



## Ilmansaasteiden terveysriskit teiden ja katujen varsilla

**Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä**

Opastinsilta 6 A

00520 Helsinki

puhelin 09 156 11

faksi 09 1561 2011

[www.hsy.fi](http://www.hsy.fi)

**Lisätietoja**

Anu Kousa, puhelin 045 139 3954

[anu.kousa@hsy.fi](mailto:anu.kousa@hsy.fi)

**Copyright**

Kartat, graafit, ja muut kuvat: HSY

Kansikuva: HSY

Edita Prima Oy

Helsinki 2015

# Esipuhe

Ilmansaasteiden, erityisesti ulkoilman pienhiukkasten on todettu aiheuttavan merkittäviä terveyshaittoja ja lisäävän kuolleisuutta. Suomessa pienhiukkasten on arvioitu aiheuttavan noin 1800 ennen aikaista kuolemaan vuosittain, vaikka täällä ilmanlaatu on melko hyvä. Tärkeimpiä pienhiukkasten paikallisia lähteitä ovat liikenne ja puun pienpoltto. Lisäksi ilmansaasteiden kaukokulkeutuminen muualta Euroopasta nostaa pitoisuuksia. Ilmansaasteiden pitoisuuksien ja terveyshaittojen väliset yhteydet on arvioitu yleensä amerikkalaiseen tutkimukseen perustuen. Vuonna 2012 valmistui laaja eurooppalainen epidemiologinen tutkimus, ESCAPE, jossa selvitettiin kuolleisuuden ja sairastavuuden lisääntymistä ilmansaasteiden pitoisuuksien kasvaessa. Tutkimuksessa määritettiin annos-vaste-kertoimet, joiden avulla voidaan arvioida ilmanlaatuun vaikuttavien toimenpiteiden terveysvaikutuksia.

Pääkaupunkiseudun asukasmäärän on arvioitu kasvavan voimakkaasti tulevina vuosina. Kaavoituksessa pyritään kaupunkirakenteen eheyttämiseen ja tarve kaavoittaa asumiselle myös vilkasliikenteisten väylien varsia kasvaa. HSY ja THL toteuttivat yhdessä tutkimuksen, jossa selvitettiin liikenteen vaikutusta ilmanlaatuun ja terveyteen avoimessa ympäristössä ja tiiviissä kaupunkirakenteessa ns. katukuiluissa. Tavoitteena oli kehittää menetelmä, jota voidaan hyödyntää arvioitaessa liikenteen vaikutuksia terveyteen mm. kaupunkisuunnittelussa. Hankkeen tuloksia hyödynnettiin mm. Helsingin yleiskaavatyössä kaupunkibulevardivaihtoehtojen vertailussa.

THL:stä työn toteutukseen osallistuivat Virpi Kollanus, Tarja Yli-Tuomi ja Timo Lanki ja HSY:stä vastaavasti Anu Kousa, Päivi Aarnio ja Jarkko Niemi. Selvitykseen toi asiantuntemustaan myös projektiryhmä, johon osallistuivat Virpi Mamia Helsingin kaupunkisuunnitteluvirastosta, Eeva Pitkänen, Outi Väkevä ja Suvi Haaparanta Helsingin ympäristökeskuksesta, Leena Sjöblom ja Katja Ohtonen Espoon ympäristökeskuksesta, Jenni Saarelainen ja Merja Kiviluoto Espoon kaupunkisuunnittelusta, Pirjo Suni ja Anitta Penttimikko Vantaan kaupunkisuunnittelusta, Krister Höglund Vantaan ympäristökeskuksesta, Veera Lehto ja Anna Planting HSL:stä sekä Tarja Koskentalo ja Marjatta Malkki HSY:stä.

# Tiivistelmä

Ulkoilman epäpuhtaudet ovat merkittävä kansanterveydellinen haittatekijä. Liikenne on yksi tärkeimmistä epäpuhtauksien päästölähteistä, ja ilmansaasteille altistuminen onkin suurta erityisesti vilkkaasti liikennöityjen teiden läheisyydessä. Kaupunkirakenteen tiivistäminen uhkaa paikoittain lisätä ilmansaasteiden terveyshaittoja entisestään, mutta ilmanlaadun ongelmia voidaan vähentää kaupunki-, liikenne- ja rakennussuunnittelun avulla. Toistaiseksi on kuitenkin ollut epäselvää, kuinka suuria terveyshyötyjä erilaisilla suunnitteluratkaisuilla voidaan saavuttaa.

Tämän tutkimusprojektin tavoitteena oli arvioida ilmanlaatua ja sen terveysvaikutuksia vilkasliikenteisten teiden läheisyydessä, sekä selvittää kuinka teiden varsilla asuville koituvaa terveysriskiä voitaisiin vähentää tie- ja asuinympäristöjen suunnitteluvaiheessa tehtävien ratkaisujen avulla. Liikenteen ilmansaasteista aiheutuvia terveyshaittoja tarkasteltiin yleisellä tasolla sekä avoimessa että katukuilumaisessa tieympäristössä. Lisäksi arvioitiin terveysriskiä katukuiluissa, jotka vastasivat ominaisuuksiltaan Helsingin yleiskaavasunnittelussa ehdotettuja kaupunkibulevardeja.

Avoimen tieympäristön osalta ilmansaastepitoisuuksia arvioitiin mittausten perusteella laaditun liikenteen päästöjen leviämismallin avulla. Katukuilujen ilmanlaatua arvioitiin puolestaan Operational Street Pollution Model (OSPM) -mallinnusohjelman avulla. Pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuva terveysriski määritettiin laskennallisesti perustuen ESCAPE-tutkimuksesta saatuun tietoon ulkoilman epäpuhtauksien ja terveyshaittojen välisestä määrällisestä yhteydestä Euroopassa.

Arvioinnin tulokset osoittavat, että vilkkaasti liikennöidyn tien läheisyydessä asuminen lisää huomattavasti ilmansaasteille altistumista sekä tästä aiheutuvaa terveysriskiä, oli kyseessä sitten katukuilu tai avoin tieympäristö. Ilmanlaadun kannalta avoin ympäristö on kuitenkin olennaisesti parempi vaihtoehto kuin katukuilu, sillä liikenteen päästöt pääsevät laimentumaan vapaasti ja ilmansaastepitoisuudet pienenevät nopeasti tiestä etäännyttäessä. Uusien asuinrakennusten kohdalla rakennusten etäännyttäminen vilkasliikenteisistä teistä onkin tehokas keino torjua terveysriskiä. Katukuiluissa terveyshaitat voivat nousta moninkertaisiksi avoimeen tieympäristöön verrattuna. Katukuilujen ilmanlaatua voidaan kuitenkin parantaa suunnittelemalla helpommin tuulettuvia kuilurakenteita, rajoittamalla liikenteen määrää sekä lisäämällä liikenteen sujuvuutta. Myös Helsingin yleiskaavaluonnoksessa ehdotettujen kaupunkibulevardien suunnittelussa tulisi kiinnittää erityistä huomiota ilmanlaatuun vaikuttaviin tekijöihin. Arvioinnin perusteella liikenteen ilmansaasteista aiheutuva terveysriski voi bulevardeilla nousta merkittävästi korkeammaksi kuin tilanteessa, jossa asutus sijaitsisi vastaavalla etäisyydellä avoimesta, nopean ja sujuvan liikenteen väylästä.

<b>Julkaisija:</b> Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä	
<b>Tekijä:</b> Virpi Kollanus, Timo Lanki, Pekka Taimisto, Tarja Yli-Tuomi, Anu Kousa, Päivi Aarnio, Jarkko Niemi	<b>Pvm:</b> 15.5.2015
<b>Julkaisun nimi:</b> Ilmansaasteiden terveysriskit teiden ja katujen varsilla	
<b>Avainsanat:</b> ilmansaasteet, terveysriski, terveysvaikutus, liikenne	
<b>Sarjan nimi ja numero:</b> HSY:n julkaisuja 2/2015	<b>Issn-I:</b> 1798-6087
<b>Isbn (nid.):</b> 978-952-6604-93-0	<b>Isbn (pdf):</b> 978-952-6604-91-6
<b>Issn (nid.):</b> 1798-6087	<b>Issn (pdf):</b> 1798-6095
<b>Kieli:</b> suomi	<b>Sivuja:</b> 36
<b>Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä</b> PL 100, 00066 HSY, puhelin 09 156 11, faksi 09 1561 2011, www.hsy.fi	



# Sammandrag

Uteluftens orenheter är en betydande skadefaktor för folkhälsan. Trafiken är en av de viktigaste utsläppskällorna för föroreningar och exponeringen för luftföroreningar är också stor, särskilt i närheten av livligt trafikerade vägar. Koncentrationen av stadsstrukturen hotar ställvis att öka luftföroreningarnas hälsoskador mer än tidigare, men problemen med luftföroreningar kan minskas med hjälp av stads-, trafik- och byggnadsplanering. Tills vidare har det dock varit oklart, hur stor hälso nytta man kan uppnå med olika planeringslösningar.

Målet med detta forskningsprojekt var att beräkna luftkvaliteten och dess hälsoeffekter i närheten av livligt trafikerade vägar, samt utreda hur hälsoriskerna för dem, som bor längs vägarna, kunde minskas genom lösningar i planeringsskedet av vägmiljöerna. Hälsoskador orsakade av trafikens luftföroreningar studerades på allmän nivå i såväl öppen som gatukanjonlik vägmiljö. Därtill beräknades hälsoriskerna i gatukanjoner, som till sina egenskaper motsvarade de gatubulevarder som föreslås i planen för Helsingfors generalplan.

För den öppna trafikmiljöns del beräknades halterna av luftföroreningar på basen av en utspädningsmodell baserad på mätningar. Luftkvaliteten i gatukanjoner beräknades för sin del med hjälp av Operational Street Pollution Model (OSPM). Hälsoriskerna av långtidsexponering för trafikens luftföroreningar bestämdes kalkylmässigt baserat på data från ESCAPE-undersökningen om det kvantitativa sambandet mellan uteluftens orenheter och hälsoskador i Europa.

Resultaten från utvärderingen visade, att boende i närheten av en livligt trafikerad väg märkbart ökar exponeringen för luftföroreningar och en härav förorsakad hälsorisk, om det sedan är fråga om en gatukanjon eller öppen vägmiljö. Ur luftkvalitets synpunkt är dock en öppen vägmiljö ett väsentligt bättre alternativ än en gatukanjon, ty trafikens utsläpp kan fritt spädas ut och luftföroreningarna minskar snabbt med ökande avstånd från vägen. I fråga om nya bostadshus är också en distansering av byggnaden från vägen ett effektivt sätt att avvärja hälsorisker. I gatukanjoner kan hälsoriskerna stiga mångdubbelt i jämförelse med öppen vägmiljö. Luftkvaliteten i gatukanjoner kan dock förbättras genom planering av bättre ventilerade kanjonstrukturer, begränsningar av trafikmängden, samt en ökning av smidigheten i trafikflödet. Även vid planeringen av de i Helsingfors generalplan föreslagna stadsbulevarderna borde man fästa särskild uppmärksamhet vid faktorer som påverkar luftkvaliteten. På basen av utvärderingen kan hälsoriskerna orsakad av trafikens luftföroreningar på bulevarderna stiga till betydande högre nivå än vid en situation, där bebyggelsen skulle ligga på motsvarande avstånd från en öppen trafikled med snabb och smidigt flytande trafik.

<b>Utgivare:</b> Samkommunen Helsingforsregionens miljöjänster	
<b>Författare:</b> Virpi Kollanus, Timo Lanki, Pekka Taimisto, Tarja Yli-Tuomi, Anu Kousa, Päivi Aarnio, Jarkko Niemi	<b>Datum:</b> 15.5.2015
<b>Publikationens namn:</b> Hälsorisker av luftföroreningar i närheten av vägar och gator	
<b>Nyckelord:</b> luftföroreningar, hälsorisk, hälsoeffekt, trafik	
<b>Publikationsseriens titel och nummer:</b> HRM:s publikationer 2/2015	<b>Issn-I:</b> 1798-6087
<b>Isbn (hft):</b> 978-952-6604-93-0	<b>Isbn (pdf):</b> 978-952-6604-91-6
<b>Issn (hft):</b> 1798-6087	<b>Issn (pdf):</b> 1798-6095
<b>Språk:</b> finska	<b>Sidor:</b> 36
<b>Samkommunen Helsingforsregionens miljöjänster</b> PB 100, 00066 HSY, telefon 09 156 11, fax 09 1561 2011, www.hsy.fi	

# Abstract

Outdoor air pollution is a significant concern for public health. Traffic is one of the most important emission sources, and exposure to air pollutants is high particularly near busy streets. Increasing urban density may further exacerbate pollution in some areas, but air quality problems can be mitigated in the planning of city structure, traffic and buildings. However, there is uncertainty regarding the extent of health benefits that can be gained by alternative designs for urban areas.

The objective of this research project was to evaluate air pollution and its adverse health effects in people living along busy streets, and to assess how the air-pollution related health risks could be reduced by better design of street and residential environments. The scale of health impacts due to traffic pollution were estimated for both an open street-environment and street canyons. Health risks were also evaluated for street canyons similar to the city boulevards suggested in the new city plan for Helsinki.

For the open street-environment, air pollutant concentrations were evaluated using a traffic-emission dispersion model developed based on air pollution measurements. Air quality in street canyons was assessed using the Operational Street Pollution Model (OSPM) -software. Health effects due to long-term exposure to the traffic pollution were estimated based on information from the ESCAPE -research project, which studied the quantitative relationship between outdoor air pollution and health in Europe.

The results of the assessment indicate that living near a busy street increases exposure to outdoor air pollution and the related health risks substantially, both in open street-environments and street canyons. However, in terms of air quality, an open street-environment is a better option compared to a street canyon because the traffic emissions are freely dispersed and the air pollutant concentrations fall quickly when moving away from the street. Hence, for new residential buildings, increasing the distance between the buildings and busy streets is an effective means of mitigating the health risks. In street canyons, concentrations of air pollutants can be several times higher compared to an open street-environment. Air quality in street canyons can be improved by designing more easily ventilated canyon structures, reducing traffic volume and improving traffic flow. Regarding the city boulevards suggested in the Helsinki city plan, factors affecting air quality should be carefully evaluated. Based on our assessment, adverse health effects of the traffic-originated air pollution can be considerably higher on the boulevards compared to a situation where the people would live on a similar distance from an open-environment highway.

<b>Published by:</b> Helsinki Region Environmental Services Authority	
<b>Author:</b> Virpi Kollanus, Timo Lanki, Pekka Taimisto, Tarja Yli-Tuomi, Anu Kousa, Päivi Aarnio, Jarkko Niemi	<b>Date of publication:</b> 15.5.2015
<b>Title of publication:</b> Health risks of air pollutants near roads and streets	
<b>Keywords:</b> air pollutants, health risk, health effects, traffic	
<b>Publication series title and number:</b> HSY publications 2/2015	<b>Issn-I:</b> 1798-6087
<b>Isbn (print):</b> 978-952-6604-93-0	<b>Isbn (pdf):</b> 978-952-6604-91-6
<b>Issn (print):</b> 1798-6087	<b>Issn (pdf):</b> 1798-6095
<b>Language:</b> Finnish	<b>Pages:</b> 36
<b>Helsinki Region Environmental Services Authority</b> PO Box 100, 00066 HSY, Tel. +358 9 156 11, Fax +358 9 1561 2011, www.hsy.fi	

# Sisällys

Esipuhe	3
Tiivistelmä	4
Sammandrag	5
Abstract	6
1 Johdanto	8
2 Ilmanlaatuvyöhykkeet	9
3 Arvioinnin menetelmät	10
3.1 Ilmanlaatu avoimessa tieympäristössä	10
3.2 Ilmanlaatu katukuiluissa	11
3.3 Terveysvaikutusten arviointi	11
4 Tulokset	13
4.1 Avoin tieympäristö	13
4.2 Katukuilut – yleinen tarkastelu	17
4.3 Kaupunkibulevardit	20
5 Johtopäätökset	23
6 Kirjallisuuskatsaukset	25
6.1 Liikenteen päästöjen laimeneminen tiestä etäännyttäessä	25
6.2 Kansainvälisiä esimerkkejä ohjeista ilmanlaadun huomioon ottamiseksi suunnittelussa	27
6.2.1 Norja	27
6.2.2 Iso-Britannia	27
6.2.3 USA	30
6.2.4 Kanada	32
7 Lähdeluettelo	34

# 1 Johdanto

Tieliikenteessä syntyy merkittävä määrä terveydelle haitallisia hiukkasmaisia ja kaasumaisia ilmansaaste-päästöjä. Erityisen herkkiä ilmansaasteiden terveysvaikutuksille ovat vanhukset, lapset sekä kroonisista sydän- ja hengityselinsairauksista kärsivät. Jo lyhytaikainen altistuminen on haitallista ja voi aiheuttaa herkissä väestöryhmissä oireilua sekä vakavia, jopa kuolemaan johtavia akuutteja sairauskohtauksia. Haitallisinta on kuitenkin pitkäaikainen altistuminen, joka edistää sairauksien syntymistä ja pahentumista.

Ilmansaasteista eniten terveyshaittoja aiheuttavat pienhiukkaset ( $PM_{2,5}$ , hiukkasten aerodynaaminen läpimita alle  $2,5 \mu m$ ), jotka leviävät laajalti ilmavirtojen mukana, siirtyvät tehokkaasti ulkoilmasta sisäilmaan ja kulkeutuvat hengitettäessä alahengitysteihin asti. Kaiken kaikkiaan ulkoilman pienhiukkasista on arvioitu aiheuttavan Suomessa vuosittain noin kaksi tuhatta ennenaikaista kuolemaa (Hänninen ym. 2010, EEA 2014). Suomessa liikenne on kotitalouksien puunpolton ohella merkittävin pienhiukkasten paikallislähde, ja altistuminen on suurta erityisesti vilkkaasti liikennöityjen teiden läheisyydessä. Paikallisen liikenteen pakokaasuista ja katupölystä peräisin olevien pienhiukkasten on arvioitu johtaneen Suomessa vuonna 2000 noin 800 ennenaikaiseen kuolemaan (Ahtoniemi ym. 2010).

Pääkaupunkiseudulla liikennemäärien kasvu ja kaupunkirakenteen tiivistäminen uhkaavat paikoin lisätä entisestään liikenteen ilmansaasteille altistumista. Liikennepäästöjen terveyshaittoja voidaan kuitenkin vähentää kaupunki-, liikenne- ja rakennussuunnittelun avulla. Merkittävä vaikutus on sillä, kuinka lähellä asutusta ja muita toimintoja vilkkaat liikenneväylät sijaitsevat. Myös kaupunkiympäristön rakenne, esimerkiksi liikenneväylän sijoittuminen huonosti tuulettuvaan katukuiluun, vaikuttaa huomattavasti paikalliseen ilmanlaatuun. Suunnittelijoille ja päätöksentekijöille on kuitenkin usein epäselvää, kuinka suuria ilmanlaadullisia ja terveydellisiä hyötyjä erilaisilla kaavoitusratkaisuilla voidaan saavuttaa.

Tämän arvioinnin tarkoitus oli selvittää liikenteen ilmansaasteista tien läheisyydessä asuville aiheutuvaa terveysriskiä sekä konkretisoida yleisellä tasolla erilaisilla kaavoitusratkaisuilla saavutettavia terveyshyötyjä. Yksityiskohtaisemmin tavoitteena oli:

- 1) Arvioida terveyshaittojen suuruutta avoimessa tieympäristössä, sekä havainnollistaa HSY:n suosittelemilla minimi- ja suositusetäisyyksillä saavutettavia terveyshyötyjä.
- 2) Arvioida terveyshaittojen suuruutta katukuiluissa, sekä havainnollistaa katukuilun ominaisuuksien vaikutusta näihin.
- 3) Arvioida terveyshaittojen suuruutta Helsingin yleiskaavaluonnoksessa esitetyillä kaupunkibulevardeilla.




## 2 Ilmanlaatuvyöhykkeet

Katupöly, pakokaasut ja melu aiheuttavat terveyshaittoja asuttaessa vilkasliikenteisten väylien vaikutusalueella. Ilmansaasteiden pitoisuudet laskevat nopeasti tiestä etäännyttäessä ja ovat taustan tasolla 200 - 300 metrin etäisyydellä. Hiukkasten terveyshaittoille ei tunneta kynnsarvoa, joten jokainen väylästä etäännyttävä metri on tärkeä.

HSY:n ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen määrittelemien ilmanlaatuvyöhykkeiden avulla pyritään vähentämään pienhiukkasten ja muiden liikenteen päästöjen terveyshaittoja pääkaupunkiseudulla. Ilmanlaatuvyöhykkeiden tavoitteena on taata terveellinen ja turvallinen elinympäristö (MRL 5 §). Ilmanlaatuvyöhykkeitä käytetään suunniteltaessa uusia asuinalueita ja täydennysrakentamista avointen katujen ja väylien läheisyyteen pääkaupunkiseudulla. Minimi- ja suositusetäisyydet (kuva 1) määrittelevät vyöhykkeet, joita lähemmäksi ei suositella asutusta tai herkkiä kohteita. Ilmansaasteille herkkiä ihmisryhmiä ovat sepelvaltimotautia sairastavat, sydämen vajaatoiminnasta kärsivät, astmaatikoit, keuhkohtaumatautia sairastavat, lapset ja iäkkäät. Ilmansaasteille herkkiä kohteita ovat puolestaan päiväkodit ja leikkikentät, asukaspuistot, koulut (peruskoulut), iäkkäiden palvelutalot ja sairaalat. Erityiskohteissa kuten risteysalueella, tunnelin suulla ja huonosti tuulettuvalla alueella, on tarpeen arvioida ilmansaasteiden vaikutuksia tarkemmin.

Suositusetäisyyttä suositellaan sovellettavaksi suunniteltaessa uusia alueita ja minimietäisyyttä suositellaan täydennysrakentamiseen. Etäisyys on metreinä ajoradan reunasta rakennuksen julkisivulle tai oleskelualueiden reunaan. Pääsääntöisesti uudella alueella tarkoitetaan laajaa aluetta, jolla ei ole aiempaa asutusta. (lue lisää: <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/ilmansuojelu/tietoakaupunkisuunnittelijoille/Sivut/default.aspx>)

Ajoneuvoa arki-vrk	Asuinrakennukset / metriä		Herkkä kohde / metriä	
	minimietäisyys	suositusetäisyys	minimietäisyys	suositusetäisyys
5 000		10	10	20
10 000	7	20	20	40
20 000	14	40	40	80
30 000	21	60	60	120
40 000	28	80	80	160
50 000	35	100	100	200
60 000	42	120	120	200
70 000	49	140	140	200
80 000	56	150	150	200
90 000	63	150	150	200
100 000	70	150	150	200



Kuva 1. HSY:n ilmanlaatuvyöhykkeet liikenteen aiheuttamien terveyshaittojen vähentämiseksi.

## 3 Arvioinnin menetelmät

Tutkimuksessa arvioitiin liikenteen vaikutusta tien välittömässä läheisyydessä asuvien pitkäaikaiseen altistumiseen pienhiukkasille (PM<sub>2,5</sub>) ja typpidioksidille (NO<sub>2</sub>). Altistumisen arviointi perustui ulkoilman pitkäaikaisen ilmansaastepitoisuuksien mallinnukseen. Avoimen tieympäristön osalta mallinnuksesta vastasi Terveysten ja hyvinvoinnin laitos (THL) ja katukuilujen osalta Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY. Mallinnuksissa huomioitiin ainoastaan yhden lähitien liikenteestä aiheutuva pitoisuuslisä, eivätkä terveysvaikutuslaskelmat siten huomioi mahdollisista muista lähilähteistä tai ulkoilman taustapitoisuuksista aiheutuvaa altistumista.

### 3.1 Ilmanlaatu avoimessa tieympäristössä

Avoimella tieympäristöllä tarkoitetaan tietä, jonka läheisyydessä ei ole rakenteita, jotka merkittävässä määrin estäisivät liikenteen ilmansaastepäästöjen leviämistä ja laimentumista sivuttaissuunnassa. Tieliikenteestä aiheutuvan pitoisuuslisän arviointi perustui yksinkertaiseen viivalähteen dispersiomalliin, joka sovitettiin Kehä III:lta kerättyyn mittausaineistoon. Mittaukset tehtiin loka-joulukuussa 2012. Leviämismallin avulla voidaan arvioida yhden tien päästöistä aiheutuva ilmansaasteiden pitkäaikaispitoisuus (vuosikeskiarvo) eri etäisyyksillä tien keskikohdasta. Tien keskikohdalla tarkoitetaan kaikki ajoradat huomioiden koko liikenneväylän keskikohtaa (yhden ajoradan tiellä tien keskiviiva tai kahden ajoradan tiellä ajoratojen väliin jäävän alueen keskikohta). Väestön altistumistasoa mallinnettaessa tulee siten huomioida sekä tien leveys että asuinrakennusten etäisyys tien reunasta. Koska malli perustuu mitattuihin ilmansaastepitoisuuksiin, huomioi se pakokaasupäästöjen lisäksi myös mittauskampanjan aikana esiintyneet katupölypäästöt. On kuitenkin epävarmaa, kuinka hyvin mittausajan katupölyolosuhteet edustavat vuoden keskimääräistä tilannetta. Mittauksista suurin osa tehtiin marras-joulukuussa, jolloin kesärenkaat oli jo pääosin vaihdettu nastarenkaisiin. Mallilaskelmissa raskaan liikenteen osuus oli 13 %.

Leviämismallissa tuulen suunnan oletetaan olevan kohtisuoraan tiehen nähden ja ilmansaasteiden pitoisuus arvioidaan tuulen alapuolella. Tältä osin malli kuvastaa siis ns. ”worst case” -altistumistasoa tien vaikutusalueella. Todellisuudessa tuulen suunta kuitenkin vaihtelee. Tilanteessa, jossa asuinrakennukset sijoittuvat tien sijaintiin nähden tuulen yläpuolelle, on tien vaikutus ilmansaastealtistumiseen pieni. Mallin voidaan siten katsoa yliarvioivan tien vaikutusalueella asuvien keskimääräistä altistumistasoa. Toisaalta tilanteessa, jossa tuuli on usein tien suuntainen, voivat ilmansaastepitoisuudet tien välittömässä läheisyydessä olla huomattavasti korkeampia kuin mitä malli ennustaa.

Leviämismallin taustalla olevat ilmansaastemittaukset Kehä III:lla on tehty kohdassa, jossa päästöjen leviämistä eivät estä rakennetut tai luonnolliset esteet. Malli kuvaa siten hyvin pitoisuuksien laimentumista täysin avoimessa tieympäristössä. Avoimeksi tulkittavan tien läheisyydessä voi kuitenkin esiintyä vähäisempiä rakenteita, jotka vaikuttavat jossain määrin päästöjen leviämiseen. Tällaisissa tilanteissa malli voi joko yli- tai aliarvioida pitoisuuksia riippuen siitä, kuinka arvioitava kohde sijoittuu tiehen ja päästöjen leviämistä estäviin rakenteisiin nähden.

Leviämismallia sovellettaessa on syytä huomioida, että se perustuu yhden tien yhdestä kohdasta tehtyihin mittauksiin. Mittauspaikalla liikenne on sujuvaa ja nopeusrajoitus 80 km/h. Mallin soveltuvuutta katuolosuhteisiin ei ole testattu, eikä sen avulla voida arvioida liikenteen nopeuden tai sujuvuuden vaikutusta ilmansaastepitoisuuksiin. Katuajossa nopeudet ovat matalampia, liikenne vähemmän sujuvaa (enemmän jarrutuksia ja kiihdytyksiä) ja helpommin ruuhkautuvaa kuin maantieajossa. Koska malli huomioi vain yhden tien päästöt, se aliarvioi pitoisuuksia tilanteessa, jossa asuinrakennus sijaitsee useamman tien vaikutusalueella.

## 3.2 Ilmanlaatu katukuiluissa

Katukuilulla tarkoitetaan tietä, jota reunustavat molemmiin puolin korkeat rakennukset, jotka estävät liikenteen ilmansaastepäästöjen leviämistä ja laimentumista. Laimentuminen on heikointa tilanteessa, jossa rakennukset muodostavat yhtenäisen ja tiiviin seinämän. Katukuilujen osalta liikenteestä aiheutuvia ilmansaastepitoisuuksia arvioitiin katukuiluja varten kehitetyllä Operational Street Pollution Model (OSPM) -mallilla. Mallin avulla voidaan kuvata ilmanlaatua kuilun molemmilla reunoilla sekä eri korkeuksilla katutasosta, ja se mahdollistaa katukuilun rakenteen (rakennusten korkeus, rakennusten välillä olevat aukot, kadun leveys) sekä liikennemäärän, ajoneuvojakauman, ajonopeuden ja liikenteen sujuvuuden vaikutuksen huomioimisen.

Terveysvaikutusten arvioinnissa käytettiin kahden metrin korkeudelle mallinnettuja ilmansaastepitoisuuksia, sillä laskennassa sovelletut epidemiologiset annosvasteet (ilmansaastepitoisuuksien ja terveyshaittojen välinen määrällinen suhde) perustuvat vastaavalla korkeudella mitattuihin ulkoilman saasteiden pitkäaikaispitoisuuksiin. Tämän vuoksi arvioinnissa ei myöskään huomioitu erikseen ilmansaasteiden korkeussuuntaista laimentumista, sillä annosvaste sisältää oletuksen asuntojen sijoittumisesta eri korkeuksille katutasoon nähden. Verrattaessa mallin antamia tuloksia HSY:n ilmanlaatumittauksiin tulee ottaa huomioon, että HSY:n mittauksissa näytteenotto tapahtuu yleensä noin neljän metrin korkeudessa, millä on vaikutusta pitoisuuksiin.

Katukuilujen seinämät oletettiin täysin eheiksi (ei aukkoja rakennusten välillä). Rakennusten korkeus oletettiin 20 metriksi. Katukuilujen ominaisuuksien vaikutusta arvioitaessa tarkasteltiin kuilun leveyttä (20 tai 40 metriä), liikennemäärää sekä liikenteen nopeusrajoitusta. Nopeusrajoituksen osalta tulee huomioida, että leviämisen laskennassa käytettiin päästökertoimia, joihin sisältyi oletus liikenteen ajoittaisesta ruuhkautumisesta. Ruuhkautuminen on oletettu sitä suuremmaksi, mitä matalampi on nopeusrajoitus. Nopeusrajoitus kuvaa tässä arvioinnissa siten pääasiallisesti liikenteen sujuvuuden vaikutusta ilmanlaatuun, joskin ajonopeus vaikuttaa myös jonkin verran ajoneuvon yksikköpäästöjen suuruuteen. Pienimmät päästöt syntyvät ajettaessa optiminopeudella, jossa auton moottori toimii tehokkaimmin (yleensä välillä 50 - 80 km/h). Pienhiukkas- pitoisuuksien osalta mallinnuksessa on huomioitu pakokaasupäästöjen lisäksi liikenteestä aiheutuva katupölypäästö.

Katukuilujen yleistarkastelun lisäksi arvioitiin terveysvaikutuksia katukuiluissa, jotka vastaavat ominaisuuksiltaan Helsingin yleiskaavaluonnoksessa esitettyjä kaupunkibulevardeja. Arviointikohteiksi valittiin kaksi erilaista bulevardia, joiden leveys oli joko 47 tai 53 metriä ja suunnat vastaavasti itä-länsi ja kaakko-luode. Liikennemäärät vaihtelivat välillä 30 000 – 70 000 ajoneuvoa arkivuorokaudessa ja nopeusrajoitukset välillä 30 km/h – 60 km/h. Rakennusten korkeudet kummallakin bulevardilla olivat 20 metriä ja 28 metriä.

## 3.3 Terveysvaikutusten arviointi

Arvioinnissa tarkasteltiin yhden lähitien liikenteestä sen läheisyydessä asuville aiheutuvaa pitkäaikaista ilmansaastealtistumista sekä tästä koituvia terveyshaittoja. Arvioinnissa huomioitiin 1) ennenaikaiset kuolemat (muut kuin tapaturmaiset syyt), 2) uusien keuhkosityöpätausten ilmaantuminen, 3) äkilliset sepelvaltimotautikohtaukset (sairaalahoitoon ja/tai kuolemaan johtavat) sekä 4) pienten lasten (alle 3-vuotiaat) keuhkokuumeetapaukset (sairaalahoitoon johtavat). Nämä vaikutukset ovat kaikki vakavia terveyshaittoja, joiden määrällinen arviointi on mahdollista olemassa olevan riittävän luotettavan epidemiologisen annosvastetiedon ansiosta. Annosvaste kuvaa sitä, kuinka suuri terveysriski tietyn suuruisesta altistumisesta aiheutuu. Ilmansaasteiden terveyshaitat eivät kuitenkaan todellisuudessa rajoitu näihin, sillä altistumisesta aiheutuu myös muita, erityisesti hengitys- sekä sydän- ja verenkiertoelimistöön liittyviä sairauksia sekä runsaasti lievempiä vaikutuksia, kuten oireilua ja lisääntynyttä lääkityksen tarvetta. Arvioinnin tuloksia tarkasteltaessa tulee myös muistaa, että huomioon otetut vaikutukset ovat osin päällekkäisiä: osa keuhkosityöistä ja sepel-

valtimotautikohtauksista johtaa kuolemaan ja ne siten sisältyvät myös ennenaikaisiin kuolemantapauksiin. Toisaalta kaikki lasten keuhkokuumeetapaukset eivät johda sairaalahoitoon, joten tältä osin riski on aliarvio.

Terveyshaittojen laskennassa sovellettiin ESCAPE-tutkimuksessa (<http://www.escapeproject.eu/>) tuotettuja annosvasteita. ESCAPE on vuosina 2008 - 2012 toteutettu laaja väestötutkimus ilmansaasteiden pitkäaikaisista terveysvaikutuksista 13 eurooppalaisessa maassa, joihin lukeutuu myös Suomi. Tutkimuksessa henkilöiden ilmansaastealtistuminen mallinnettiin osoitetasolla painottaen erityisesti liikenteen päästöjä. Lopulliset annosvasteet perustuvat meta-analyysiin lukuisissa väestökohorteissa havaituista vaikutuksista. Arvioinnissa sovelletut annosvasteet:

Ennenaikaiset kuolemat: 7 % per 5 µg PM<sub>2.5</sub>/m<sup>3</sup> (Beelen ym. 2014)

Keuhkosityövän ilmaantuminen: 18 % per 5 µg PM<sub>2.5</sub>/m<sup>3</sup> (Raaschou-Nielsen ym. 2013)

Sepelvaltimotautikohtaukset: 13 % per 5 µg PM<sub>2.5</sub>/m<sup>3</sup> (Cesaroni ym. 2014)

Lasten (< 3 v.) keuhkokuumeetapaukset: 30 % per 10 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (MacIntyre ym. 2014)

Huomattavaa on, että enneaikaisen kuolemanriskin osalta ESCAPE-tutkimuksen annosvaste on kaksi kertaa korkeampi kuin mitä on käytetty joissakin aikaisemmissa Eurooppaa tai Suomea koskeneissa arvioinneissa (EEA 2014, Hurley ym. 2005, Hänninen ym. 2010, Hänninen ym. 2014, Pascal ym. 2013). Näissä arvioinneissa on selvitetty kaikista päästölähteistä peräisin olevien hiukkasten kuolleisuusvaikutusta, ja sovelletut annosvasteet ovat perustuneet pitkälti pohjoisamerikkalaisiin pitkäaikaistutkimuksiin.

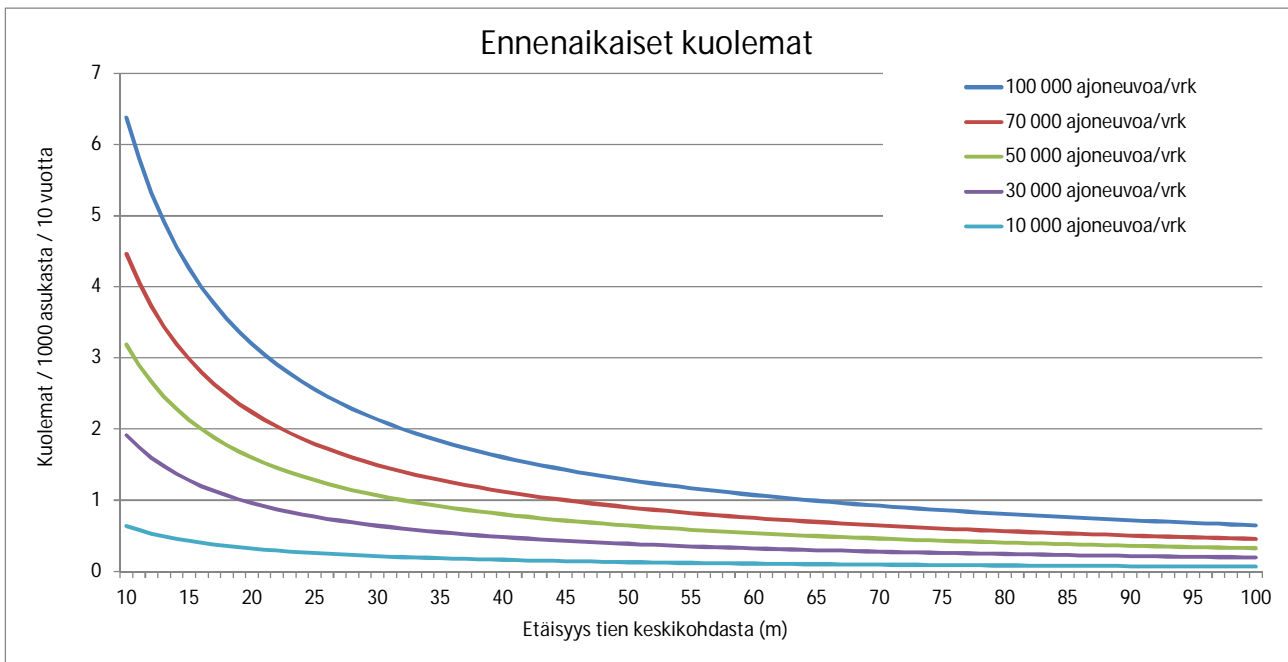
Terveyshaittojen suuruutta arvioitiin kuolleisuuden ja sairastuvuuden taustariskin suhteellisenä lisääntymisenä (%) sekä laskennallisena tapausmääränä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana sekä kaupunkibulevardeilla myös 40 000 asukasta kohden 10 vuoden aikana. Tapausmäärien laskennassa asukasjoukon oletettiin noudattavan väestörakenteeltaan Tilastokeskuksen ennustetta pääkaupunkiseudun väestörakenteesta vuosina 2014 - 2023. Sekä katukuilun että avoimen tieympäristön osalta altistumisen ja terveysvaikutusten vertailukohta on tilanne, jossa asutus ei sijaitse tien välittömässä läheisyydessä (rakennusten etäisyys lähimmästä tiestä on vähintään 200 metriä ja asukkaiden pienhiukkasaltistuminen on kaupunkiympäristön tavanomaisella taustapitoisuustasolla).

Terveyshaittojen tapausmääriä laskettaessa tarvitaan tieto sairastuvuus- ja kuolleisuusvaikutusten taustariskistä arvioinnin kohteena olevassa väestössä. Arvioinnissa sovellettu taustariski perustui kuolleisuuden osalta Tilastokeskuksen kuolemansyysaineistoon vuodelta 2012 (koko Suomi, ICD-10 tautiluokitus A00-R99), keuhkosityövän ilmaantumisen osalta Syöpärekisterin aineistoon vuosilta 2007 - 2011 (koko Suomi, ICD-10 tautiluokitus C33-34), sepelvaltimotautikohtausten osalta Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ylläpitämän Sydän- ja verisuonitautien rekisterin aineistoon vuodelta 2012 (Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri, sairaalahoitoon johtaneet kohtaukset ICD-10 tautiluokituksella I20.0 ja I21-22 sekä sairaalan ulkopuolella tapahtuneet kuolemat luokituksella I20-I25), sekä lasten keuhkokuumeen osalta Maailman terveysjärjestön (WHO) sairaanhoitoaineistoon (European Hospital Morbidity Database) vuosilta 2009 - 2011 (koko Suomi, ICD-10 tautiluokitus J12-18).

# 4 Tulokset

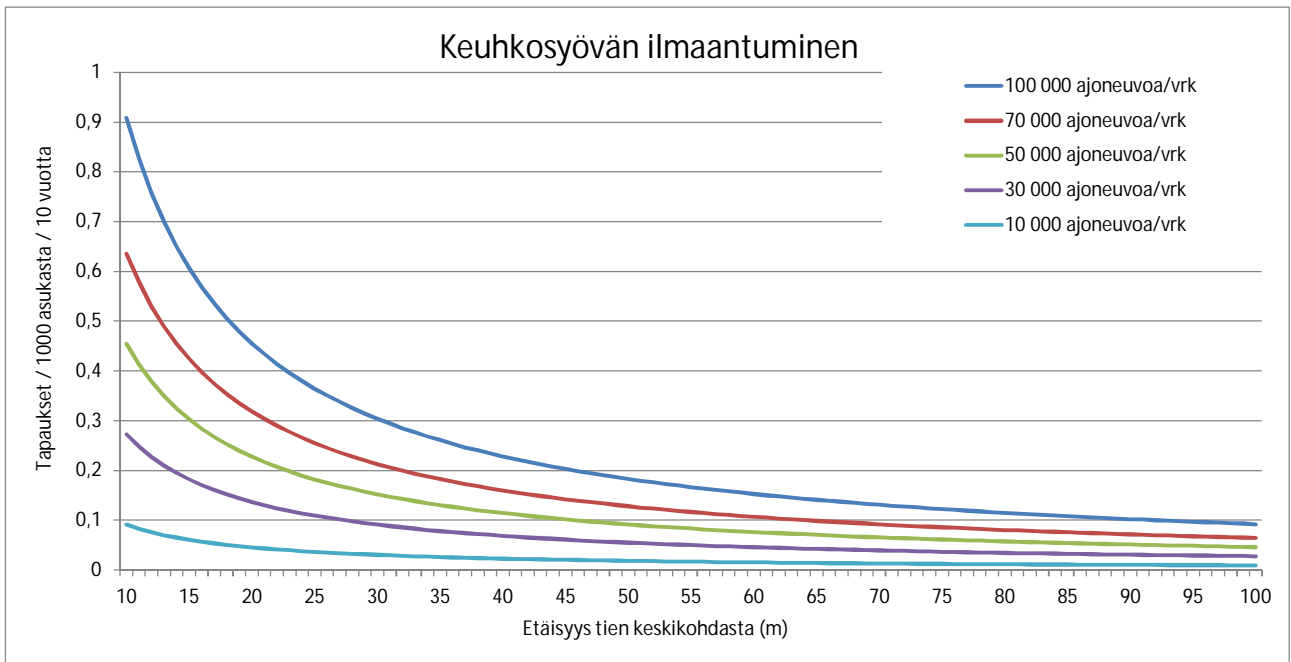
## 4.1 Avoin tieympäristö

Kuvissa 1-4 on esitetty terveysvaikutusten laskennallinen tapausmäärä tien läheisyydessä asuvien keskuudessa, kun asuinrakennukset sijoittuvat eri etäisyydelle tiestä. Liikennemäärän kasvu lisää voimakkaasti ilmansaasteista aiheutuvia terveyshaittoja. Terveysriski kuitenkin alenee nopeasti tiestä etäännyttäessä: etäisyyden kasvaessa 10 metristä 20 metriin tien keskikohtaan nähden terveysriskin vähenemä on 50 %. Vastaavasti 50 metrin etäisyydellä terveysriskin vähenemä on jo 80 % ja 100 metrin etäisyydellä 90 %. Etäisyyden kasvattaminen suojaa siten tehokkaasti liikenteen ilmansaasteilta, ja erityisesti tien välittömässä läheisyydessä jo pienikin etäisyyden lisäys vähentää terveysriskiä huomattavasti.

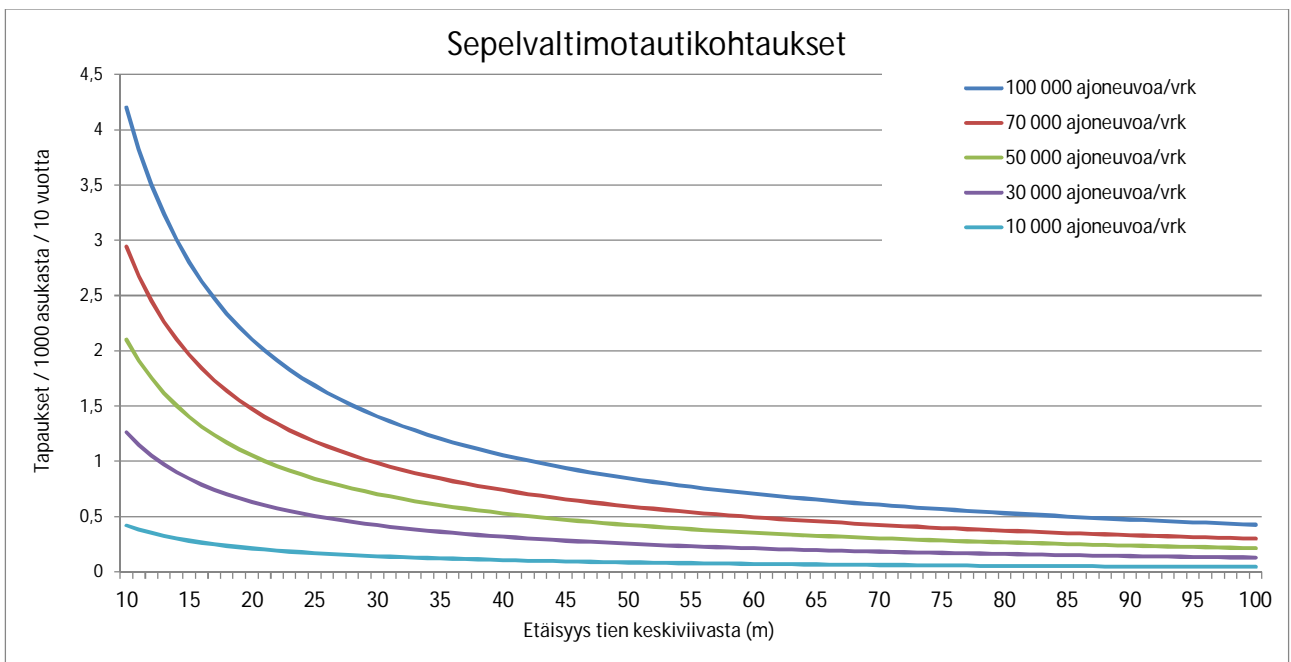


**Kuva 1.** Pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat ennenaikaiset kuolemat (laskennallinen tapausmäärä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana) eri etäisyyksillä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä.

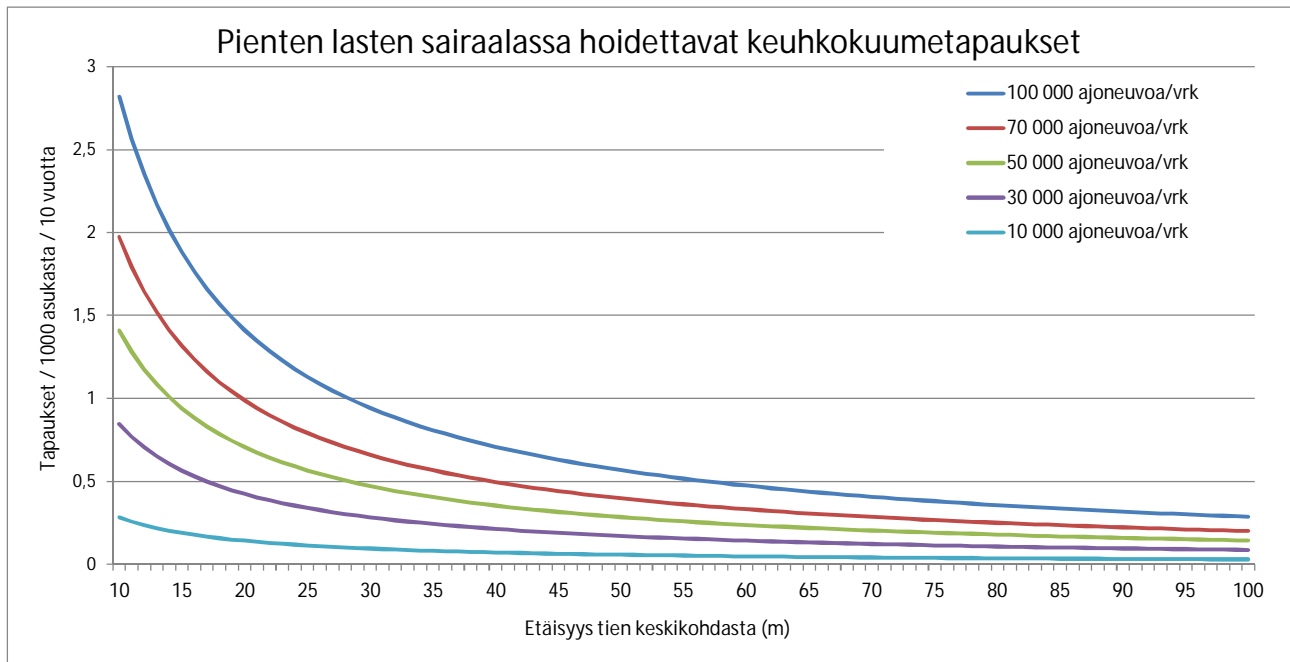




**Kuva 2.** Pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat uudet keuhkosyöpätapaukset (laskennallinen tapausmäärä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana) eri etäisyyksillä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä.



**Kuva 3.** Pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat äkilliset sepelvaltimotautikohtaukset (laskennallinen tapausmäärä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana) eri etäisyyksillä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä.



**Kuva 4.** Pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat pienten lasten (< 3 v.) sairaalahoitoon johtavat keuhkokuumeetapaukset (laskennallinen tapausmäärä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana) eri etäisyyksillä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä.

Taulukoissa 1-4 on esitetty tien läheisyydessä asuville aiheutuva terveysriski (taustariskin suhteellinen lisääntyminen sekä terveysvaikutusten tapausmäärä), kun asuinrakennukset sijoittuvat aivan tien reunaan tai vaihtoehtoisesti Helsingin seudun ympäristöpalveluiden (HSY) asuinrakennuksille suosittelemille minimi- ja suositusetäisyyksille tien reunasta. Tien reunaan verrattuna minimietäisyys vähentää liikennemäärästä riippuen noin 40 - 80 % pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta koituvaa terveysriskiä. Suositusetäisyydellä terveysriskin vähenemä on 50 - 90 % tien reunaan verrattuna. Minimietäisyydeltä suositusetäisyydelle siirryttäessä terveysriski likimain puolittuu.

Tarkasteltaessa terveysriskitasoa tien reunassa (ei minimi- tai suositusetäisyyttä), tulee huomioida, että tällöin asunnon etäisyydeksi tien keskikohdasta on oletettu 10 metriä, kun liikennemäärä on 10 000 ajoneuvoa/vuorokausi tai vähemmän ja 15 metriä, kun liikennemäärä on 20 000 ajoneuvoa/vuorokausi tai enemmän. Minimi- ja suositusetäisyyksillä asunnon ja tien välisen etäisyyden on oletettu lisääntyvän tästä edelleen taulukossa mainitun metrimäärän verran. Todellisuudessa liikennemääriltään erilaisten teiden leveys sekä toisaalta se vähimmäisetäisyys, jolle rakennuksia olisi edes teoriassa mahdollista rakentaa, vaihtelee tässä oletetusta. Taulukoissa esitetyt terveysriskitasot ovat siten suuntaa antavia.

**Taulukko 1.** Pitkääaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat ennenaikaiset kuolemat (taustariskin suhteellinen lisääntyminen sekä laskennallinen tapausmäärä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana) eri etäisyyksillä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä. Ei suojaetäisyyttä: altistumistaso tien reunassa, minimi- ja suositusetäisyys: altistumistaso HSY:n suosittelemilla asuinrakennuksia koskevilla suojaetäisyyksillä.

Ajoneuvoa/vrk	Ei suojaetäisyyttä		Minimietäisyys			Suositusetäisyys		
	Riskilisiä	Tapaukset	Etäisyys (m)	Riskilisiä	Tapaukset	Etäisyys (m)	Riskilisiä	Tapaukset
5 000	0,4 %	0,3				10	0,2 %	0,2
10 000	0,8 %	0,6	7	0,5 %	0,4	20	0,3 %	0,2
20 000	1,1 %	0,9	14	0,6 %	0,4	40	0,3 %	0,2
30 000	1,7 %	1,3	21	0,7 %	0,5	60	0,3 %	0,3
40 000	2,3 %	1,7	28	0,8 %	0,6	80	0,4 %	0,3
50 000	2,8 %	2,1	35	0,9 %	0,6	100	0,4 %	0,3
60 000	3,4 %	2,6	42	0,9 %	0,7	120	0,4 %	0,3
70 000	4,0 %	3,0	49	0,9 %	0,7	140	0,4 %	0,3
80 000	4,5 %	3,4	56	1,0 %	0,7	150	0,4 %	0,3
90 000	5,1 %	3,8	63	1,0 %	0,7	150	0,5 %	0,4
100 000	5,7 %	4,3	70	1,0 %	0,8	150	0,5 %	0,4

**Taulukko 2.** Pitkääaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat uudet keuhkosityöpätapaukset (taustariskin suhteellinen lisääntyminen sekä laskennallinen tapausmäärä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana) eri etäisyyksillä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä. Ei suojaetäisyyttä: altistumistaso tien reunassa, minimi- ja suositusetäisyys: altistumistaso HSY:n suosittelemilla asuinrakennuksia koskevilla suojaetäisyyksillä.

Ajoneuvoa/vrk	Ei suojaetäisyyttä		Minimietäisyys			Suositusetäisyys		
	Riskilisiä	Tapaukset	Etäisyys (m)	Riskilisiä	Tapaukset	Etäisyys (m)	Riskilisiä	Tapaukset
5 000	1,1 %	0,05				10	0,5 %	0,02
10 000	2,2 %	0,1	7	1,3 %	0,05	20	0,7 %	0,03
20 000	2,9 %	0,1	14	1,5 %	0,06	40	0,8 %	0,03
30 000	4,4 %	0,2	21	1,8 %	0,08	60	0,9 %	0,04
40 000	5,8 %	0,2	28	2,0 %	0,08	80	0,9 %	0,04
50 000	7,3 %	0,3	35	2,2 %	0,09	100	1,0 %	0,04
60 000	8,7 %	0,4	42	2,3 %	0,10	120	1,0 %	0,04
70 000	10,2 %	0,4	49	2,4 %	0,10	140	1,0 %	0,04
80 000	11,7 %	0,5	56	2,5 %	0,10	150	1,1 %	0,05
90 000	13,1 %	0,5	63	2,5 %	0,11	150	1,2 %	0,05
100 000	14,6 %	0,6	70	2,6 %	0,11	150	1,4 %	0,06

**Taulukko 3.** Pitkääkaikesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat äkilliset sepelvaltimotauti-kohtaukset (taustariskin suhteellinen lisääntyminen sekä laskennallinen tapausmäärä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana) eri etäisyyksillä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä. Ei suojaetäisyyttä: altistumistaso tien reunassa, minimi- ja suositusetäisyys: altistumistaso HSY:n suosittelemilla asuinrakennuksia koskevilla suojaetäisyyksillä.

Ajoneuvoa/vrk	Ei suojaetäisyyttä		Minimietäisyys			Suositusetäisyys		
	Riskilisiä	Tapaukset	Etäisyys (m)	Riskilisiä	Tapaukset	Etäisyys (m)	Riskilisiä	Tapaukset
5 000	0,8 %	0,2				10	0,4 %	0,1
10 000	1,6 %	0,4	7	0,9 %	0,2	20	0,5 %	0,1
20 000	2,1 %	0,6	14	1,1 %	0,3	40	0,6 %	0,2
30 000	3,2 %	0,8	21	1,3 %	0,4	60	0,6 %	0,2
40 000	4,2 %	1,1	28	1,5 %	0,4	80	0,7 %	0,2
50 000	5,3 %	1,4	35	1,6 %	0,4	100	0,7 %	0,2
60 000	6,3 %	1,7	42	1,7 %	0,4	120	0,7 %	0,2
70 000	7,4 %	2,0	49	1,7 %	0,5	140	0,7 %	0,2
80 000	8,4 %	2,2	56	1,8 %	0,5	150	0,8 %	0,2
90 000	9,5 %	2,5	63	1,8 %	0,5	150	0,9 %	0,2
100 000	10,5 %	2,8	70	1,9 %	0,5	150	1,0 %	0,3

**Taulukko 4.** Pitkääkaikesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat sairaalahoitoon johtavat pienten lasten (<3 v.) keuhkokuumetapaukset (taustariskin suhteellinen lisääntyminen sekä laskennallinen tapausmäärä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana) eri etäisyyksillä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä. Ei suojaetäisyyttä: altistumistaso tien reunassa, minimi- ja suositusetäisyys: altistumistaso HSY:n suosittelemilla asuinrakennuksia koskevilla suojaetäisyyksillä.

Ajoneuvoa/vrk	Ei suojaetäisyyttä		Minimietäisyys			Suositusetäisyys		
	Riskilisiä	Tapaukset	Etäisyys (m)	Riskilisiä	Tapaukset	Etäisyys (m)	Riskilisiä	Tapaukset
5 000	9 %	0,1				10	5 %	0,1
10 000	18 %	0,3	7	11 %	0,2	20	6 %	0,1
20 000	24 %	0,4	14	12 %	0,2	40	7 %	0,1
30 000	36 %	0,6	21	15 %	0,2	60	7 %	0,1
40 000	48 %	0,8	28	17 %	0,3	80	8 %	0,1
50 000	60 %	0,9	35	18 %	0,3	100	8 %	0,1
60 000	72 %	1,1	42	19 %	0,3	120	8 %	0,1
70 000	84 %	1,3	49	20 %	0,3	140	8 %	0,1
80 000	96 %	1,5	56	20 %	0,3	150	9 %	0,1
90 000	108 %	1,7	63	21 %	0,3	150	10 %	0,2
100 000	120 %	1,9	70	21 %	0,3	150	11 %	0,2

## 4.2 Katukuilut – yleinen tarkastelu

Taulukossa 5 sekä kuvissa 5 ja 6 on esitetty pitkääkaikesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvien terveyshaittojen määrä kuilumaisessa tieympäristössä, kun katukuilun leveys, liikennemäärä ja nopeusrajoitus muuttuvat. Esimerkeissä

- rakennusten korkeus on 20 metriä.
- katukuilun leveys on joko 20 tai 40 metriä.
- liikennemäärät ovat 10 000 – 80 000 ajoneuvoa/arki-vrk.
- Raskaan liikenteen osuus on 10 %.
- Nopeusrajoitukset ovat 30, 40 ja 50 km/h. Leviämismallissa käytettyihin päästökertoimiin sisältyy oletus liikenteen ajoittaisesta ruuhkautumisesta, joka on sitä suurempaa, mitä matalampi on nopeusrajoitus.

joitus. Ajonopeus on ruuhka-ajan ulkopuolella likimain nopeusrajoituksen mukainen ja ruuhka-aikoina sitä matalampi. Päästökertoimet vaihtelevat tunneittain ja riippuvat ajonopeudesta.

Kuvassa 7 on esitetty terveysriskin vertailu erityyppisten katukuilujen sekä avoimen tieympäristön osalta. Katukuilussa liikenteestä aiheutuvat ilmansaastepitoisuudet muodostuvat huomattavasti korkeammiksi kuin avoimessa ympäristössä, jossa liikenteen päästöt pääsevät laimentumaan vapaasti. Katukuilussa ilmansaasteiden pitoisuudet ja terveyshaitat ovat sitä suurempia, mitä kapeampi ja heikommin tuulettuva kuilu on. Leveyden kasvattaminen 20 metristä 40 metriin alentaa katukuilun liikenteestä aiheutuvaa pienhiukkaspitoisuutta ja tämän perusteella arvioituja terveyshaittoja hieman yli 20 %. Liikennemäärän lisääntyminen puolestaan kasvattaa ilmansaastepitoisuuksia ja terveyshaittoja voimakkaasti. Taulukosta 5 ja kuvasta 6 havaitaan, että terveysvaikutukset ovat sitä suuremmat, mitä matalampi on nopeusrajoitus. Tämä on seurausta siitä, että leviämislaskelmissa käytettyihin päästökertoimiin sisältyy oletus liikenteen ajoittaisesta ruuhkautumisesta, joka on sitä suurempaa, mitä matalampi on nopeusrajoitus.

**Taulukko 5.** Pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat terveyshaitat (taustariskin suhteellinen lisääntyminen sekä laskennallinen tapausmäärä 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana) erityyppisissä katukuiluissa.

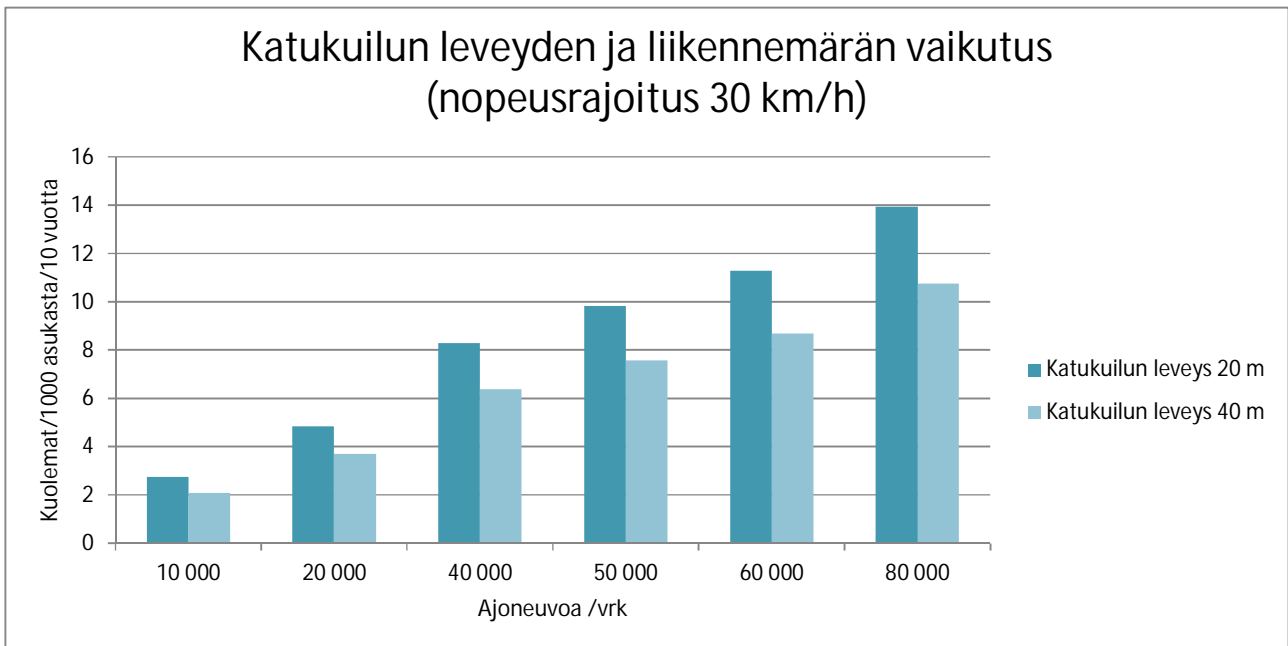
Katukuilun leveys (m)	Nopeus- rajoitus (km/h)	Ajoneuvoa /arki-vrk	NO <sub>2</sub> lisä <sup>a</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> lisä <sup>a</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Ennenaikaiset		Keuhkosyövän		Sepelvaltimotauti-		Lasten	
					Riskillisä	Tapaukset	Riskillisä	Tapaukset	Riskillisä	Tapaukset	Riskillisä	Tapaukset
20	30	10 000	29	2,6	4 %	2,7	9 %	0,4	7 %	1,8	86 %	1,3
		20 000	40	4,6	6 %	4,8	17 %	0,7	12 %	3,2	121 %	1,9
		40 000	55	7,9	11 %	8,3	28 %	1,2	20 %	5,5	166 %	2,6
		50 000	61	9,3	13 %	9,8	34 %	1,4	24 %	6,5	184 %	2,9
		60 000	67	10,7	15 %	11,3	39 %	1,6	28 %	7,4	200 %	3,1
		80 000	76	13,3	19 %	13,9	48 %	2,0	34 %	9,2	228 %	3,6
30	30	10 000	25	2,0	3 %	2,1	7 %	0,3	5 %	1,4	74 %	1,2
		20 000	35	3,5	5 %	3,7	13 %	0,5	9 %	2,4	105 %	1,6
		40 000	48	6,1	8 %	6,4	22 %	0,9	16 %	4,2	145 %	2,3
		50 000	53	7,2	10 %	7,6	26 %	1,1	19 %	5,0	160 %	2,5
		60 000	58	8,3	12 %	8,7	30 %	1,2	21 %	5,7	173 %	2,7
		80 000	66	10,2	14 %	10,8	37 %	1,5	27 %	7,1	197 %	3,1
40	40	10 000	21	1,6	2 %	1,7	6 %	0,2	4 %	1,1	63 %	1,0
		20 000	30	2,8	4 %	2,9	10 %	0,4	7 %	1,9	91 %	1,4
		40 000	42	4,7	7 %	5,0	17 %	0,7	12 %	3,3	126 %	2,0
		50 000	46	5,6	8 %	5,9	20 %	0,8	14 %	3,9	138 %	2,2
		60 000	50	6,4	9 %	6,7	23 %	1,0	17 %	4,4	150 %	2,3
		80 000	56	7,9	11 %	8,3	28 %	1,2	20 %	5,5	169 %	2,6
40	50	10 000	19	1,3	2 %	1,4	5 %	0,2	3 %	0,9	56 %	0,9
		20 000	27	2,3	3 %	2,4	8 %	0,3	6 %	1,6	82 %	1,3
		40 000	38	3,8	5 %	4,0	14 %	0,6	10 %	2,7	113 %	1,8
		50 000	42	4,5	6 %	4,8	16 %	0,7	12 %	3,1	125 %	1,9
		60 000	45	5,2	7 %	5,5	19 %	0,8	13 %	3,6	135 %	2,1
		80 000	51	6,4	9 %	6,7	23 %	1,0	17 %	4,4	152 %	2,4

a) Katukuilun liikenteestä aiheutuva pitoisuuslisä 2 metrin korkeudella. PM<sub>2,5</sub> osalta pitoisuuslisä sisältää myös katupölypäästön.

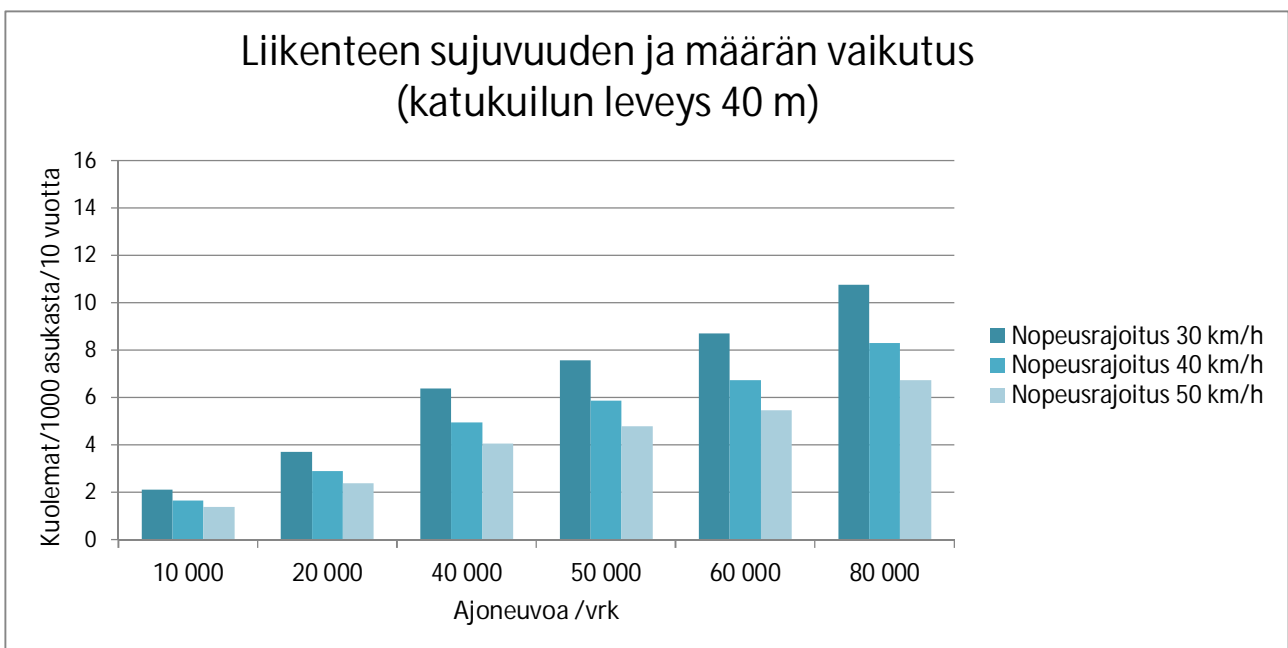
b) Sairaalahoittoon ja/tai kuolemaan johtavat tapaukset

c) Sairaalahoittoon johtavat tapaukset

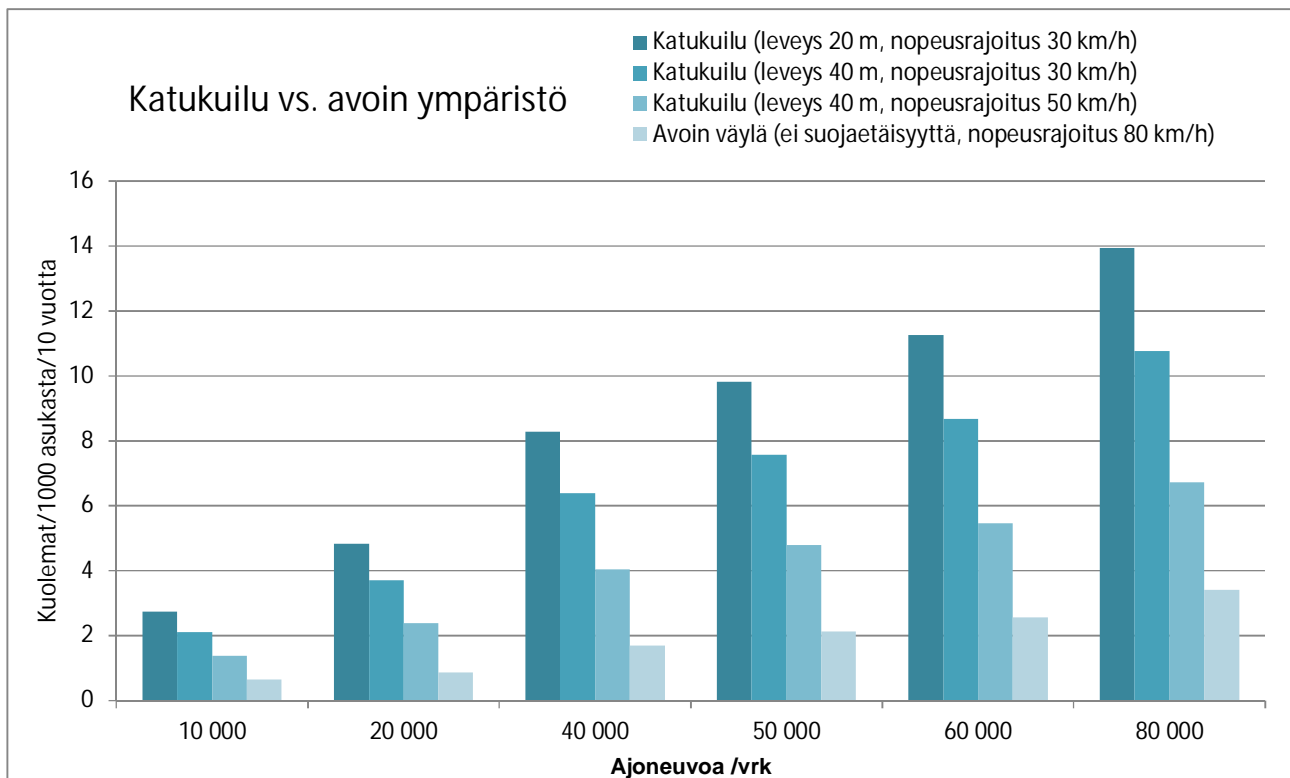




**Kuva 5.** Liikennemäärän ja katukuilun leveyden vaikutus pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvien ennenaikaisten kuolemantapausten määrään katukuilussa, jossa liikenteen nopeusrajoitus on 30 km/h.



**Kuva 6.** Liikenteen määrän ja sujuvuuden vaikutus pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvien ennenaikaisten kuolemantapausten määrään katukuilussa, jonka leveys on 40 metriä. Leviämismallissa käytettyihin päästökertoimiin sisältyy oletus liikenteen ajoittaisesta ruuhkautumisesta, joka on sitä suurempaa, mitä matalampi on nopeusrajoitus.



**Kuva 7.** Liikennemäärän ja sujuvuuden vaikutus pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvien ennen aikaisten kuolemantapausten määrään erityyppisissä katukuiluissa sekä avoimessa ympäristössä olevan tien välittömässä läheisyydessä (ei suojaetäisyyttä). Leviämismallissa käytettyihin päästöker-toimiin sisältyy oletus liikenteen ajoittaisesta ruuhkautumisesta, joka on sitä suurempaa, mitä matalampi on nopeusrajoitus.

Liikenteestä aiheutuvat ilmansaastepitoisuudet laimenevat korkeussuunnassa. Liikenteen ilmansaasteista koituvia terveyshaittoja voidaan siten vähentää rakentamalla katutasoon asuntojen sijaan esimerkiksi liiketi-loja. Katukuilussa, jonka varrella olevien rakennusten korkeus on 20 metriä (5 kerrosta), asukkaiden keski-määräistä altistumista ja siten myös terveyshaittoja voitaisiin vähentää tällä tavoin noin 10 %. Arvio perustuu mittauksiin typenoksidipitoisuuksien (NO<sub>x</sub>) vertikaalisesta laimenemisestä katukuilussa (SLB-analys 2013).

Ulkoilman saasteiden siirtymistä sisäilmaan voidaan vähentää myös rakennusten ilmanoton järkevän suunnittelun sekä sisäilman suodatuksen avulla. Lisäksi asukkaiden altistumista voidaan vähentää sijoittamalla parvekkeet sekä ulkoilu- ja virkistysalueet rakennusten sisäpihan puolelle, jossa tien vaikutus on pienempi. Näitä tekijöitä ei kuitenkaan arvioitu tässä hankkeessa.

### 4.3 Kaupunkibulevardit

Liikenteen ilmansaasteista aiheutuvia kuolleisuusvaikutuksia tarkasteltiin lisäksi katukuiluissa, jotka vastaa-vat ominaisuuksiltaan Helsingin yleiskaavaluonnoksessa esitetyjä kaupunkibulevardeja. Niistä esimerkkinä esitetään tässä kaksi:

- Bulevardi A: katukuilun leveys 47 metriä, seinämien korkeus 28 ja 20 metriä, kadun suunta itä-länsi
- Bulevardi B: katukuilun leveys 53 metriä, seinämien korkeus 28 ja 20 metriä, kadun suunta kaakko-luode
- Raskaan liikenteen osuuden bulevardeilla oletettiin olevan 5 %

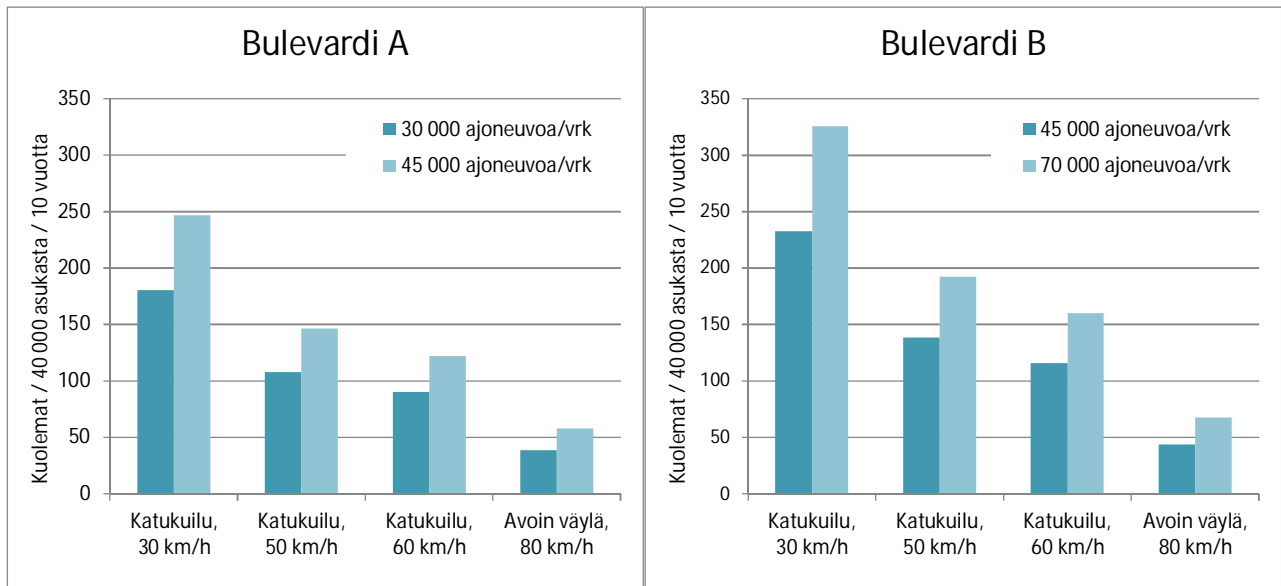
Liikenteen ilmansaasteista bulevardin asukkaille aiheutuvat kuolleisuusvaikutukset liikenteen määrän ja nopeusrajoituksen muuttuessa on esitetty taulukoissa 6 ja 7 sekä kuvassa 8. Asukkaille koituvaa terveyshaittaa on myös verrattu tilanteeseen, jossa rakennukset sijaitsisivat avoimen, sujuvan liikenteen (nopeusrajoitus 80 km/h) väylän läheisyydessä, jossa ilmansaasteet pääsevät laimentumaan vapaasti. Avoimen tieympäristön osalta asukkaiden altistumisetäisyydeksi tien keskikohdasta on oletettu sama etäisyys kuin kaupunkibulevardeilla. Ennenaikaisten kuolemien määrä on arvioitu 1000 asukkaan lisäksi myös 40 000 asukasta kohden, joka vastaa suuruusluokaltaan suunnitteilla olevien kaupunkibulevardien tulevaa asukasmäärää. Erot bulevardien A ja B välillä ovat pienet, koska ero leveyksissä on pieni ja bulevardit ovat leveitä suhteessa rakennusten korkeuteen. Nopeusrajoituksen vaikutuksen osalta pätee sama kuin edellä: leviämislaskelmissa käytettyihin päästökertoimiin sisältyy oletus liikenteen ajoittaisesta ruuhkautumisesta, joka on sitä suurempaa, mitä matalampi on nopeusrajoitus.

**Taulukko 6.** Pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat ennenaikaiset kuolemat 1000 asukasta kohden 10 vuoden aikana kaupunkibulevardeja vastaavissa katukuiluissa, sekä vertailu tilanteeseen, jossa asuinrakennukset sijaitsevat vastaavalla etäisyydellä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä.

	Tieympäristö, nopeusrajoitus	Liikenteen määrä (ajoneuvoa/vrk)		
		30 000	45 000	70 000
Bulevardi A	Katukuilu 30 km/h	4,7	6,4	
	Katukuilu 50 km/h	2,8	3,8	
	Katukuilu 60 km/h	2,3	3,2	
	Avoin väylä 80 km/h	0,8	1,2	
Bulevardi B	Katukuilu 30 km/h		5,8	8,1
	Katukuilu 50 km/h		3,5	4,8
	Katukuilu 60 km/h		2,9	4,0
	Avoin väylä 80 km/h		1,1	1,7

**Taulukko 7.** Pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuvat ennenaikaiset kuolemat 40000 asukasta kohden 10 vuoden aikana kaupunkibulevardeja vastaavissa katukuiluissa, sekä vertailu tilanteeseen, jossa asuinrakennukset sijaitsevat vastaavalla etäisyydellä avoimessa ympäristössä olevasta tiestä.

	Tieympäristö, nopeusrajoitus	Liikenteen määrä (ajoneuvoa/vrk)		
		30 000	45 000	70 000
Bulevardi A	Katukuilu 30 km/h	188	256	
	Katukuilu 50 km/h	112	152	
	Katukuilu 60 km/h	94	126	
	Avoin väylä 80 km/h	33	49	
Bulevardi B	Katukuilu 30 km/h		233	326
	Katukuilu 50 km/h		139	192
	Katukuilu 60 km/h		116	160
	Avoin väylä 80 km/h		43	68



**Kuva 8.** Liikenteen määrän ja sujuvuuden vaikutus pitkäaikaisesta liikenteen ilmansaasteille altistumisesta aiheutuviin ennenaikaisiin kuolemiin kahdessa katukuilussa, jotka vastaavat ominaisuuksiltaan suunnitteilla olevia kaupunkibulevardeja, sekä vertailu tilanteeseen, jossa asuinrakennukset sijaitisivat vastaavalla etäisyydellä avoimesta sujuvan liikenteen tiestä. Katukuilujen ilmansaastepitoisuuksien mallinnuksessa käytettyihin päästökertoimiin sisältyy oletus liikenteen ajoittaisesta ruuhkautumisesta, joka on sitä suurempaa, mitä matalampi on nopeusrajoitus.

## 5 Johtopäätökset

Liikenteen päästöt lisäävät merkittävästi vilkasliikenteisen tien läheisyydessä asuvien altistumista ilmansaasteille sekä tästä aiheutuvia terveyshaittoja. Tässä arvioinnissa tarkasteltiin pitkäaikaisen liikenteen ilmansaasteille altistumisen vaikutusta kuolleisuuteen, keuhkosityöpätaipaisuuden ilmenemiseen, sepelvaltimotautikohtauksiin sekä pienten lasten sairaalahoitoon johtaviin keuhkokuumeetapauksiin. Nämä terveysvaikutukset ovat luonteeltaan vakavia, ja niiden osalta on olemassa riittävästi tutkimustietoa vaikutusten suuruusluokan arvioimiseksi. On kuitenkin syytä huomata, että ilmansaasteista aiheutuu myös muita, erityisesti hengitys- ja sydän- ja verenkiertoelimistöön liittyviä sairauksia ja oireilua. Haittavaikutuksille herkempiä ovat vanhukset, kroonisista sydän- ja hengityselinsairauksista kärsivät sekä lapset. Päiväkotien, leikkikenttien, koulujen sairaaloiden sekä vanhusten palvelutalojen ja hoitolaitosten sijoittamisessa tulisi siten aina käyttää erityistä harkintaa. Arvioinnissa terveysriskiä tarkasteltiin tien läheisyydessä asuvien osalta, sillä asuminen määrittää pitkälti pitkäaikaisesta altistumisesta ilmansaasteille, ja pitkäaikaisaltistuminen on huomattavasti ajoittaista altistumista haitallisempaa. Myös lyhytaikaisesta liikenteen päästöille altistumisesta voi kuitenkin aiheutua merkittäviä vaikutuksia, erityisesti herkille väestöryhmille.

Ilmanlaadun ja terveyden näkökulmasta avoin tieympäristö, jossa liikenteen päästöt pääsevät esteettä laimentumaan, on parempi vaihtoehto kuin kuilumainen tieympäristö. Myös avoimen väylän läheisyydessä asumisesta aiheutuu kuitenkin selvä terveysriski. Riski on sitä suurempi, mitä vilkkaammin liikennöidystä tiestä on kysymys. Ilmansaastepitoisuudet kuitenkin laimenevat nopeasti tiestä etäännyttäessä. Minimi- ja suositusarvojen käyttö uusia asuinrakennuksia ja toimintoja suunniteltaessa suojaaa siten tehokkaasti liikenteen päästöistä aiheutuville terveyshaitoille.

Katukuiluissa liikenteestä aiheutuvat ilmansaastepitoisuudet ovat huomattavasti korkeampia kuin avoimen väylän varrella. Katukuilun ilmanlaatua voidaan parantaa liikennemäärää vähentämällä ja liikenteen sujuvuutta lisäämällä. Uusia asuinympäristöjä suunniteltaessa ilmansaastepitoisuuksia voidaan myös alentaa lisäämällä katukuilun leveyttä. Tuulettuvuutta tehostavat lisäksi katukuilua reunustavien rakennusten korkeuden alentaminen sekä seinämien rikkonaisuus. Mikäli katukuilun rikkonaisuutta lisätään risteäviä teitä lisäämällä, tulee kuitenkin huomioida, että risteyskohdissa ilmansaastepitoisuudet voivat kohota korkeiksi.

Kaupunkirakenteen tiivistämiselle on pääkaupunkiseudulla suuri tarve, joka kasvaa tulevaisuudessa entisestään kaupungin asukasmäärän yhä lisääntyessä. Kaupungin tiivistäminen on myös tärkeää ilmastomuutoksen torjunnan kannalta. Tiivistäminen voi johtaa kaupungin keskimääräisen ilmanlaadun parantumiseen, mikäli sen myötä yksityisautoilu ja ajokilometrit olennaisesti vähenevät. Ilmanlaadun näkökulmasta tiivistämiseen liittyy kuitenkin myös selkeitä ongelmia. Katukuiluissa, jotka vastaavat ominaisuuksiltaan Helsingin yleiskaavaluonnoksessa esitettyjä kaupunkibulevardeja, tien ilmansaasteista bulevardin asukkaille aiheutuva terveyshaitta olisi liikenteen määrästä ja sujuvuudesta riippuen 2-6 kertaa suurempi verrattuna tilanteeseen, jossa asutus sijaitisi vastaavalla etäisyydellä avoimesta sujuvan liikenteen (nopeusrajoitus 80 km/h) väylästä. Jos bulevardien varrella asuisi 40 000 asukasta, aiheutuisi tien ilmansaasteista vuosikymmenen aikana mahdollisesti jopa joitakin satoja enneaikaisia kuolemia. Arvioinnissa ei ole huomioitu tulevaisuuden muutoksia autokannassa tai ajoneuvojen päästötasoissa, jotka ovat olennaisia muuttujia pitkälle tulevaisuuteen ulottuvia kaupunkirakenteita ja toimintoja suunniteltaessa. Ajoneuvojen kehittyminen ja sähköautojen osuuden lisääntyminen alentavat pakokaasupäästöjä. Liikenteen katupölypäästöihin vaikuttavat puolestaan ajoneuvojen rengasvalinnat ja teiden kunnossapito. Muutosten ennustaminen on kuitenkin vaikeaa, ja tähän mennessä autokannan uudistuminen on ollut Suomessa hidasta.

Mikäli kaupunkibulevardien rakentamiseen päädytään, tulisi ilmanlaadun heikkenemisen estämiseen ja asukkaiden ilmansaastealtistumisen vähentämiseen kiinnittää erityistä huomiota. Katukuilujen paremman tuulettuvuuden sekä liikenteen rajoittamisen ja sujuvoittamisen lisäksi altistumista voidaan vähentää sijoitta-



malla asuinrakennusten alimpaan kerrokseen asuntojen sijasta esimerkiksi liiketiloja. Rakennusten ilmanotto tulisi sijoittaa sinne, missä ulkoilma on puhtainta, tavallisesti rakennuksen sisäpihan puolelle ja mahdollisimman ylös. Sisäilman suodattamista tulee tehostaa, sillä tehokkaan suodatusmenetelmän avulla voidaan poistaa merkittävä osa terveydelle haitallisista pienhiukkasista. Asuntojen parvekkeet tulisi sijoittaa mieluummin sisäpihan kuin kadun puolelle, samoin ulkoilu- ja virkistysalueet. Kevyen liikenteen väylät tulisi sijoittaa mahdollisimman etäälle tiestä. Osa näistä keinoista soveltuu terveyshaittojen torjuntaan myös jo rakennetuilla tai täydennysrakentamisen kohteena olevilla alueilla, joilla alueen kokonaisvaltaisempaan suunnitteluun ei voida juurikaan vaikuttaa.

Ilmansaasteiden ja terveyshaittojen välistä yhteyttä ei voida osoittaa yksilötasolla, sillä sairauksien kehittymiseen, oireiluun ja kuolemanriskiin vaikuttavat saasteiden lisäksi monet muut tekijät. Terveysriskiä voidaan arvioida ainoastaan tilastollisesti ja terveyshaittojen suuruutta tarkastella väestötasolla. Ilmansaasteista aiheutuvan terveysriskin suuruusluokan hahmottamista voi auttaa sen vertailu muihin elinympäristöstä aiheutuviin, paremmin tiedostettuihin terveysriskeihin. Tämän arvioinnin perusteella kaupunkibulevardien heikentyneestä ilmanlaadusta (suhteessa pääkaupunkiseudun tavanomaiseen ilmansaasteiden taustapitoisuuteen) aiheutuisi asukkaalle enneaikaisen kuoleman riski, joka on keskimäärin huomattavasti suurempi kuin tapaturmaisen maaliikennekuoleman riski koko Suomen väestössä (0,4 kuolemaa / 1000 henkilöä / 10 vuotta) ja jopa samaa suuruusluokkaa kuin passiivisesta tupakoinnista aiheutuva kuolleisuusriski (4 kuolemaa / 1000 altistunutta / 10 vuotta). Liikennekuoleman riski perustuu Tilastokeskuksen aineistoon vuosilta 2010 - 2013 ja passiivisesta tupakoinnista (toistuva altistuminen tupakansavulle kotona tai työpaikalla) aiheutuva kuolleisuusriski tutkimukseen eri ympäristöaltisteiden tautitaakasta Suomessa (Hänninen ym. 2010). Riskivertailuihin tulee kuitenkin suhtautua varovaisesti, sillä liikenteen ilmansaasteista sekä passiivisesta tupakoinnista aiheutuvat vaikutukset perustuvat laskennallisiin arvioihin, joihin liittyy aina epävarmuutta. Vertailussa tulee myös huomioida, että tapaturmaisista liikennekuolemista aiheutuva elinvuosien menetys on keskimäärin korkeampi kuin ilmansaasteista aiheutuneissa kuolemissa, sillä ilmansaasteiden osalta riski kohdistuu erityisesti ikääntyneisiin.

Arvioinnin tuloksia tarkasteltaessa tulee muistaa, että terveyshaittojen arviointiin sisältyy aina epävarmuutta. Arvio liikenneväylien varrella asuvien altistumisesta liikenteen ilmansaasteille perustuu yksinkertaistuksiin vallitsevista olosuhteista. Ilmansaasteepitoisuudet avoimessa ja katukuilumaisessa tieympäristöissä perustuvat myös periaatteiltaan erilaisiin laskentamalleihin, joten näiden välisiin riskivertailuihin tulee suhtautua varovaisesti. Epävarmuutta liittyy lisäksi epidemiologisissa tutkimuksissa määritettyihin, ilmanlaadun ja terveyshaittojen välistä kvantitatiivista suhdetta kuvaaviin annosvasteisiin. Ilmansaasteiden terveysvaikutusten epidemiologinen tutkimus on haastavaa, sillä yksilötasolla riskit ovat pieniä ja sekoittavia tekijöitä on paljon. Annosvasteiden soveltuvuus tapauskohtaisiin arviointeihin on myös aina epävarmaa, sillä arvioinnin kohteena oleva väestö yleensä eroaa jossain määrin epidemiologisen tutkimuksen kohteena olleesta väestöstä. Tämä arviointi antaa kuitenkin yleiskuvan liikenteen ilmansaasteista aiheutuvien terveyshaittojen suuruusluokasta erityyppisissä tieympäristöissä. Se myös konkretisoi sitä, kuinka suuria ilmansuojellisia terveys- hyötyjä erilaisilla kaavoitusratkaisulla voidaan saavuttaa. Arvioitaessa ilmansaasteista koituvaa terveysriskiä yksittäisissä kohteissa tulisi kuitenkin aina ottaa huomioon myös tapauskohtaiset olosuhteet.

# 6 Kirjallisuuskatsaukset

## 6.1 Liikenteen päästöjen laimeneminen tiestä etäännyttäessä

Amerikkalainen Health Effects Institute on laatinut kirjallisuuskatsauksen liikenteen vaikutuksista ilmanlaatuun (HEI 2010). Siinä tarkasteltiin myös pitoisuuksien laimenemista tiestä etäännyttäessä. Kirjallisuuskatsauksen perusteella liikenteen vaikutus ilmanlaatuun ulottuu moottoriteiden ja pääteiden varrella noin 300 – 500 metrin etäisyydelle riippuen taustapitoisuuksista ja meteorologiasta. Vaikutusalue määritellään yleisimmän etäisydeksi, jolla pitoisuus laskee taustan tasolle.

Beckerman ym. (2007) tutkivat typpidioksidipitoisuuden laimenemista erittäin vilkasliikenteisen väylän (400 000 ajoneuvoa/vrk) läheisyydessä. Pitoisuudet laskivat taustan tasolle noin 200 metrin etäisyydellä tuulen yläpuolella, mutta tuulen alapuolella vasta noin 300 – 500 metrin etäisyydellä väylästä. Hitchins ym. (2000) totesivat tutkimuksissaan, että pienhiukkasten ja ultrapienten hiukkasten lukumääräpitoisuudet laskivat tuulen alapuolella 50 % 100 – 150 metrin etäisyydellä tiestä. Tiitta ym. (2000) havaitsivat pienhiukkaspitoisuuksien laskevan taustan tasolle jo 50 metrin etäisyydellä tiestä. Roorda-Knape ym. (1998) tutkimuksissa mustan hiilen (BS), pienhiukkasten, typpidioksidin ja bentseenin pitoisuudet laskivat taustan tasolle 100 – 150 metrin etäisyydelle mentäessä. Zhu ym. (2002) havaitsivat, että vilkkaasti liikennöidyssä ympäristössä ultrapienten hiukkasten ja mustan hiilen pitoisuudet sekä hiukkasten kokonaismäärä laskivat nopeasti 150 metrin matkalla, minkä jälkeen lasku tasoittui. Tutkimuksessa havaittiin myös, että pitoisuuden lasku oli samankaltaista eri epäpuhtauksilla, eli 100 metrin matkalla pitoisuudet laskivat 60 – 80 %.

Yleisesti pitoisuudet laskevat eri tavoin riippuen siitä ollaanko tuulen ala- vai yläpuolella tiestä. (Roorda-Knape ym. 1998, Zhu ym. 2002, Gilbert ym. 2003). Edellä mainituissa tutkimuksissa pitoisuudet putosivat lähelle taustatasoa tuulen yläpuolella noin 200 metrin matkalla, ja hiukkasten osalta todennäköisesti sadan metrin matkalla tai jopa alle. Tuulen alapuolella pitoisuudet eivät todennäköisesti putoa taustatasolle ennen kuin 300 – 500 metrin matkalla. Reposen ym. (2003) tutkimuksessa havaittiin selkein pitoisuuslasku ultrapienten hiukkasten lukumääräpitoisuuksissa vilkasliikenteisen väylän varrella. Tuulen alapuolella ultrapienten hiukkasten pitoisuus laski puoleen 50 metrin etäisyydeltä 150 metriin mentäessä. Hiukkasten sisältämän rikin sekä orgaanisen ja epäorgaanisen hiilen perusteella kirjoittajat arvioivat, että liikenteen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet olivat koholla vielä 400 metrin etäisyydellä tiestä.

Zhou ja Levy (2007) laativat yhteenvedon noin 30 tutkimuksesta ja analysoivat eri epäpuhtauksien pitoisuuksien laimenemista tiestä etäännyttäessä. Kokeellisia tuloksia täydennettiin mallilaskelmilla.

Liikenteen vaikutusalueen laajuuteen vaikuttavat tutkittava epäpuhtaus, päästölähteen voimakkuus, epäpuhtauden ominaisuudet, kuten reaktiivisuus tai hiukkasen halkaisija, meteorologia (esim. tuulen suunta ja voimakkuus) ja ympäristön ominaisuudet (katukuilu, maanpinnan muodot). Siten eri tutkimusten välinen vertailu on vaikeaa ja tulee ottaa huomioon, mikä epäpuhtaus on kyseessä, millaisissa olosuhteissa mittaukset on tehty tai millaiset paikalliset olosuhteet ovat.

Eri epäpuhtauksilla on erilaiset vaikutusalueet perustuen niiden erilaisiin kemiallisiin ominaisuuksiin sekä taustapitoisuuksiin. Suhteellisen pysyvillä epäpuhtauksilla, kuten hiilimonoksidilla, pitoisuudet laskevat tuulen alapuolella pääasiassa laimenemalla puhtaaseen ilmaan. Reaktiivisemmilla epäpuhtauksilla pitoisuusprofiilit riippuvat myös kemiallisten reaktioiden nopeudesta. Esimerkiksi typpimonoksidin (NO) pitoisuus laskee nopeasti tuulen alapuolella a) kemiallisten reaktioiden ja b) laimenemisen vuoksi. Toisaalta typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) pitoisuus laskee hitaammin, sillä sitä muodostuu kemiallisesti typpimonoksidista. Koska typpidioksidin muodostuminen on riippuvaista otsonista, pitoisuusgradienteilla voi olla myös vuodenaajoista riippuvaa vaihtelua.

Hiukkasten käyttäytyminen riippuu hiukkaskoosta. Yli 1 mikrometrin kokoisilla hiukkasilla turbulenti diffuusio ja painovoiman aiheuttama laskeuma ovat vallitsevia prosesseja. Alle 0,1  $\mu\text{m}$ :n hiukkasilla Brownin diffuusiolle alkaa olla suurempaa merkitystä. Koagulaatioprosessien kautta hiukkasten koko kasvaa ja siten lukumääräpitoisuus laskee. Ultrapienten hiukkasten (esim. alle 0,1  $\mu\text{m}$ ) koagulaation ja laimenemisen yhteisvaikutus aiheuttaa sen, että niiden pitoisuus laskee hyvin nopeasti etäännyttäessä päästölähteestä tuulen alapuolella.

Sellaisten epäpuhtauksien pitoisuusgradientti, joiden taustapitoisuus on pieni (esim. typpimonoksidi, bentseeni ja karkeat hiukkaset), poikkeaa huomattavasti niiden epäpuhtauksien pitoisuusgradientista, joilla taustapitoisuus on suuri (pienhiukkaset).

Kirjoittajat arvioivat, että huolimatta tutkitun kirjallisuuden monisyisyydestä, on mahdollista esittää joitakin yksinkertaistettuja sääntöjä. Liikenteen päästöjen vaikutus mustan hiilen ja pienhiukkasten massan pitoisuuksiin ulottuu noin 100 – 400 metrin etäisyydelle, typpidioksidin noin 200 – 500 metriin ja ultrapienten hiukkasten noin 100 – 300 metriin.

Karner ym. (2010) laativat synteetin 41 mittauskampanjasta vuosilta 1978 – 2008. Tutkimuksessa laadittiin meta-analyysi siitä, millä etäisyydellä liikenneväylästä eri epäpuhtauksien pitoisuudet laimenevat taustan tasolle. Pitoisuusmittausten tulokset normalisoitiin kahdella eri tavalla: Taustapitoisuuteen normalisoinnissa mittaustulokset jaettiin taustapitoisuudella, ja taustapitoisuus tulkittiin saavutetuksi, kun suhde oli yksi. Tien reunan pitoisuuteen normalisoinnissa eri etäisyyksillä mitatut pitoisuudet jaettiin tien reunalla mitatulla pitoisuudella. Tausta katsottiin saavutetuksi, kun suhde ei enää muuttunut tiestä etäännyttäessä. Jälkimmäisessä normalisointitavassa on kirjoittajien mukaan se etu, että se mahdollistaa sellaisten mittaustulosten arvioinnin, joissa ei taustapitoisuutta ole ilmoitettu. Se myös helpottaa eri tutkimusten keskinäistä vertailtavuutta, koska ei ole mitään vakiintunutta tapaa, jonka mukaan tien läheisyyden taustapitoisuus määritellään tai mitataan. Siksi eri tutkimuksissa taustapitoisuudet on saatettu määritellä toisistaan poikkeavilla tavoilla.

Kirjallisuuden tulokset vahvistivat, että meteorologialla, ts. tuulen suunnalla ja nopeudella on suuri vaikutus pitoisuuksiin väylien läheisyydessä. Pitoisuusgradientit ovat selvempiä tuulen puhaltaessa tieltä mittauspisteeseen päin kuin tuulen puhaltaessa tien suuntaisesti tai poispäin mittauspisteestä. Myös liikennemäärät, ajoneuvojakauma ym. tekijät, kuten meluvallit vaikuttavat luonnollisesti pitoisuuksiin.

Tien reunan pitoisuuteen normalisoinnilla melkein kaikki ilmansaasteet laimenevat taustan tasolla 115 – 570 metrin matkalla, taustapitoisuudella normalisoidut pitoisuudet puolestaan 160 – 570 metrin matkalla. Epäpuhtaudet jakautuivat kolmeen luokkaan sen mukaan, miten pitoisuuslasku tapahtuu: Esimerkiksi hiilimonoksidi ja jotkin ultrapienten hiukkasten lukumääräpitoisuudet laskivat noin 50 % ensimmäisten 150 metrin matkalla, minkä jälkeen pitoisuuslasku oli tasaista. Bentseenin ja typpidioksidin pitoisuuksien havaittiin laskevan tasaisesti koko matkalla ja esim. hiukkasten massapitoisuudella ei havaittu lainkaan tilastollisesti merkitsevää laskua.

Suomessa on tutkittu laimenemista jonkin verran. Tiitta ym. (2002) tutkivat hiukkaspitoisuuksien laimenemista esikaupunkialueella päätien varrella Kuopiossa. Mittauspisteet sijaitsivat 12 – 87 metrin etäisyydellä tien keskipisteestä. Kaikki mittaustulokset mukaan lukien (ja siis kaikki tuulen suunnat) ero pitoisuuksissa lähimmän ja kauimman pisteen välillä oli 30 %.

Pirjola ym. (2006) mittasivat hiukkasten massan ja lukumäärän sekä hiilimonoksidin ja typenoksidien pitoisuuksia Itäväylän varrella Helsingissä vuosina 2003 ja 2004 toteutetuissa kampanjoissa. Tuulen alapuolella hiukkasten lukumääräpitoisuus laski n. 60 – 65 % 65 metrin matkalla.

## 6.2 Kansainvälisiä esimerkkejä ohjeista ilmanlaadun huomioon ottamiseksi suunnittelussa

Tässä kirjallisuuskatsauksessa on käyty Google-hakukoneella läpi verkosta löytyviä maankäyttöä ja kaupunkisuunnittelua varten tehtyjä ohjeita. Haku tehtiin englanninkielisistä julkaisuista. Pääasiallisena tavoitteena oli etsiä esimerkkejä muualla maailmassa vilkkaasti liikennöityjen väylien varrelle ehdotetuista suojavyöhykkeistä. Lisäksi on tarkasteltu muita rakennettuun ympäristöön liittyviä keinoja ilmansaasteille altistumisen vähentämiseksi. Sen sijaan päästöjen vähentämiseen tähtääviä teknisiä toimenpiteitä tai liikennesuunnittelun toimenpiteitä ei tässä ole lähemmin tarkasteltu.

### 6.2.1 Norja

Norjan hallitus on vuonna 2012 antanut ohjeen ”Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging” (T-1520). Siinä ilmansaasteille herkkiksi ryhmiä määritellään lapset, raskaana olevat naiset, vanhukset sekä hengityselin-, sydän- ja verisuonisairauksia, syöpää tai diabetesta sairastavat ihmisryhmät, joihin kuuluu noin kolmannes norjalaisista. Herkkiksi kohteiksi määritellään sairaalat, päiväkodit, koulut, asuinrakennukset, leikkipaikat sekä ulkoilu- ja viheralueet.

Ohjeessa on määritelty hengitettävälle hiukkasille (PM<sub>10</sub>) ja typpidioksidille keltainen ja punainen ilmanlaatu-  
vyöhyke:

Keltaisella ilmanlaatu-  
vyöhykkeellä hengitettävien hiukkasten pitoisuus on yli 35 µg/m<sup>3</sup> vähintään 7 päivänä tai typpidioksidin talvikausikeskiarvo vähintään 40 µg/m<sup>3</sup>.

Punaisella ilmanlaatu-  
vyöhykkeellä hengitettävien hiukkasten pitoisuus on yli 50 µg/m<sup>3</sup> vähintään 7 päivänä tai typpidioksidin vuosikeskiarvo vähintään 40 µg/m<sup>3</sup>.

Jos on tarve määritellä ilmanlaatu-  
vyöhykkeitä muille epäpuhtauksille, sovelletaan keltaiselle vyöhykkeelle Kansanterveyslaitoksen ja ympäristödirekoraatin antamia ilmanlaatu-  
kriteerejä. Ilmanlaadun raja-arvot puolestaan määrittelevät punaisen vyöhykkeen.

Hengitettävien hiukkasten ja typpidioksidin ilmanlaatu-  
vyöhykkeet on arvioitava ja esitettävä kaavaselostuksessa. Ohjeessa kuvataan, miten ilmanlaatu-  
vyöhykkeet tulee laatia.

Keltainen ilmanlaatu-  
vyöhyke on alue, jossa kunnan on oltava varovainen myöntäessään lupia herkkien kohteiden rakentamiseen. Kaavoitusprosessissa tulee kiinnittää huomiota paikallisolosuhteisiin ja ilmanlaatu-  
lanteeseen ja arvioida, millä keinoin saavutettaisiin mahdollisimman hyvä ilmanlaatu alueella.

Punainen ilmanlaatu-  
vyöhyke sopii korkeiden ilmansaastepitoisuuksien vuoksi huonosti ilmansaasteille herkille kohteille. Kunnan ei pääsääntöisesti pidä antaa lupaa sijoittaa alueelle sairaaloita, päiväkoteja, kouluja, asuntoja, leikkipaikkoja eikä ulkoilu- tai viheralueita. Alueelle ei pääsääntöisesti myöskään pidä sijoittaa toimintoja, jotka huonontavat ilmanlaatua entisestään. Säännöstä voidaan tietyissä, ohjeessa mainituissa tapauksissa poiketa, mutta silloin on huolehdittava, että ilmanlaatu on alueella niin hyvä kuin mahdollista. Altistumista voidaan vähentää kiinnittämällä huomiota sisäilman laatuun. Lisäksi tulisi hyödyntää keinoja, joilla voidaan yleisesti parantaa ilmanlaatua, esim. huolehditaan kaavassa alueen tuulettuvuudesta, asetetaan nopeusrajoituksia, kielletään raskas liikenne, perustetaan autottomia vyöhykkeitä, kielletään puun poltto, siirrytään öljylämmityksestä kaukolämpöön jne.

### 6.2.2 Iso-Britannia

Englannissa paikallisten viranomaisten velvollisuus on tunnistaa alueet, joilla ilmanlaatu ylittää kansalliset ilmanlaadun tavoitteet. Nämä alueet määritellään yksityiskohtaisen arviointiprosessin avulla, johon yleensä

sisältyy sekä ilmanlaadun mittauksia että mallintamista. Alueet, joilla kansalliset ilmanlaadun tavoitteet ylittyvät ja joilla on merkitystä asukkaiden altistumisen kannalta, määritellään ilmanlaadun hallinta-alueiksi (Air Quality Management Area, AQMA).

Suunnittelukohteen rakennuttajan on tehtävä tai teetettävä suunnittelukohteesta ilmanlaatu-arvio. Yleensä tällaisen arvion laatii konsultti. Rakennuttajalla on oltava selvä käsitys siitä, mitä häneltä vaaditaan ja miten ilmanlaatu-arvio otetaan huomioon osana päätöksentekoprosessia. Ilmanlaatu-arviossa tulee ottaa huomioon vaikutukset sekä rakentamisen aikana että kohteen valmistuttua. Samoin on arvioitava, onko suunnittelukohteiden ilmanlaadultaan soveltuva käyttötarkoitukseensa.

Environmental Protection UK on jäsenyyteen perustuva järjestö, joka on toiminut Englannissa vuodesta 1898 lähtien. Sen aiempi nimi oli National Society for Clean Air and Environmental Protection. Ko. järjestö on antanut ohjeen ilmanlaadun huomioon ottamiseksi suunnittelussa (Environmental Protection UK, 2010).

Ohjeen mukaan tulee mm. tehdä YVA:ssa arvio myös ilmanlaadusta. Joskus ilmanlaatu-arvio on tarpeen, vaikka YVA:a ei tehtäisi. Erityistä huomiota tulee kiinnittää tapauksiin, joissa hanke mahdollisesti aiheuttaisi kansallisten ilmanlaadun tavoitteiden tai EU:n raja-arvojen ylityksiä sekä hankkeisiin, joilla on vaikutusta ilmansuojelun toimintaohjelmiin tai strategioihin tai jotka yleisesti heikentävät ilmanlaatua. Lisäksi on tärkeää arvioida, lisääkö suunniteltu hanke altistumista alueilla, joilla ilmanlaatu on huono. Yleensä arviointi on tarpeen, jos suunnitelma todennäköisesti aiheuttaa suuria muutoksia ilmanlaadussa.

Ohjeessa pidetään tärkeänä, että hakija ja paikallinen viranomais sopivat ehdotetun arvioinnin sisällöstä. Kohteen ilmanlaatu tulisi arvioida nykyhetkellä, ja lisäksi tulee arvioida tuleva ilmanlaatu ilman suunnitelman toteuttamista ja suunnitelman toteuduttua. Arvioinnin pääasiallinen menetelmä on mallinnus. Rakennusvaiheen vaikutukset on arvioitava erikseen, siihen mallit eivät sovellu.

Ohjeessa annetaan esimerkkejä ilmanlaadun parantamiseen tähtäävistä toimenpiteistä. Suurta huomiota kiinnitetään rakennusvaiheen toimenpiteisiin, joita tässä ei kuitenkaan käsitellä. Liikenteen osalta esimerkkeinä mainitaan matkasuunnitelmat, yhteiskäyttöautot, joukkoliikenteen käytön edistäminen, pysäköintipolitiikka (paikkojen määrä, pysäköintietuus vähäpäästöisille ajoneuvoille ja yhteiskäyttöautoille sekä päästöjen perusteella porrastetut pysäköintimaksut), vaihtoehtoiset polttoaineet, julkisen liikenteen kaluston parantaminen jne. Rakennusten suunnittelun osalta esitetään esim. parvekkeiden poistamista tai uudelleen sijoittamista, asuinhuoneiden sijoittamista rakennuksen suojan puolelle tai ylempiin kerroksiin ja katukuilujen välttämistä (tulee luoda aukkoja rakennusseinämiin tuulettavuuden parantamiseksi). Lisäksi ohjeessa ehdotetaan koneellista ilmastointia rakennuksiin, jotka sijaitsevat vilkasliikenteisten väylien varrella. Ilmanottoaukot tulee sijoittaa kattotasolle mahdollisimman etäälle päästölähteestä ja järjestelmän huolloista ja ylläpidosta tulee huolehtia. Nämä kaikki ovat meilläkin tuttuja suosituksia.

Suojavyöhykkeistä ohjeessa todetaan, että 30 – 50 metrin suojavyöhyke uusien asuintalojen ja päätteiden väliin saattaa olla tehokas keino haittojen ehkäisyssä. Tällä etäisyydellä pitoisuudet ovat lähellä taustapitoisuutta. Tämä suositus voi olla vaikea hyväksyä esim. Lontoossa, missä on tarve maksimoida tilankäyttö. Tällaisissa olosuhteissa kuitenkin jopa 2 – 5 metrin etäisyys tiestä olisi hyödyllinen ja tavoittelemisen arvoinen, sillä pitoisuudet laskevat nopeasti, kun etäisyys tiestä kasvaa. Oman kokemuksemme ja muiden kirjallisuudesta saatujen arvioiden mukaan 30 – 50 m etäisyydellä pitoisuudet ovat vielä selvästi taustapitoisuutta korkeampia.

Monet kaupungit Englannissa, Skotlannissa ja Pohjois-Irlannissa ovat laatineet omia sovellutuksiaan näistä ohjeista. Esimerkkeinä mainittakoon Lontoo, Bristol, Belfast ja Glasgow.



London Councils (2007) on antanut ohjeen ilmanlaadun huomioon ottamiseksi suunnittelussa. Se on tarkoitettu suunnittelijoille, konsulteille ja paikallisille viranomaisille. Siinä annetaan teknisiä ohjeita siitä, kuinka käsitellään suunnitelmia, joilla saattaa olla vaikutuksia ilmanlaatuun.

Ilmanlaadun arvioinnin tavoitteena on määritellä, onko suunnitellulla hankkeella huomattavaa vaikutusta ilmanlaatuun tai onko suunnittelukohteen ilmanlaatu sopimaton kohteelle.

On kolme perustetta sille, että hankkeen vaikutus on merkittävä:

- Hanke heikentää todennäköisesti ilmanlaatua.
- Suunnittelukohte sijaitsee alueella, jonka ilmanlaatu on huono.
- Rakennus- tai purkutöillä on huomattava vaikutus paikalliseen ympäristöön.

Ilmansaasteiden terveysvaikutukset ovat tärkein aspekti arvioitaessa hankkeen ilmanlaatuvaikutusten merkittävyyttä. Nykyinen ilmanlaadun säätely keskittyy alueisiin, joilla ilmanlaadun tavoitteet ylittyvät, mutta jatkossa saatetaan panostaa kokonaisaltistuksen vähentämiseen. Paikalliset ilmanlaadusta vastaavat viranomaiset tekevät päätöksen kunkin hankkeen ilmanlaatuvaikutuksista oman asiantuntemuksensa nojalla ja perustuen tehtyihin vaikutusarvioihin.

Arvioitaessa ilmansaasteille altistumisen merkittävyyttä ja hillintätoimien tasoa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin ilmansaasteille altistumisen kriteereihin (Air Pollution Exposure Criteria, APEC) (London councils 2007).

Typidioksidin vuosipitoisuus	Hengitettävien hiukkasten pitoisuus	Suositus
> 5 % alle kansallisen tavoitteen	vuosikeskiarvo: > 5 % kansallisen tavoitteen alapuolella 24 h: > 1 päivä vähemmän ylityksiä kuin kansallisessa tavoitteessa	Ei ilmanlaatu- perusteita suunnitelman hylkäämiselle. On kuitenkin otettava huomioon keinot haittojen vähentämiseksi.
± 5 % kansallisesta tavoitteesta	vuosikeskiarvo: ± 5 % kansallisesta tavoitteesta  24 h: 1 päivä vähemmän tai enemmän ylityksiä kuin kansallisessa tavoitteessa	Mahdollisesti ei ole riittäviä ilmanlaatu- perusteita hylkäämiselle, kuitenkin harkittavat soveltuvia haittojen vähentämiseen tähtäviä toimenpiteitä, kuten: maksimoitava etäisyys päästölähteeseen, ilmanvaihto, pysäköintipolitiikka, tilojen sijoittelu, päästöjen minimointi.
> 5 % kansallisen tavoitteen yläpuolella	vuosikeskiarvo: > 5 % kansallisen tavoitteen yläpuolella 24 h: > yksi päivä enemmän ylityksiä kuin kansallisessa tavoitteessa.	Hylkäys ilmanlaatu- perustein mahdollinen, ellei paikallisella viranomaisella ole erityistä toimintapolitiikkaa, joka mahdollistaa esitetyn maankäytön ja varmistaa, että käytetään parhaat keinot altistumisen vähentämiseksi. Myös työntekijöiden altistuminen on otettava huomioon. Ilmanlaatu- arviossa on esitettävä haittojen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet samoin niiden tulokset.

*Huom. edellä esitetyt pitoisuusrajat pätevät vain, jos pitoisuuksien on osoitettu olevan laskusuunnassa.*

Erikseen on annettu ohjeet purku- ja rakennusvaiheen haittojen vähentämiseen. (The Control of Dust and Emissions from Costruction and Demolition).

Hankkeen sijoitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä jotkut toiminnot ovat ilmansaasteille herkempiä kuin toiset. Esimerkiksi lasten leikkipaikat tulisi sijoittaa kauas vilkasliikenteisistä väylistä. Suunnittelulla, toimintojen ja tilojen sijoittelulla ja rakenteilla voidaan välttää altistumisen lisääntyminen ja samalla minimoida energian tarve ja häviöt. Suunnitteluun löytyy lisäohjeistusta the Mayor of London's Design and Construction Supplementary Planning Guidance –raportista.

Sisäilman laadun parantamiseksi paikallisen viranomaisen tulee arvioida sellaisia tekijöitä kuin esim. ilmanvaihto, ikkunoiden ja ovien sijoittelu. Korkeiden rakennusten kyseessä ollen rakennuksen eri osien erilaiset käyttötarkoitukset voivat helpottaa hankkeen hyväksymistä. Esimerkiksi asunnot voidaan sijoittaa yläkerrokseen kauemmas päästölähteistä ja ylemmissä kerroksissa voi olla parvekkeita sekä avautuvat ikkunat. Alempiin kerroksiin voi sijoittaa kaupallisia toimintoja, jolloin mekaaninen ilmanvaihto ja ikkunat, joita ei voi avata, ovat hyväksyttävämpiä ratkaisuja. Ulkotilojen käyttöön tulee myös kiinnittää huomiota: Lontoon Pormestari suosittelee kattopuutarhoja ja terasseja, joskin niidenkin osalta on arvioitava ilmansaasteille altistumista.

Ohjeessa annetaan suosituksia myös energiatehokkuudesta, uusiutuvista energialähteistä sekä esim. yhdistetystä sähkön- ja lämmöntuotannosta.

### 6.2.3 USA

Kalifornian ympäristövirasto on julkaissut vuonna 2005 ilmanlaatua ja maankäyttöä koskevan käsikirjan (Air quality and land use handbook: A community health perspective) (CARB 2005). Käsikirja sisältää mm. suositukset uusien herkkien kohteiden sijoittelusta. Herkkiä kohteita ovat mm. asunnot, koulut, päiväkodit, leikkikentät sekä sairaalat ja terveyskeskukset. Ne pitäisi sijoittaa vähintään 150 metrin etäisyydelle moottoritiestä sekä kaupunkialueella teistä, joilla liikennemäärä on 100 000 ajoneuvoa/vrk ja maaseudulla teistä, joilla liikennemäärä on yli 50 000. Käsikirjassa on määritelty suositusetäisyydet myös muille toimintoille, kuten jakelukeskuksille, ratapihoille, satamille jne. Nämä ovat suosituksia ja kaavoittajien on otettava huomioon myös muut tekijät.

Kaliforniassa South Coast Air Quality Management District on vuonna 2005 antanut ohjeen koulujen sijoittamisesta (Air quality issues in school site selection. Guidance document). Dokumentti on päivitetty vuonna 2007.

Ohjeessa huomioon otettavia päästölähteitä ovat mm. vilkasliikenteiset väylät, jakelukeskukset, kuiva-pesulat, kaasuturbiinit, ratapihat, satamat, bensa-asemat, jalostamot, kromauslaitokset, vaarallisten jätteiden käsittely- ja varastointilaitokset, lentokentät ja voimalaitokset.

Ohjeet perustuvat mm. seuraaviin dokumentteihin:

- PRC (Public Resources Code) edellyttää, että on tehtävä arvio haitallisten saasteiden päästölähteistä 400 metrin säteellä julkisesta koulusta.
- Californian Senate Bill 352 puolestaan edellyttää riskinarvioinnin laatimista kouluille, jotka sijaitsevat alle 150 metrin etäisyydellä vilkasliikenteisestä väylästä.
- Etelä-Kalifornian ilmanlaadun hallinta-alueen (SCAQMD) Terveysriskien arviointiohje määrittelee 300 metrin turvavyöhykkeen herkkien kohteiden ja kuorma-autoliikenteen päästöjen väliin.

Edellä mainittujen dokumenttien suosituksiin perustuen tulisi harkita 150 metrin, mahdollisesti jopa 300 metrin suojavaähykettä suurten väylien ja koulujen väliin ehkäisemään ilmansaasteista oppilaille ja opettajille

aiheutuvia haittoja. Uudet koulurakennukset tulisi sijoittaa jopa 300 metrin etäisyydelle muista merkittävistä liikkuvista päästölähteistä ja lähteestä riippuen mahdollisesti jopa kauemmas.

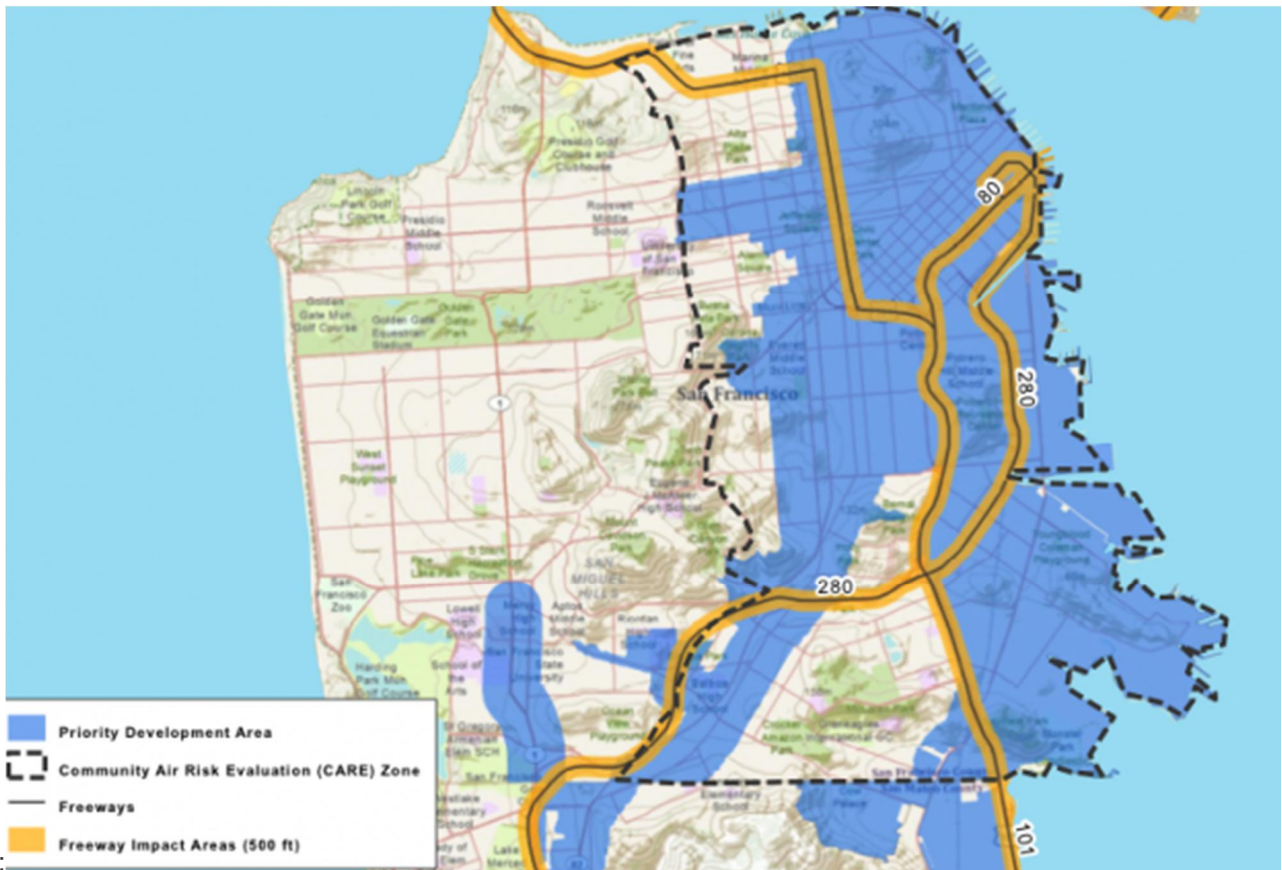
Lisäksi on olemassa määräyksiä, jotka koskevat pistemäisiä lähteitä. Niiden pohjalta suositellaan, että oppilaiden ja opettajien terveyden suojelemiseksi uudet koulut tulisi sijoittaa vähintään 400 metrin etäisyydelle myrkyllisten tai vaarallisten aineiden päästölähteistä. Tapauksesta riippuen etäisyys voi olla huomattavasti pienempi tai suurempi. Näissä tapauksissa tulisi neuvotella paikallisen ilmanlaatuviranomaisen kanssa.

Pacific Institute Kaliforniassa on tutkinut maankäytön tiivistämisen ja tavaraliikenteen sijoittumisen välistä konfliktia San Franciscon lahden alueella (Luu & Ross, 2011). Köyhien ja värillisten perheiden on todettu sijoittuvan alueille, joissa ilmanlaatu on huonoin ja joita kuormittavat muutkin ympäristörasitteet. Kysymys on siis myös yhteiskunnallisesta oikeudenmukaisuudesta. Ilmastosyistä maankäyttöä halutaan alueella tiivistää ja paikalliset kaavoittajat mm. harkitsevat ehdotuksia muuttaa teollisuusalueita ja liikekorteileita asuinalueiksi suurien tavaraliikenteen väylien varsilla.

Instituutti halusi selvittää, miten täydennysrakentaminen voitaisiin toteuttaa niin, että samalla ei aiheutettaisi lisää ilmanlaatuongelmia. Analyysi keskittyy nk. CARE-alueisiin (Community Air Risk Evaluation), joilla alueen ilmansuojeluviranomaisen mukaan ilmansaasteiden aiheuttamat haitat ovat suurimmat. Sen jälkeen etsittiin tärkeimmät täydennysrakentamiskohteet, jotka sijaitsevat joko kokonaan tai osittain CARE-alueilla.

Tutkijat sovelsivat Kalifornian ilmansuojeluviranomaisen suosittelimia vaikutusalueita moottoriteiden, ratapihojen, varastojen ja jakelukeskusten ympäristöön. Moottoriteiden ympäristössä viranomaiset suosittelevat 150 metrin ja ratapihojen sekä jakelukeskusten ympäristössä 300 metrin suojavyöhykkeitä. Satamien ympäristössä tutkijat sovelsivat 300 metrin ja lentokenttien ympäristössä noin 600 metrin suojavyöhykettä, vaikka nämä eivät sisällykään viranomaisten suosituksiin. Nämä suojavyöhykkeet perustuivat muihin alueella tehtyihin tutkimuksiin sekä koulujen sijoittamiseen liittyviin arviointikriteereihin.

Alla olevassa kuvassa on esimerkkinä esitetty 150 metrin vaikutusalue moottoriteiden ympäristössä San Franciscossa. Lisäksi kuvassa on sinisellä esitetty keskeinen täydennysrakentamisalue ja katkoviivalla edellä mainittu CARE-alue



Kuva. 150 metrin (500 ft.) vaikutusalueet (oranssi) moottoriteiden ympärillä suunnittelualueella San Franciscossa (Lähde: Pacific Institute 2011).

Tutkimus osoitti, että ilman kunnollista suunnittelua altistuminen ilmansaasteille saattaa merkittävästi lisääntyä täydennysrakentamiseen kaavailuissa kohteissa. 42 % suunnittelualueista sijoittui CARE-alueille ja 26 % tavaraliikenteen suojavyöhykkeellä, joksi määriteltiin 150 m moottoriteille, varastoille ja jakelukeskuksille, 300 m ratapihoille ja 600 m lentokentille. Suojavyöhykkeillä 17 % suunnitellusta maankäytöstä oli varattu asuin-alueiksi. Kuitenkin 74 % suunnittelualueesta sijaitsi suojavyöhykkeiden ulkopuolella. Tutkijat toteavat, että maankäyttöön liittyvien konfliktien minimoimiseksi suojavyöhykkeiden ulkopuoliset kohteet tulisi varata asumiseen ja muille herkille kohteille. Suojavyöhykkeille voisi sijoittaa kaupallisia tiloja tai pienteollisuutta.

#### 6.2.4 Kanada

Kanadassa Brittiläisen Kolumbian ympäristöministeriö on julkaissut ohjeen ”Develop with Care 2014 Environmental Guidelines for Urban and Rural Land Development in British Columbia” (Ministry of Environment, British Columbia, 2014). Opas on tarkoitettu paikallisille viranomaisille, maankäytön suunnittelijoille, maanomistajille ja ympäristöjärjestöille. Ilmanlaadun osalta annetaan ohjeita pienpolton haittojen vähentämiseksi, katujen pölyämisen hillitsemiseksi ja ilmansaasteille altistumisen vähentämiseksi liikenneväylien varrella.

Ohjeen mukaan erityisesti herkäät kohteet tulisi sijoittaa vähintään 150 metrin etäisyydelle vilkasliikenteisistä teistä. Vilkasliikenteisellä tarkoitetaan tässä tietä, jonka liikennemäärä ylittää 15 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Herkkiä kohteita ei tulisi myöskään sijoittaa lähelle vilkkaita rekkareittejä tai suuria risteyskohtia. Kohonneita ilmansaastepeitoisuuksia on mitattu jopa 750 metrin etäisyydellä rekkareiteistä. Kävely- ja pyörätiet tulisi sijoittaa vähintään 1 - 2 korttelin päähän vilkkaista liikenneväylistä.

Jos suojavyöhykkeitä ei ole mahdollista käyttää, ohjeessa neuvotaan välttämään katukuilujen muodostumista joko porrastamalla rakennukset tai rakentamalla korkeita taloja vain kadun toiselle puolelle. Altistumista voidaan vähentää myös tuloilman suodatuksella tai sijoittamalla ilmanottoaukot etäälle päästölähteestä.

Ohjeeseen liittyvässä taustapaperissa (Brauer ym. 2012) on kirjallisuuden perusteella arvioitu muita mahdollisuuksia altistumisen vähentämiseksi. Paikallisessa skaalassa kasvillisuuden vaikutuksen on todettu olevan vaihtelevaa. Jonkin verran on näyttöä siitä, että puut voisivat absorboida joitakin ilmansaasteita, kuten karkeita hiukkasia tai otsonia. Ei kuitenkaan ole mitään vankkaa näyttöä siitä, että puita kannattaisi käyttää vähentämään pitoisuuksia teiden varsilla. Lisäksi on mahdollista, että puut muodostuvat jopa sekoittumisen ja laimenemisen esteiksi, jolloin niillä olisi samanlainen vaikutus kuin katukuiluilla. Puilla ja viheralueilla on toki positiivinen vaikutus ympäristön viihtyisyyden ja ilmastonmuutoksen aiheuttamien vaikutusten kannalta.

Myös meluvallien ja -aitojen vaikutus on tutkimuksissa vaihdellut: joissakin tapauksissa ne ovat vähentäneet ilmansaasteita vallin läheisyydessä. Toisaalta ne saattavat myös aiheuttaa korkeampia pitoisuuksia kauempana vallista. Siksi niitä suositellaan käytettäväksi vain meluntorjunnassa tai turvallisuuden edistämiseksi. Muina altistumisen vähentämiskeinoina Brauer ym. mainitsevat ilmanottoaukkojen sijoittelun ja tuloilman suodatuksen.

Vuonna 2015 valmistui kirjallisuuskatsauksen kasvillisuuden ja melusteiden vaikutuksesta ilmanlaatuun liikenneympäristöissä (Vuorinen ym. 2015). Yleisenä johtopäätöksenä voitiin todeta, että kasvillisuudella ja melusteilla voidaan parantaa hieman ilmanlaatua ja saavuttaa monia muita myönteisiä vaikutuksia kaupunkiympäristössä, mutta liikenteen aiheuttamien ilmanlaatuongelmien ratkaisukeinona kasvillisuudella ja melusteilla on vain pieni rooli. Liikenteen päästöjen vähentäminen ja erilaisten toimintojen sijoittaminen ovat avainasemassa suunniteltaessa turvallista, terveellistä ja viihtyisää kaupunkiympäristöä.

Ontariossa Kanadassa Haltonin alueellinen terveysvirasto julkaisi vuonna 2009 raportin "Protecting Health: Air Quality and Land Use Compatibility", jossa annettiin ohjeita alueelliseen yleiskaavan arviointiprosessiin. Ehdotukset heijastelevat USA:n lainsäädäntöä ja suositellaan, että asunnot, sairaalat, koulut, päiväkodit ja hoitokodit tulisi sijoittaa vähintään 150 metrin etäisyydelle tiestä, joiden liikennemäärä ylittää 100 000 ajoneuvoa vuorokaudessa tai 30 metrin etäisyydelle tiestä, jonka liikennemäärä ylittää 30 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

## 7 Lähdeluettelo

- Ahtoniemi P., Tainio M., Tuomisto J., ym. 2010. Health risks from nearby sources of fine particulate matter: Domestic wood combustion and road traffic (PILTTI). Report, National Institute for Health and Welfare (THL), 3/2010.
- Beckerman. B., Jerrett. M., Brook, JR., Verma, DK, Arain MA, Finkelstein MM. 2008. Correlation of nitrogen dioxide with other traffic pollutants near a major expressway. *Atmos. Environ.* 42: 275 – 290.
- Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, ym. 2014. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet* 383(9919):789-795.
- Brauer, M., Hystad, P., Reynolds, C. 2012. Develop with Care 2012: Environmental Guidelines for Urban and Rural Land Development in British Columbia. Supporting Information – Air Quality. <http://www.env.gov.bc.ca/wld/documents/bmp/devwithcare/DWC-Air-Quality.pdf>. Viitattu 15.8.2015.
- California Environmental Protection, Air Resources Board, 2012. Status of Research on potential mitigation concepts to reduce exposure to nearby traffic pollution. <http://www.arb.ca.gov/research/health/traff-eff/research%20status%20-reducing%20exposure%20to%20traffic%20pollution.pdf>. Viitattu 3.3.2015.
- CARB (Californian Air Resources Board), 2005. Air quality and land use handbook: A community health perspective. <http://www.arb.ca.gov/ch/handbook.pdf>. Viitattu 14.8.2014.
- Cesaroni G., Forastiere F., Stafoggia M., ym. 2014. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ* 2014 Jan 21;348:f7412, doi: 10.1136/bmj.f7412.
- EEA (European Environment Agency) 2014. Air quality in Europe — 2014 report. EEA report No 5/2014. Copenhagen, Denmark.
- Environmental Protection UK, 2010. Development Control: Planning For Air Quality (2010 Update). [http://www.iaqm.co.uk/text/guidance/epuk/aq\\_guidance.pdf](http://www.iaqm.co.uk/text/guidance/epuk/aq_guidance.pdf). Viitattu 15.8.2014.
- Halton Region Health Department, (2009). Protecting Health: air quality and land use compatibility. <http://www.halton.ca/cms/One.aspx?portalId=8310&pageId=13747>. Viitattu 15.8.2014.
- HEI, 2010. Traffic related air pollution. A critical review of the literature on emissions, exposure, and health effects. Special report 17. Health Effects Institute. Boston, Massachusetts. pp. 3-3 – 3-36.
- Hitchins J., Morawska L., Wolff R., Gilbert D., 2000. Concentrations of submicrometre particles from vehicle emissions near a major road. *Atmos. Environ* 34: 51 – 59.
- Hurley F., Hunt A., Cowie H., ym. Methodology Paper (Volume 2) for Service Contract for carrying cost-benefit analysis of air quality related issues, in particular in the clean air for Europe (CAFE) programme. AEAT/ED51014/Methodology Volume 2: Issue 2. 2005, Didcot, Oxon, United Kingdom.
- Hänninen O., Knol A., Jantunen M., ym. 2014. Environmental burden of disease in Europe: Assessing nine risk factors in six countries. *Environ Health Perspect* 122(5):439-446.
- Hänninen O., Leino O., Kuusisto E., ym. 2010. Elinympäristön altisteiden terveystaikutukset Suomessa. *Ympäristö ja terveys* 3:2010.

Karner, A., Eisinger, D., Niemeier, D., 2010. Near-roadway air quality: Synthesizing the findings from real-world data. *Environ. Sci. Technol.* 44, 5334-5344.

London Councils, 2007. London Councils Air Quality Planning Guidance. Revised version – January 2007. <http://www.londoncouncils.gov.uk/policylobbying/environment/air/airqualityplanningguidance.htm>. Viitattu 14.8.2014.

MacIntyre E., Gehring U., Mölter A., ym. 2014. Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE project. *Environ Health Perspect* 122(1):107-113.

Ministry of Environment, British Columbia, 2014. Develop with Care 2014. Environmental Guidelines for Urban and Rural Land Development in British Columbia. <http://www.env.gov.bc.ca/wld/documents/bmp/devwithcare/> Viitattu 15.8.2014.

Norges regjering, 2012. Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520). <https://www.regjeringen.no/nb/dokumenter/t-1520-luftkvalitet-arealplanlegging/id679346/>. Viitattu 27.2.2015.

Pacific Institute, 2011. At a Crossroads in our Region's Health: Freight Transport and the Future of Community Health in San Francisco Bay Area. <http://pacinst.org/wp-content/uploads/sites/21/2013/02/at-a-crossroads-for-health-full-report.pdf>. Viitattu 14.7.2014.

Pascal M., Corso M., Chanel O., ym. 2013. Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: results of the Apekom project. *Sci Total Environ* 449:390-400.

Pirjola, L., Paasonen, P., Pfeiffer, D., Hussein, T., Hämeri, K., Koskentalo, T., Virtanen, A., Rönkkö, T., Keskinen, J., Pakkanen, T.A., Hillamo, R.E., 2006. Dispersion of particles and trace gases nearby a city highway: Mobile laboratory measurements in Finland. *Atmos. Environ.* 40:867-879.

Reponen T., Grinshpun S., Trakumas S., Martuzevicius D., Wang Z., LeMasters G., Lockey J., Biswas P., 2003. Concentration gradient patterns of aerosol particles near interstate highways in the greater Cincinnati airshed. *J Environ Monit* 5:557 – 562.

Raaschou-Nielsen O., Andersen Z., Beelen R., ym. 2013. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Lancet Oncol* 14(9):813-22.

Roorda-Knape M., Janssen N., de Hartog J., van Vliet P., Harssema H., Brunekreef B. 1998. Air pollution from traffic in city districts near major motorways. *Atmos. Environ* 32:1921 – 1930.

SLB-analys 2013. Vertikal variation av luftföroreningshalter i ett dubbelsidigt gaturum – uppmätta halter av kväveoxider vid Sveavägen, Stockholm. SLB analys, Miljöförvaltningen i Stockholm, SLB 11:2013, ISSN 1400-0806.

South Coast Air Quality Management District, 2005. Air quality issues in school site selection. Guidance document. Viitattu 14.7.2014.

Tiitta P., Raunemaa T., Tissari J., Yli-Tuomi T., Leskinen A., Kukkonen J., Härkönen J., Karppinen A. 2002. Measurements and modeling of PM<sub>2,5</sub> concentrations near a major road in Kuopio, Finland. *Atmos. Environ* 36:4057-4068.

Vuorinen, J., Niemi, J., Kousa, A., 2015. Kasvillisuuden ja melusteiden vaikutus ilmanlaatuun liikenneympäristöissä, HSY:n julkaisuja 4/2015.

Zhou Y., Levy J., 2007. Factors influencing the spatial extent of mobile source air pollution impacts: A meta-analysis. BMC Public Health 7:89.

Zhu Y., Hinds W., Kim S., Shen S., Sioutas C., 2002. Study of ultrafine particles near a major highway with heavy duty diesel traffic. Atmos. Environ. 36: 4323 - 4335







**HSY:n julkaisuja | HRM:s publikationer 2/2015**

**ISSN-L** 1798-6087

**ISSN** 1798-6087 (nid.)

**ISSN** 1798-6095 (pdf)

**ISBN** 978-952-6604-93-0 (nid.)

**ISBN** 978-952-6604-91-6 (pdf)

**Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä**

PL 100, 00066 HSY, Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki

Puh. 09 156 11, Fax 09 1561 2011, [www.hsy.fi](http://www.hsy.fi)

**Samkommunen Helsingforsregionens miljötjänster**

PB 100, 00066 HRM, Semaforbron 6 A, 00520 Helsingfors

Tfn. 09 156 11, Fax 09 1561 2011, [www.hsy.fi](http://www.hsy.fi)

**Helsinki Region Environmental Services Authority**

P.O. Box 100, FI-00066 HSY, Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki

Tel. +358 9 15611, Fax +358 9 1561 2011, [www.hsy.fi](http://www.hsy.fi)