tieliikenneonnettomuudet.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/Tieliikenneonnettomuudet/Tieliikenneonnettomuudet_1_Tienkayttajat/010_tienk_tau_101.px/ (viitattu 05.10.2020).
- Tilastokeskus 2020b. Väestö iän (1-v.) ja sukupuolen mukaan alueittain kunkin tilastovuoden aluejaolla, 2003–2019.
http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_vrm_vaerak/statfin_vaerak_pxt_11rf.px/ (viitattu 19.12.2020).
- Turunen, A., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P. & Lanki, T. 2021. Eri ympäristölähteiden häiritsevyys Suomessa. Ympäristö ja Terveys -lehti 52(2): 48–55. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202103056665>.
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Tieliikenneonnettomuustilasto [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-758X. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 18.12.2020].: <http://www.stat.fi/til/ton/index.html>.
- Vasankari T, Kolu P, toim. Liikkumattomuuden lasku kasvaa – vähäisen fyysisen aktiivisuuden ja heikon fyysisen kunnan yhteiskunnalliset kustannukset. Hki: Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 31, 2018. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-535-8>.
- WHO, 2010. Global recommendation on physical activity for health. World Health Organization. Geneva, Switzerland. <https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/9789241599979/en/>.
- WHO & JRC. 2011. Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888/en/, (viitattu 29.10.2020).
- WHO. 2018. Environmental noise guidelines for the European region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/279952/9789289053563-eng.pdf>.
- Woodcock, J., Tainio, M., Cheshire, J., O'Brien, O. & Goodman, A. 2014. Health effects of the London bicycle sharing system: health impact modelling study. The BMJ 348:g425.

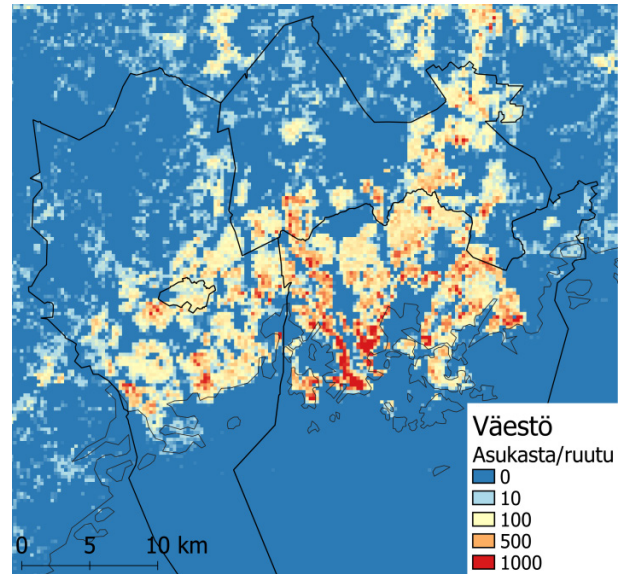
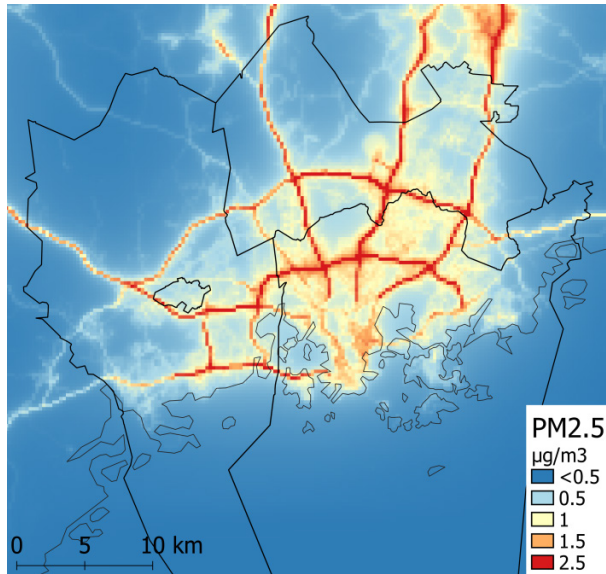
Liite 1: Liikenteen pienhiukkaspitoisuuskartat

Tämän liitteen kuvaajissa esitellään Suomen ja tarkasteltujen 11 kaupungin liikenteen primääriset pienhiukkaspitoisuudet (PM_{2.5}) sekä väestön jakaantuminen. Kartoissa esitetyt päästötiedot ovat vuodelta 2013, väestötiedot 2014 ja kuntien rajat vuoden 2019 mukaiset. Laskennassa on käytetty päästötietoja vuodelta 2013, mutta väestötiedot ovat vuodelta 2015 ja kuntarajat vuoden 2016 tilanteen mukaiset.

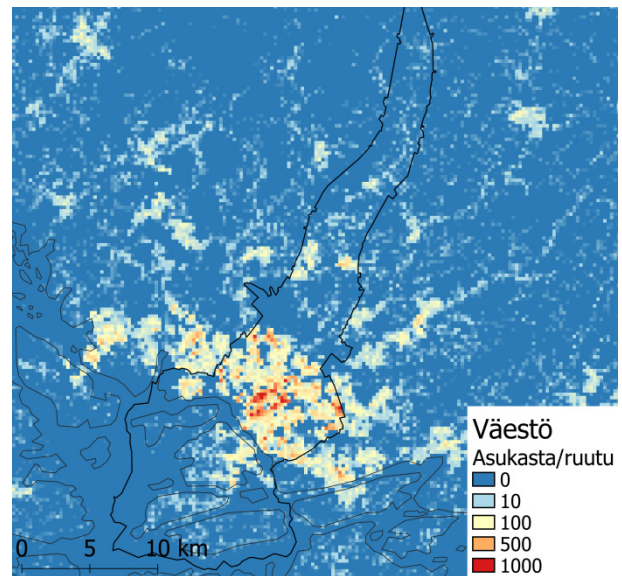
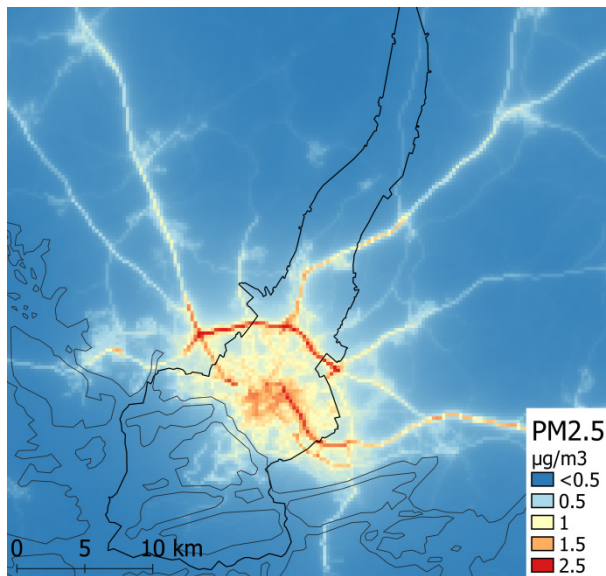
Koko Suomi:



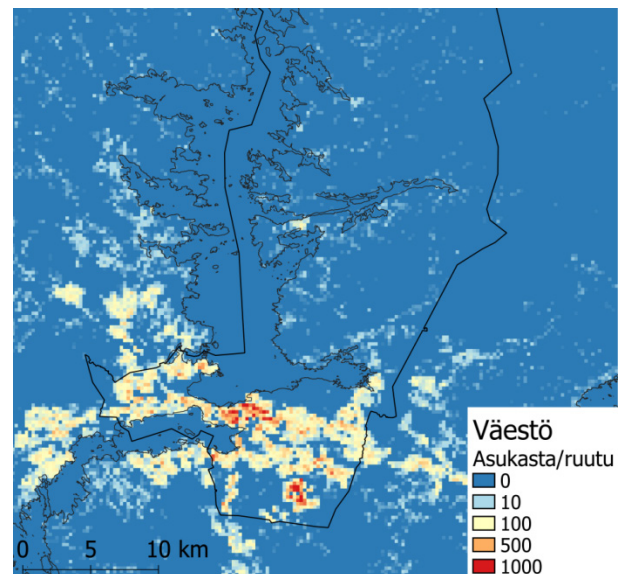
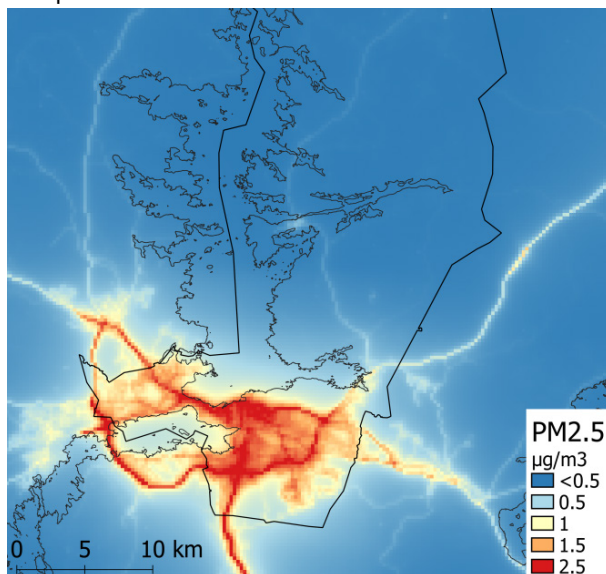
Pääkaupunkiseutu:



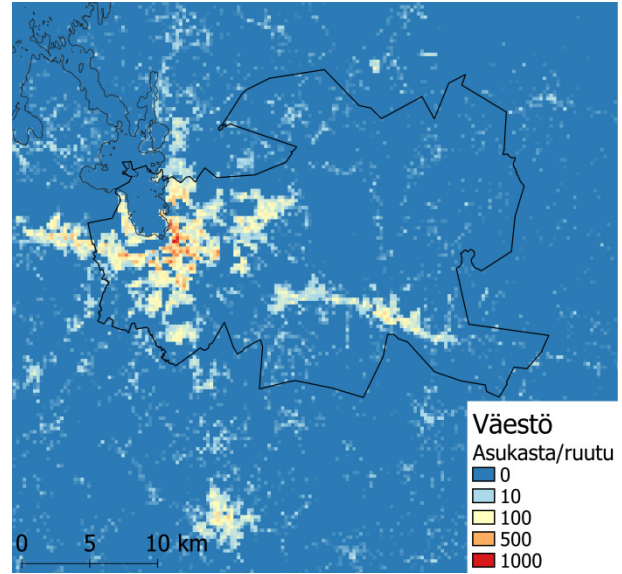
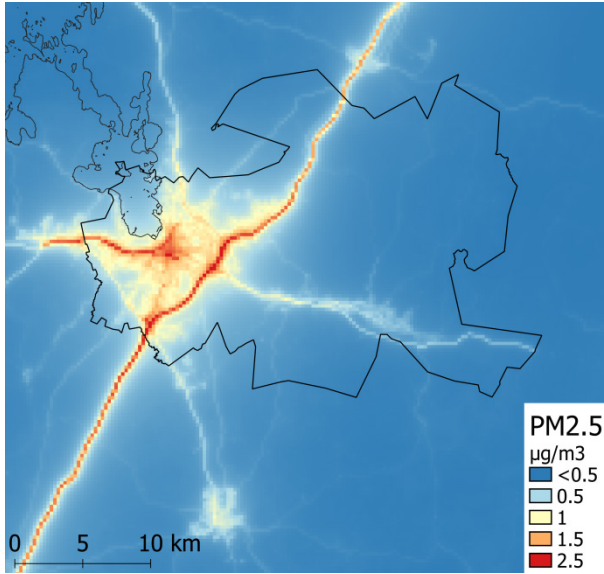
Turku:



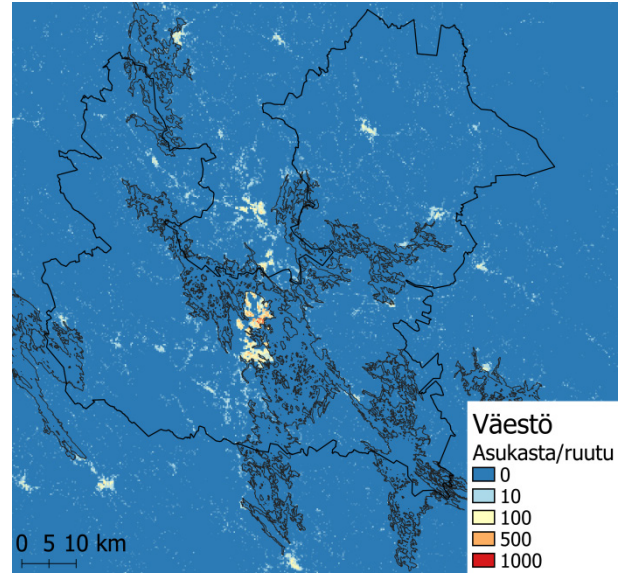
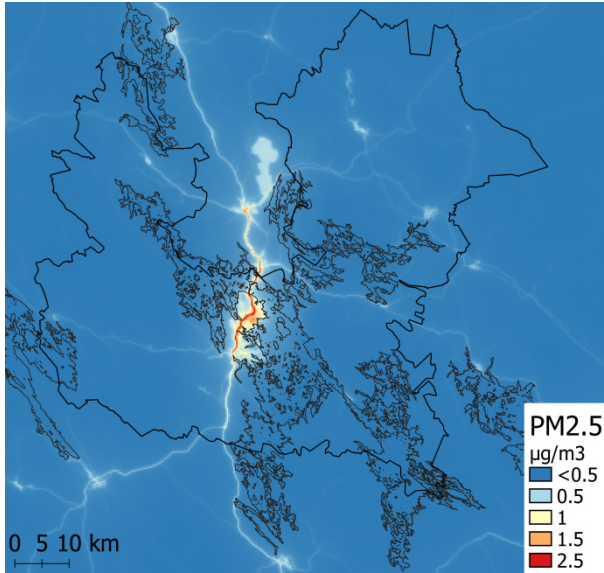
Tampere:



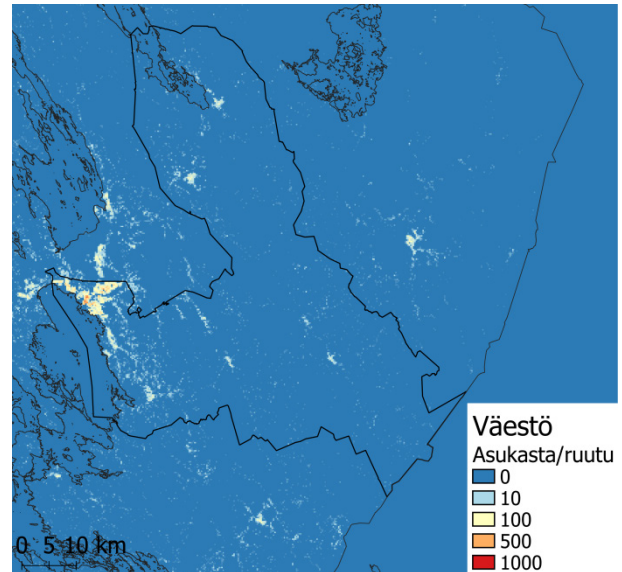
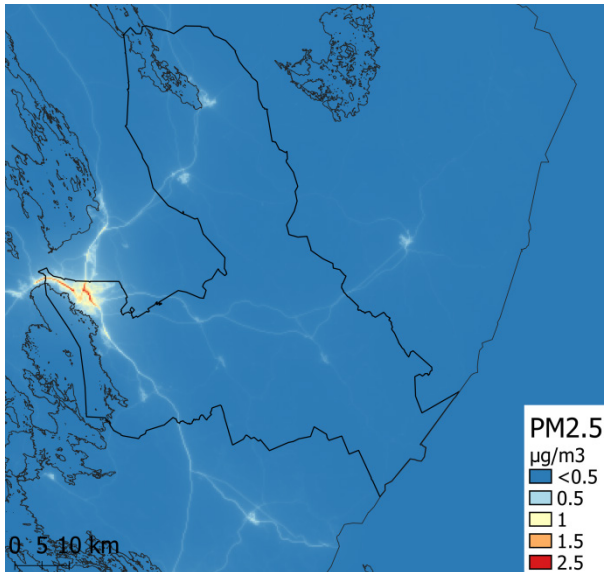
Lahti:



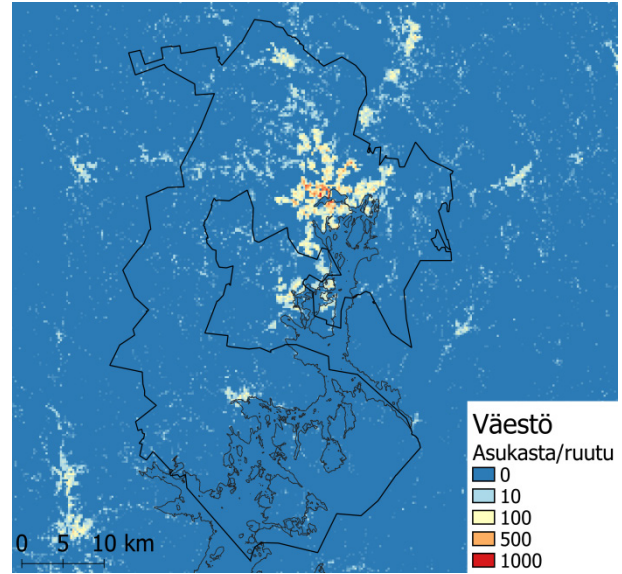
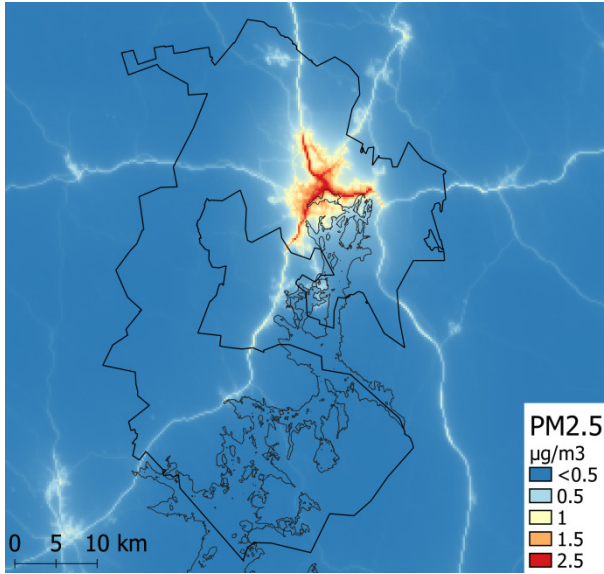
Kuopio:



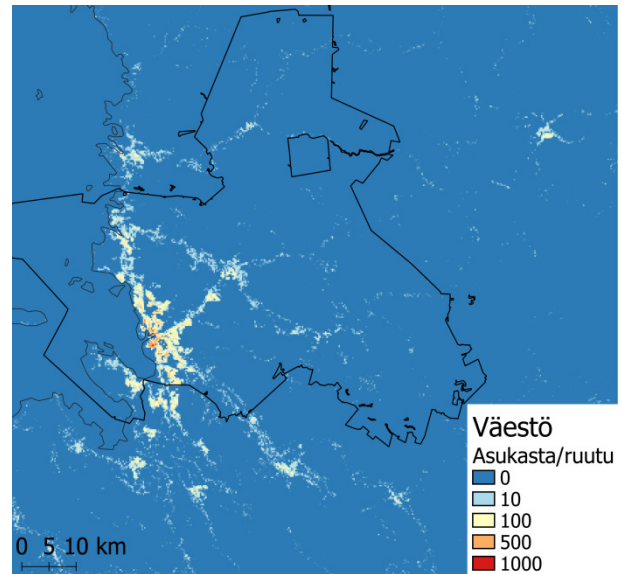
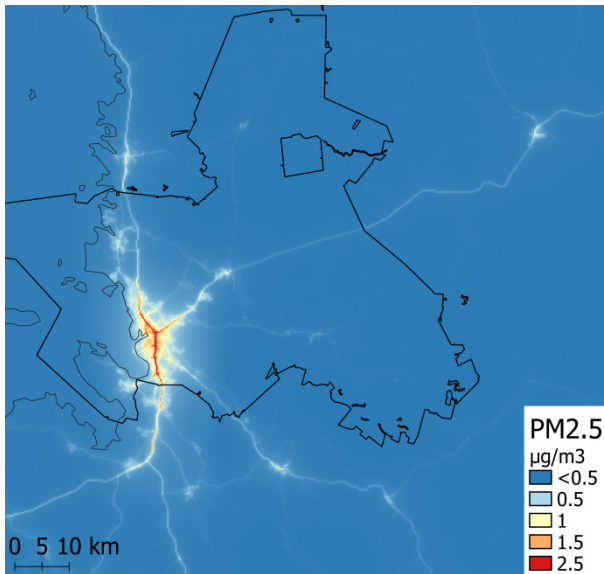
Joensuu:



Jyväskylä:



Oulu:





S Y K E

ISBN 978-952-11-5386-0 (PDF)

ISBN 978-952-11-5385-3 (nid.)

ISSN 1796-1726 (verkkoy.)

ISSN 1796-1718 (pain.)