



Melun terveysvaikutukset ja ympäristömelun häiritsevyys

Anu Haahla ja Marja Heinonen-Guzejev

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2012

Anu Haahla ja Marja Heinonen-Guzejev

Melun terveysvaikutukset ja ympäristömelun häiritsevyys

Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsinki 2012

Kannen kuva: Helsingin kaupungin aineistopankki / Virpi Peltola
ISSN 1235-9718
ISBN 978-952-272-323-9
ISBN (PDF) 978-952-272-324-6

Painopaikka: Kopio Niini Oy
Helsinki 2012

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	2
Sammandrag	4
Summary	6
Käsitteet ja määritelmät	8
1 Johdanto	11
1.1 Selvityksen tausta.....	11
1.2 Melulle altistumisen laajuus	11
1.3 Valtioneuvoston periaatepäätös ja tavoitteet	12
1.4 Selvityksen tavoite	12
1.5 Selvityksen rajaus ja sisältö	13
1.6 Selvityksen tekijät	13
2 Ympäristömelun vaikutukset terveyteen	14
2.1 Melun vaikutusten ryhmittely	14
2.2 Melun vaikutusreitit	14
2.3 Melu ympäristön stressitekijänä.....	16
2.4 Ympäristömelun keskeisimmät vaikutukset	18
2.4.1 Häiritsevyys	20
2.4.2 Vaikutukset uneen	22
2.4.3 Vaikutukset verenkiertoelimistöön	30
2.4.4 Vaikutukset kielelliseen viestintään	36
2.4.5 Vaikutukset kognitiivisiin toimintoihin	36
2.4.6 Vaikutukset mielenterveyteen	38
2.5 Vaikutukset eri väestöryhmissä	38
3 Ympäristömelun häiritsevyys Helsingissä	41
3.1 Kyselytutkimus.....	41
3.1.1 Aineisto ja menetelmät	41
3.1.2 Tulokset	43
3.1.3 Tulosten pohdinta	48
5 Johtopäätökset ja suositukset	52
6 Kirjallisuus	53

Tiivistelmä

Melulle altistutaan Helsingissä jatkuvasti yhä enemmän, kun liikenne lisääntyy ja kaupunkirakennetta tiivistetään. Melua tuottavat myös erilaiset koneet ja laitteet, vaikka niiden melupäästömääräyksiä on tiukennettu. Tässä selvityksessä tarkastellaan sekä melun terveysvaikutuksia uusimpien tutkimusten perusteella että pääasiassa liikenteen melun häiritsevyyttä Helsingissä. Helsingissä liikenne on suurin melulähde, ja ympäristömelun aiheuttamista terveyshaitoista liikennemelun vaikutuksia on tutkittu eniten.

Häiritsevyyks on yleisin ympäristömelun vaikutuksista. Se on havainnon kaltainen, kielteinen, epämiellyttävä tai ei-toivottu kokemus tai tuntemus. Häiritsevyyteen sisältyvät sekä melun vaikutukset toimintaan ja käyttäytymiseen että melun aiheuttama epämiellyttävyys ja hermostuminen. Melun häiritsevyyks lisääntyy äänita-son kasvaessa.

Melu on yksi merkittävimmistä unta häiritsevistä ulkoisista tekijöistä. Melutapah- tumat voivat vaikeuttaa nukahtamista, herättää kesken unen ja aiheuttaa muita unen laadun, sen vaiheiden jaksotuksen, syvyyden ja keston muutoksia.

Melu on ympäristön stressitekijä. Lyhytaikaisen melu- altistuksen seurauksena pulssi nopeutuu, ihon ja sisäelinten verisuonet supistuvat, verenpaine nousee ja stressihormonien pitoisuus veressä lisääntyy. Pitkään jatkuva melu- altistus voi lisätä sydän- ja verisuonitautien, kuten verenpainetaudin, sepelvaltimotaudin ja sydäninfarktin riskiä. Myös melun yhteyttä aivohalvausriskin kasvamiseen tutki- taan. Melu on kuitenkin vain yksi sydän- ja verisuonitautien riskitekijöistä. Liiken- teestä peräisin oleville pienhiukkasille ja melulle altistutaan samoilla alueilla. Niillä voi olla samankaltaisia terveysvaikutuksia, mutta yhteisvaikutuksia on tutkittu niukasti.

Melu peittää puheääniä ja vaikeuttaa puheen kuulemista. Äänien peittyminen on myös tapaturmariski. Ympäristömelun on todettu vaikuttavan lasten kognitiivisiin toimintoihin, kuten lukemiseen ja muistiin, mistä voi olla seurauksena oppimisvai- keuksia. Melu- altistus voi johtaa lasten kielellisen kehityksen viivästymiseen.

Hyvin voimakkaalla ympäristömelulla voi olla vaikutuksia myös mielenterveyteen, kuten lisääntyneeseen ahdistuneisuuteen ja rauhoittavien lääkkeiden käyttöön.

Meluherkkyys kuvaa yksilön tapaa kokea melu ja reagoida siihen. Se lisää melun aiheuttamaa häiritsevyyttä ja univaikeuksia sekä sydän- ja verisuonitautien riskiä. Suomalaistutkimuksessa havaittiin, että 38 % tutkituista oli meluherkkiä. Melu- herkkien lisäksi erityisen alttiita melun terveysvaikutuksille ovat lapset, raskaana olevat, ikääntyneet, sairaat ja toipilaat sekä epäsäännöllistä tai vuorotyötä teke- vät.

Helsingissä tehtiin talvella 2007–2008 asukaskysely, jossa tiedusteltiin asukka- iden kokemuksia melusta, meluntorjunnasta ja Helsingissä sijaitsevista hiljaisista alueista (Päivänen & Leppänen 2010).

Tähän raporttiin on otettu mukaan melun häiritsevyyttä ja meluherkkyyttä koskevat tulokset. Häiritsevä ympäristömelu lisää stressiä ja siitä seuraavia terveyshaittoja. Tieliikenteen melu häiritsi vastaajia selvästi yleisimmin vuorokaudenajasta riippumatta. Toiseksi eniten häiritsi rakennustyömailta ja naapureista kuuluva melu. Öisin naapurista kuuluva melu nousi kuitenkin melkein tieliikenteen häiritsevyyden tasolle. Muista lähteistä tuleva melu häiritsi selvästi vähemmän.

Vastaajista 28 % ilmoitti olevansa melko tai erittäin herkkiä melulle. 34 % koki päivisin ja 23 % öisin tieliikenteen melun häiritseväksi tai erittäin häiritseväksi. Huomattava osa koki melun häiritsevän nukkumista paljon tai erittäin paljon. Lähes puolet vastaajista ilmoitti melun häiritsevän ikkunoiden auki pitämistä. Melu häiritsi huomattavasti myös parvekkeella tai pihalla oleskelua, rentoutumista ja ulkoilua läheisellä virkistysalueella. Helsingin tulokset olivat samansuuntaisia ulkomaisten tutkimusten kanssa.

Sammandrag

Invånarna i Helsingfors utsätts för buller i allt större utsträckning då trafiken ökar och stadsstrukturen görs tätare. Även olika slags maskiner och utrustningar orsakar buller, trots att direktiven om bulleremission från dem har blivit strängare. I denna utredning granskas både hälsoeffekterna av buller utifrån den senaste forskningen och den störande inverkan från i huvudsak trafikbuller i Helsingfors. I Helsingfors är trafiken den största bullerkällan och av de hälsorisker som omgivningsbuller orsakar har man mest undersökt effekterna av trafikbuller.

Störande inverkan är den vanligaste effekten av omgivningsbuller. Det är en negativ, otrevlig eller oönskad upplevelse eller känsla, som liknar en perception. Störande inverkan omfattar såväl de effekter som bullret har på verksamheten och beteendet som det obehag och irritation som bullret orsakar. Bullrets störande inverkan ökar i takt med att ljudnivån stiger.

Buller är en av de viktigaste utomstående faktorerna som stör sömnen. Bullerhändelser kan försvåra insomningen, väcka en mitt i sömnen och orsaka andra förändringar i sömnkvaliteten och indelningen av sömnfaserna samt i sömnens djup och varaktighet.

Buller är en stressfaktor i omgivningen. En kortvarig bullerexponering ökar pulsen, drar samman blodkärlen i huden och i de inre organen, höjer blodtrycket och ökar halten av stresshormoner i blodet. En långvarig bullerexponering kan öka risken för hjärt- och kärlsjukdomar, såsom hypertoni, kranskärlsjukdom och hjärtinfarkt. Man undersöker även sambandet mellan buller och en ökad risk för slaginfarkt. Buller är dock endast en av riskfaktorerna för hjärt- och kärlsjukdomar. På samma områden exponeras man för partiklar och buller från trafiken. De kan ha liknande inverkan på hälsan, men deras samverkan har undersökts endast i liten omfattning.

Buller täcker talljud och gör det svårare att höra tal. Om ljuden täcks ökar även olycksrisken. Omgivningsbuller har visat sig påverka barnens kognitiva funktioner, såsom läsning och minne, vilket kan leda till inlärningssvårigheter. Bullerexponering kan leda till att barnets språkutveckling försenas.

Mycket kraftigt omgivningsbuller kan även påverka den mentala hälsan, såsom ökad ångest och användning av lugnande läkemedel.

Bullerkänslighet beskriver individens sätt att uppleva buller och reagera på det. Den ökar bullrets störande inverkan och sömnsvårigheter samt risken för hjärt- och kärlsjukdomar. I en finländsk undersökning upptäcktes att 38 procent av undersökningsdeltagarna var bullerkänsliga. Förutom bullerkänsliga personer är barn, gravida, äldre, sjuka och konvalescenter samt de som arbetar oregelbundet eller skift särskilt utsatta för hälsoeffekterna av buller.

I Helsingfors genomfördes på vintern 2007–2008 en invånarenkätundersökning, i vilken man frågade om invånarnas upplevelser av buller, bullerbekämpning och tysta områden i Helsingfors (Päivänen & Leppänen 2010). I denna rapport har vi tagit med de resultat som rör bullrets störande inverkan och bullerkänslighet. Störande omgivningsbuller ökar stress och stressrelaterade hälsorisker. Buller från vägtrafiken störde svarsgivarna klart mest oberoende av tiden på dygnet. Näst mest störde buller från byggarbetsplatser och grannar. Buller från grannar nattetid nådde dock nästan samma nivå som störningar från vägtrafiken. Buller från

andra källor störde betydligt mindre. 28 procent av svarsgivarna uppgav sig vara ganska eller mycket bullerkänsliga. 34 procent upplevde att buller från vägtrafiken var störande eller mycket störande på dagen och 23 procent upplevde samma sak på natten. En betydande del upplevde att buller störde sömnen mycket eller väldigt mycket. Nästan hälften av svarsgivarna uppgav att buller störde i den grad att de inte kunde hålla fönstren öppna. Buller störde märkbart även vistelse på balkongen eller gården, avkoppling och vistelse på det närliggande rekreationsområdet. Resultaten från Helsingfors var liknande som resultat från utländska undersökningar.

Summary

Exposure to noise is increasing in Helsinki as traffic increases and the city structure is becoming denser. Machines and equipment also produce noise despite their increasingly stringent noise emission regulations. This report examines both the disturbance of traffic noise in Helsinki and the health impact of noise according to the most recent studies. In Helsinki, traffic is the greatest source of noise and, of all the health risks caused by environmental noise, the effects of traffic noise have been studied the most.

Disturbance is the most common effect of environmental noise. It is a negative, unpleasant and unwanted experience, perception or sensation. Disturbance includes the impact that noise has on activities and behaviour as well as the unpleasantness and annoyance caused by noise. The disturbance of noise increases as the decibel level increases.

Noise is one of the major external factors that disturb sleep. Noise incidents may cause difficulties with falling asleep, interrupt sleep and cause other changes in sleep quality and the depth, duration and cycles of the stages of sleep.

Noise is an environmental stress factor. After short-term noise exposure, the pulse accelerates, blood vessels in the skin and organs contract, blood pressure climbs and stress hormone levels in blood rise. Long-term exposure to noise may increase the risk of cardiovascular diseases such as hypertension, coronary heart disease and myocardial infarction. The connection between noise and the increased risk of strokes is also being studied. However, noise is only one of the risk factors for cardiopulmonary diseases. Exposure to noise and to fine particles from traffic occurs in the same areas. They may have similar health effects, but there has not been much research on their combined effects.

Noise blocks out speech sounds and impedes hearing speech. The blocking of sounds is also an accident hazard. Studies have shown that environmental noise affects children's cognitive functions, such as reading and memory, which may lead to learning difficulties. Noise exposure may cause delays in children's linguistic development.

Extremely loud environmental noise may also have mental health impacts, such as increased anxiety and use of sedatives.

Noise sensitivity describes a person's way of perceiving and reacting to noise. It increases the disturbance caused by noise, problems encountered in sleeping and the risk of cardiopulmonary diseases. A Finnish study found that 38% of the test subjects were noise sensitive. In addition to the noise sensitive, those especially susceptible to the health impact of noise include children, pregnant women, the elderly, the infirm, convalescents and people working in shifts or irregular hours.

In winter 2007–2008, a resident survey was conducted in Helsinki on residents' experiences with noise, noise prevention and silent areas in Helsinki (Päivänen & Leppänen 2010). Results of the disturbance of noise and noise sensitivity were also included in this report. Disturbing environmental noise increases stress and the health risks resulting from stress. Road traffic noise clearly disturbed the re-

spondents the most, regardless of the time of day. The second most disturbing noise was caused by construction sites and neighbours. However, nighttime noise caused by neighbours was felt to be almost as big a disturbance as road traffic. Noise caused by other sources was clearly less disturbing. 28% of the respondents reported being fairly sensitive or very sensitive to noise. 34% felt that road traffic noise was disturbing or very disturbing in the daytime and 23% found it disturbing or very disturbing in the nighttime. A significant proportion of the respondents felt that noise disturbed their sleep greatly or very greatly. Almost half of the respondents reported that noise stopped them from keeping windows open. In addition, noise disturbed spending time on the balcony or in the garden and relaxing or exercising in a nearby outdoor recreation area. The results that were received in Helsinki were similar to results received in studies in other countries.

Käsitteet ja määritelmät

altistuminen

meluallistatus on tilanne, jossa ihminen on meluna pidettävien äänien vaikutuksen kohteena. Laajojen alueiden meluselvityksissä altistuviksi lasketaan useimmiten melualueella asuvat. Altistumista on tässä yhteydessä tarkasteltu pääasiassa asuinalueiden päiväaikaisen (klo 7–22) keskiäänitason ohjearvon 55 dB avulla.

autonominen hermosto

tahdosta riippumaton, sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon jakautuva hermoston osa, joka säätelee mm. sileiden lihassyiden, sydänlihaksen ja rauhasten toimintaa

desibeli, dB

kahden tehoon verrannollisen suhteen kymmenlogaritminen arvo kymmenellä kerrottuna, tehojen P1 ja P2 suhde desibeleinä on $10 \lg(P1/P2)$ (perussuure $\beta = 10 \text{ dB}$)

enimmäistaso, L_{Amax}

mittausaikana vallinnut suurin äänitaso tietyllä aikapainotuksella mitattuna (yleensä F-aikapainotus). Yleensä tarkoitetaan A-painotettua enimmäistaso L_{AFmax} .

häiritsevyys (annoyance)

ärsykkeen (melun) aiheuttama kielteisenä koettu elämyspiirre (pitää sisällään sekä tehtävistä ja toiminnoista suoriutumisen vaikeutumisen että melun aiheuttamat kielteiset elämykselliset kokemukset)

ilmaantuvuus eli insidenssi

uusien sairaustapausten määrä tietyllä aikavälillä tietyssä väestössä

keskiäänitaso, L_{Aeq}

keskiäänitaso on vakiintunut vaihtelevan melun voimakkuuden arviointitavaksi. Vakioäänitaso, jonka akustinen energia tarkasteluaikana on sama kuin tänä aikana esiintyneen vaihtelevan äänen/melun energia, yleensä tarkoitetaan A-painotettua ekvivalenttitasoa L_{Aeq} . Ekvivalenttitasosta käytetään myös nimityksiä jatkuva samanarvoinen äänitaso ja keskiäänitaso.

kognitiiviset toiminnot

tiedolliset toiminnot, ajattelu- ja muistitoiminnot

L_{den}

ympäristömeludirektiivin mukainen päivä-ilta-yömelutaso (vuorokausimelutaso), pitkänajan keskiäänitaso, jossa vuorokausi jaetaan päivä-, ilta- ja yöaikaan, ja kaikille näille määritetään erikseen keskiäänitasot. Ilta- (klo 19–22) ja yöajan (klo 22–07) melun suurempi häiritsevyys otetaan meluindikaattorissa huomioon painottamalla ilta- ja yöajan melua siten, että ilta-ajan meluun lisätään 5 dB ja yöajan meluun 10 dB.

L_n / L_{yö}

ympäristömeludirektiivin mukainen yöajan painottamaton keskiäänitaso, yömelutaso, määritetään pitkän ajan keskiäänitasona, jossa tarkasteluajana on yksi vuosi

melu

ääni, jonka ihminen kokee epämiellyttävänä tai häiritsevänä tai joka on muulla tavoin ihmisen terveydelle vahingollista tai hänen muulle hyvinvoinnilleen haitallista

sairastavuus

sairauden vallitsevuus

sairastuvuus (engl. morbidity)

sairauden ilmaantuvuus

vallitsevuus

tutkittavaa tautia sairastavien osuus tietyllä ajanhetkellä tietyssä väestössä

vaste

elimistön reaktio tai tilan muutos (ääni)ärsykkeelle, vaste voi olla hermo-, lihas- tai muista elinjärjestelmistä peräisin

vastekäyrä

vastefunktion kuvaaja eli graafinen esitys

ympäristömelu

yleisnimitys kaikelle ihmisen asuin- ja elinympäristössä esiintyvälle melulle

ympäristömeludirektiivi

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2002/49/EY) ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta tuli voimaan 18.7.2002. Direktiivi on Suomessa pantu täytäntöön ympäristönsuojelulain muutoksella (459/2004), jossa lakiin lisättiin 25 a ja 25 b §. Valtioneuvoston asetuksella (801/2004) määriteltiin tarkemmin meluselvityksien ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmien sisältö, niissä käytettävät melun tunnusluvut sekä niiden laatimisen aikataulut. Asetukseen sisältyy myös säännökset velvollisuuksista toimittaa tietoja EU:n komissiolle.

äänialtistustaso L_{AE}

tarkasteltavalla aikavälillä vallinnut keskiäänitaso normalisoituna yhteen sekuntiin

1 Johdanto

1.1 Selvityksen tausta

Ympäristömelu on yksi Euroopan suurimmista ympäristöongelmista ja Helsingissä merkittävä elinympäristön laatua heikentävä tekijä. Liikenne on Helsingissä suurin melulähde. Tie- ja katuliikenteen melulle altistuvien asukkaiden määrän Helsingissä on arvioitu kasvavan vuoteen 2020 mennessä noin 27 prosentilla, mikäli uusia meluesteitä tai muita meluntorjuntahankkeita ei toteuteta. Melulle altistuminen on lisääntynyt jatkuvasti, syynä mm. kaupunkirakenteen tiivistäminen, koneiden ja laitteiden yleistymisen ja erityisesti lisääntynyt liikenne. Tekniseen meluntorjuntaan ja rakennetun ympäristön akustiseen suunnitteluun on panostettu vähän, ja niillä on ollut yhdyskuntasuunnittelussa pieni painoarvo ongelman laajuuteen nähden. Vaikka laitteiden, koneiden ja kulkuvälineiden melupäästömääräyksiä on tiukennettu, niiden kasvava määrä ja käyttö ovat johtaneet melun lisääntymiseen.

Melu on jatkuvana altisteena haitallista ihmisen terveydelle ja hyvinvoinnille. Ympäristömelu on merkittävä ympäristöterveydellinen tekijä sen lisäksi, että se heikentää elinympäristön viihtyisyyttä. Toisaalta laadukas akustinen ympäristö asuin- ja virkistysalueilla edistää ihmisten psyykkistä ja fyysistä terveyttä ja hyvinvointia.

Meluhaittojen vähentämisen sekä ihmisten terveyden ja hyvinvoinnin välistä suhdetta voidaan tarkastella kahdesta eri näkökulmasta. Haitat tulee minimoida siten, ettei melu aiheuta kohtuutonta riskiä ihmisten terveydelle. Tähän pyritään mm. ohjearvojen ja alueiden käytön suunnittelun keinoin. Näin halutaan turvata erityisesti se, etteivät asetuksen perusteella annetut melutasot ylity. Näiden minimivaatimusten lisäksi tulisi pyrkiä tarkastelemaan ja parantamaan rakennetun ympäristön akustista laatua, jolloin tavoitteena voidaan pitää terveyden ja hyvinvoinnin edistämistä.

1.2 Melulle altistumisen laajuus

Ympäristömeludirektiivin (2002/49/EY) ensimmäisen vaiheen meluselvitysten perusteella vuonna 2007 arvioitiin, että EU-alueella noin 55 % suurissa yli 250 000 asukkaan kaupungeissa asuvista ihmisistä eli noin 67 miljoonaa ihmistä, altistuu 55 dB ylittävälle tieliikenteen päivä-ilta-yömelulle (L_{den}). Koska liikennemäärien ennustetaan lisääntyvän, myös melulle altistumisen arvioidaan kasvavan (Milieu, TNO & RPA 2010).

Suomessa ympäristömelulle altistuvien määrää on arvioitu viimeksi vuonna 2005. Tuolloin päiväajan yli 55 dB melualueilla arvioitiin asuvan noin 800 000–900 000 suomalaista, mikä on noin 17 % asukasluvusta. Myös Suomessa tieliikenne on selvästi suurin ympäristömelun lähde. Noin 90 % kaikista melualueiden asukkaista altistuu maanteiden ja katujen melulle (Liikonen & Leppänen 2005).

Helsingin kaupungin ensimmäisessä ympäristömeludirektiivin mukaisessa meluselvityksessä vuonna 2007 arvioitiin eri liikennemuotojen melulle altistumista. Tieliikenteen aiheuttamalle yli 55 dB melulle (L_{den}) altistui selvityksen mukaan noin 237 000 asukasta, mikä oli noin 42 % helsinkiläisistä. Vastaavalle raideliikenteen melulle altistui huomattavasti vähemmän ihmisiä, noin 69 800 asukasta. Myös yöaikaan tieliikenteen melu oli merkittävää, sillä noin 29 % asukkaista altistui yli 50 dB melulle (L_n) (Lahti ym. 2007).

Ympäristömeludirektiivin mukaisesti meluselvitys uusittiin keväällä 2012. Tieliikenteen aiheuttamalle yli 55 dB melulle (L_{den}) altistuu nyt 282 060 asukasta eli 48 % helsinkiläisistä. Vastaavalle raideliikenteen melulle altistuu nyt 73 680 asukasta. Altistujamäärien kasvu johtuu osin asukasmäärän kasvusta ja kaupungin tiivistymisestä mutta myös laskenta-asetusten ja mallinnusperiaatteiden tarkentumisesta. Yöaikainen tieliikenteen melu on yhä merkittävää, sille altistuu 31 % helsinkiläisistä (Määttä ym. 2012).

Helsingissä liikennemäärien kasvu tulee jatkossa mitä todennäköisimmin lisäämään asukkaiden altistumista ja altistujien määrää. Lisäksi kaupunkirakenteen tiivistäminen tuo lisää haasteita meluntorjunnalle.

1.3 Valtioneuvoston periaatepäätös ja tavoitteet

Valtioneuvoston periaatepäätös vuodelta 2006 linjaa kansallisesti yleiset meluntorjunnan tavoitteet. Meluntorjunnan päämääränä on terveellinen, viihtyisä ja vähämeluinen elinympäristö. Tavoitteena on melulle altistumisen vähentäminen siten, että vuoteen 2020 mennessä päiväajan keskiäänitason yli 55 dB melualueilla asuvien määrä on vähintään 20 prosenttia pienempi kuin vuonna 2003. Melutason noustessa yli 60 dB melun haitat lisääntyvät selvästi, joten tarkoituksena on, että meluntorjuntatoimet kohdistetaan ensi vaiheessa asuinalueille, joilla melutaso ylittää 65 dB.

1.4 Selvityksen tavoite

Selvityksen tavoitteena on antaa tietoa ympäristömelusta ja sen haitallisista vaikutuksista ihmisten hyvinvointiin ja terveyteen. Tämä ajatus sisältyy myös ympäristömeludirektiiviin (2002/49/EY), jonka tavoitteiden saavuttamiseksi:

- tehdään meluselvitykset ympäristömelulle altistumisesta,
- laaditaan toimintasuunnitelmat ympäristömelun ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi sekä
- varmistetaan, että ympäristömelua ja sen vaikutuksia koskeva tieto julkaistetaan.

Ympäristönsuojelulain mukaisesti Helsinki laati ensimmäisen ympäristömeludirektiivin mukaisen selvityksen melulle altistumisesta vuonna 2007 ja meluntorjunnan toimintasuunnitelman liikenteen meluhaittojen vähentämiseksi vuonna

2008 (Khs 17.11.2008). Uusin meluselvitys valmistui keväällä 2012. Meluntorjunnan toimintasuunnitelma tullaan tarkistamaan ja se valmistuu kevään 2013 aikana. Tämän selvityksen tarkoitus on koota tiivistetysti yhteen nykyinen tieto melun terveysvaikutuksista ja sen häiritsevyydestä Helsingissä.

1.5 Selvityksen rajaus ja sisältö

Selvitys on jaettu kahteen osaan, joista ensimmäisessä esitetään keskeisimmät ympäristömelun terveysvaikutukset. Toisessa osassa kerrotaan ympäristömelun häiritsevyydestä Helsingissä.

Tässä selvityksessä on tarkasteltu pääasiassa tie-, raide- ja lentoliikenteen melun aiheuttamia vaikutuksia terveyteen. Näiden liikennemelulähteiden terveyshaitoista on eniten tutkittua tietoa. Tieliikenteen ilmansaasteille ja melulle altistutaan usein samoilla alueilla, jolloin vaikutusten erottelu on vaikeaa.

Muita ympäristömelulähteitä ovat esimerkiksi vesiliikenne ja moottorikelkat, teollisuuslaitokset, rakentaminen ja kunnossapitotyöt, sekä monet vapaa-ajan toiminnot kuten moottoriurheiluradat, ampumaradat ja ulkoilmatilaisuudet. Asuinympäristössä naapuriasunnoista voi aiheutua häiritseviä ääniä. Asunnoista toisiin kuuluvaa melua nimitetään tässä selvityksessä yksinkertaisuuden vuoksi naapurime-luksi, vaikkei naapureita voikaan suoraan kutsua melulähteiksi. Asuinympäristössä myös tekniset laitteet kuten ilmastointilaitteet, vesikalusteet ja hissit voivat aiheuttaa meluhaittaa. Näiden melulähteiden aiheuttamalle melulle altistuvien ihmisten määrästä ei Helsingissä juurikaan ole koottua tietoa, ja niiden vaikutuksista on kansainvälisestikin vain melko vähän tutkittua tietoa.

1.6 Selvityksen tekijät

FM, ympäristötarkastaja Anu Haahla Helsingin kaupungin ympäristökeskuksesta on kirjoittanut johdannon sekä kappaleen 3.

LT, työterveyshuollon erikoislääkäri Marja Heinonen-Guzejev on kirjoittanut kappaleen 2, johon hän on saanut rahoitusta Työsuojelurahastolta.

Selvityksen kuvat on tehnyt graafikko Seidi Guzejev.

Tekijät esittävät kiitokset FT DI Erkki Kuusistolle (Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos & Itä-Suomen yliopisto) osallistumisesta raportin sisällön suunnitteluun ja kommentointiin.

2 Ympäristömelun vaikutukset terveyteen

2.1 Melun vaikutusten ryhmittely

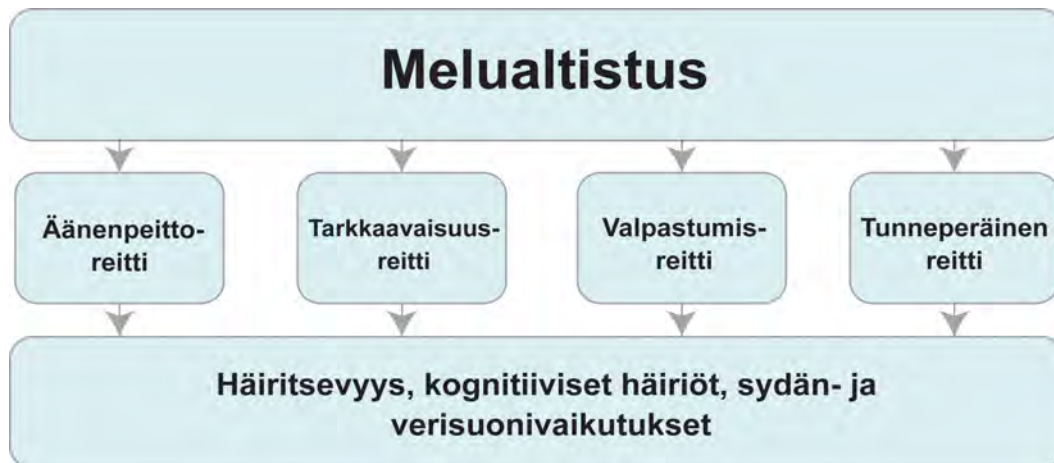
Maailman terveysjärjestö (WHO) on määritellyt terveyden täydelliseksi fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen hyvinvoinnin tilaksi, ei vain sairauden puutteeksi. Melu on yleisin ja yksi tärkeimmistä ympäristötekijöistä, joka voi aiheuttaa terveyshaittoja.

WHO on esittänyt neliportaisen ryhmittelyn ulkoisista ja sisäisistä syistä johtuville sairauksille ja niiden seuraamuksille. Soveltaen tätä samaa ryhmittelyä melun terveysvaikutukset voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- **Sairaus** – kudosisaurio, esimerkiksi melun aiheuttama sisäkorvavaurio.
- **Toiminnallinen häiriö** tai **toiminnan vaurio** – häiriöt elintoiminnoissa, joita voidaan usein todeta fysiologisissa mittauksissa, esimerkiksi melun aiheuttama heräämisten määrä unen aikana, melun vaikutukset kognitiivisiin toimintoihin, kuten muistiin ja oppimiseen, melun puheviestintää heikentävät vaikutukset tai melun vaikutukset sydämeen ja verenkiertoelimeihin.
- **Toiminnanvaja** päivittäisessä toiminnassa tai tehtävissä – esimerkiksi melun aiheuttamasta unen häiriöstä johtuva väsymys, mielialan lasku tai keskittymisvaikeudet.
- **Haitta** – esimerkiksi suoritus- ja työkyvyn heikkeneminen, oppimis- ja koulutusmahdollisuuksien heikentyminen, ansio- ja elintason lasku, ihmissuhteiden ja sosiaalisen kanssakäymisen vaikeutuminen, asuin- ja muiden elinolosuhteiden sekä elämänlaadun huononeminen, syrjäytyminen, sairastumis- tai tapaturmariskin kasvu, jotka liittyvät melun pitkäaikaisvaikutuksiin (WHO 1980; Jauhiainen ym. 2007).

2.2 Melun vaikutusreitit

Melu on ympäristön stressitekijä, jonka kaikkia vaikutustapoja ei vielä tarkkaan tunneta. Ensireaktiona meluun voi liittyä lyhytaikaisia stressivasteita ja krooninen stressi voi myötävaikuttaa melun pitkäaikaisvaikutusten syntyyn. Kuvassa 1 on esitetty karkea arvio mahdollisista reiteistä, joiden kautta ympäristömelulle altistuminen voi aiheuttaa meluhaittoja, kuten häiritsevyyttä, kognitiivisia häiriöitä ja sydän- ja verisuonivaikutuksia. Jokaisen reitin kautta ilmenevä vaikutus voi esiintyä yksin, mutta eri vaikutukset voivat myös liittyä toisiinsa. Esimerkiksi lentokoneen ylilennon melusta aiheutuva keskustelun keskeytyminen (äänenpeittoreitti) voi aiheuttaa myös suuttumusta (tunneperäinen reitti) (Miedema 2007).



Kuva 1. Neljä meluallistuksen vaikutusreittiä (primaarit vaikutukset) (Miedema 2007).

1. Äänenpeittoreitti

Puheäänen tasoon nähden riittävän voimakkaalla äänellä on peittovaikutus puheääneen, mikä vaikuttaa mm. puheen kuulemiseen ja ymmärtämiseen vaikeuttaen kielellistä viestintää. Melu voi peittää alleen myös hälytys- ja varoitusääniä, mistä voi aiheutua vaaratilanteita. Luonnonääniä peittyminen melun alle koetaan usein epämiellyttäväksi. Puheäänen korottaminen melussa johtaa sananerotuskyvyn huononemiseen ja se rasittaa myös äänihuulia. Ympäristömelun aiheuttamalla puheen peittovaikutuksella voi olla yksilövaikutusten lisäksi myös yhteiskunnallisia vaikutuksia. Ihmiset saattavat välttää keskustelua meluisassa ympäristössä, koska siinä keskustelusta tulee liian epämiellyttävää tai jopa mahdotonta, tai he saattavat rajoittaa keskustelun yksinkertaisiin viesteihin (Miedema 2007).

2. Tarkkaavaisuusreitti

Melulla voi olla haitallinen vaikutus tarkkaavaisuutta vaativissa toiminnoissa, sillä se vetää puoleensa rajallisia tarkkaavaisuusresursseja. Tarkkaavaisuuden ylläpitäminen voi heikentyä melussa. Melun vaikutukset ovat ilmeisesti haitallisimmillaan tehtävissä, jotka vaativat tiedon säilyttämistä niin sanotussa työmuistissa, joka hoitaa tiedon väliaikaista varastointia ja käsittelyä. Esimerkkinä tällaisesta tehtävästä on tekstin lukeminen. Työsuorituksen aikana ajoittain esiintyvän melun on tutkimuksissa todettu vaikuttavan myös sydämen ja verenkiertoelimistön toimintaan (Carter & Beh 1989; Miedema 2007).

3. Valpastumisreitti

Valpastumisreittein kautta välittyvät erityisesti vaikutukset uneen. Valpastumisvas- teen takia melu voi estää nukahtamisen, vaikuttaa unen laatuun tai herättää. Mitä

voimakkaampaa on valpastuminen, sitä pienempi on nukahtamisen tai unen jatkumisen todennäköisyys. Melun vaikutukset uneen joko sellaisenaan tai yhdessä muiden tekijöiden kanssa voivat heikentää hyvinvointia ja aiheuttaa myös muita heikentyneeseen unen laatuun liittyviä haittoja. Melun ja sen aiheuttamien välitömiä univaikutusten, kuten kehon liikkeiden ja heräämisten, sekä pidempiaikaisten vaikutusten, kuten itse raportoitujen unihäiriöiden, välisestä annosvastesuhteesta on riittävästi näyttöä. Melun vaikutuksilla uneen on matala kynnyssarvo ja annos-vastesuhde kasvaa monotonisesti. On riittävästi näyttöä siitä, että ympäristömelulle altistumisella on laaja-alaisia vaikutuksia uneen, jotka yksin tai yhdessä muiden tekijöiden kanssa voivat heikentää ihmisten hyvinvointia, ja joilla voi olla myös muita huonoon unen laatuun liittyviä vaikutuksia (Miedema 2007).

4. Tunneperäinen reitti (pelko tai suuttumus)

Monet äänet ovat kuulijalle neutraaleja, eikä niihin liity tunneperäistä sivumerkitystä. Neutraalit äänet havaitaan niin, etteivät ne aiheuta tunnereaktioita, eikä niihin liity käytösvastetta. Melu taas voi aiheuttaa turhautumista kielellisessä viestinnässä, haitata keskittymistä tai unta, mikä voi johtaa ärsyyntymiseen ja aiheuttaa suuttumisreaktioita. Näihin reaktioihin voivat vaikuttaa myös persoonallisuus- ja tilannetekijät sekä selviytymiskeinot. Melu voi aiheuttaa myös pelkoreaktioita tai huolestumista, jos se liittyy vaaraan tai jos se koetaan uhkaavaksi. Esimerkiksi huomattava osa lentoasemien läheisyydessä asuvasta väestöstä on huolissaan lento-onnettomuuden mahdollisuudesta ja liittyy pelkonsa lentomeluun. Myös yksilön meluherkkyys voi vaikuttaa pelkoreaktioihin (Miedema & Vos 2003; Miedema 2007)

2.3 Melu ympäristön stressitekijänä

Melun vaikutukset elimistöön välittyvät korvasta ja keskushermoston kuuloradoista lukuisten yhteyksien kautta autonomisiin, motorisiin ja kognitiivisiin keskuksiin, jotka ohjaavat elintoimintoja. Melu on ympäristön stressitekijä. Siitä tulee stressitekijä silloin, kun yksilöllä ei ole keinoja sen torjumiseksi. Stressireaktioon kuuluu herkistyminen kyseiselle ärsykkeelle, jolloin ns. valpastumisvaste ei totu ja huomio kiinnittyy ärsykkeeseen.

Keho reagoi akuuttiin stressiin käynnistämällä monimutkaisen sarjan fysiologisia muutoksia. Melun aiheuttaman stressin vaikutus välittyy elimistössä pääasiassa kahden fysiologisen mekanismin kautta. Äkillinen melualtistus aktivoi autonomisen hermoston sympaattista osaa ja lisämunuaisen ydintä eli sympatiko-adrenomedullaarista (SAM) -akselia. Melualtistuksen jatkuessa aktivoituu hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaiskuori (HPA) -akseli (Babisch 2002). SAM- ja HPA-akselit kulkevat kehossa eri reittejä ja niiden kautta erittyvät eri hormonit. Äkillisessä stressitilanteessa erittyy SAM-akselin kautta katekolamiineja eli adrenaliinia ja

noradrenaliinia. Pitkittyneessä stressitilanteessa erittyy HPA -akselin kautta glukokortikoidi kortisolia.

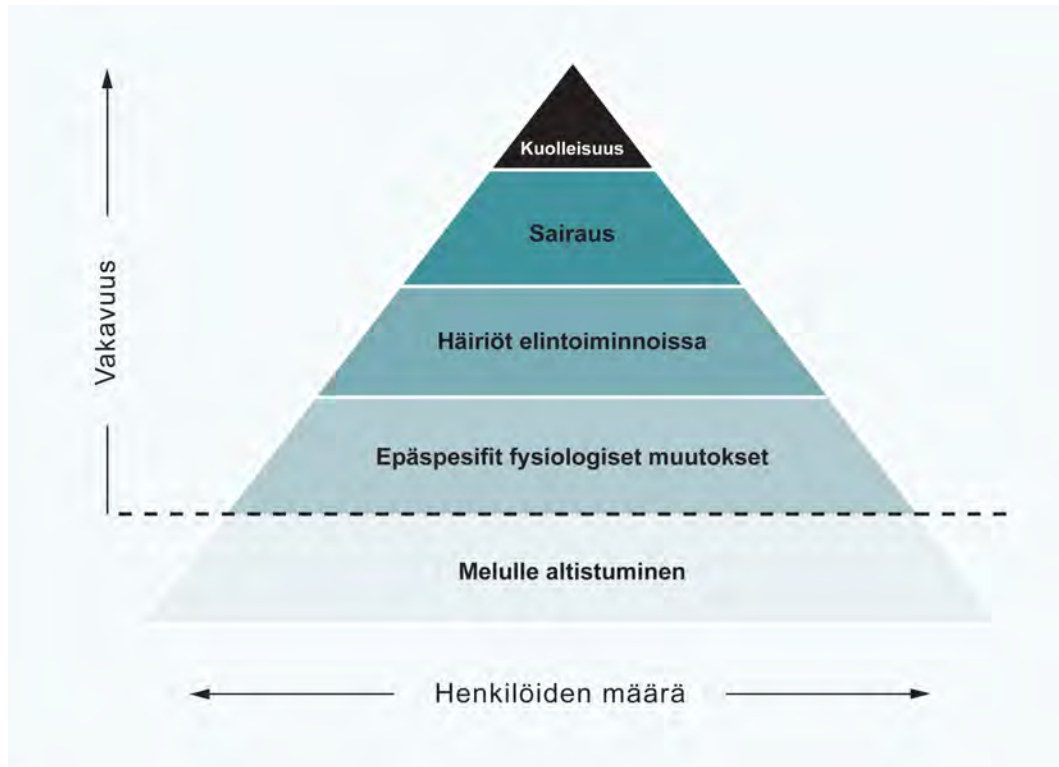
Melualtistuksen seurauksena on syketaajuuden kasvu, ihon ja sisäelinten verisuonten supistuminen, verenpaineen nousu sekä stressihormonien pitoisuuden lisääntyminen veressä (Kuva 2). Autonomisen hermoston välittämät reaktiot stressitilanteessa alkavat lyhyellä viiveellä ja palautuvat minuuteissa. Jos stressi jatkuu pidempään, aktivoituvat hitaammin reagoivat ja hitaammin palautuvat hormonaaliset säätelyjärjestelmät.



Kuva 2. Melun aiheuttaman stressin vaikutusten välittyminen elimistössä.

Kuvassa 3 on esitetty ns. vaikutuspyramidi ympäristömelulle altistumisen vaikutusten vakavuudesta terveyteen. Ympäristömelulla on monia vaikutuksia. Ne ulottuvat hyvin lievistä vaikutuksista aina pysyvään sairastumiseen ja jopa kuolemaan. Vaaka-akseli kuvaa henkilöiden määrää ja pystyakseli kuvaa meluvaikutusten vakavuutta. Ympäristömelulle altistuu suuri osa väestöstä. Kuitenkin vain pienelle osalle altistuneista kehittyy melun aiheuttamien epäspesifisten fysiologisten muutosten ja elintoiminnoissa tapahtuvien häiriöiden seurauksena jokin vakava sairaus, kuten verenpaine- tai sepelvaltimotauti. Näillä sairauksilla on toki

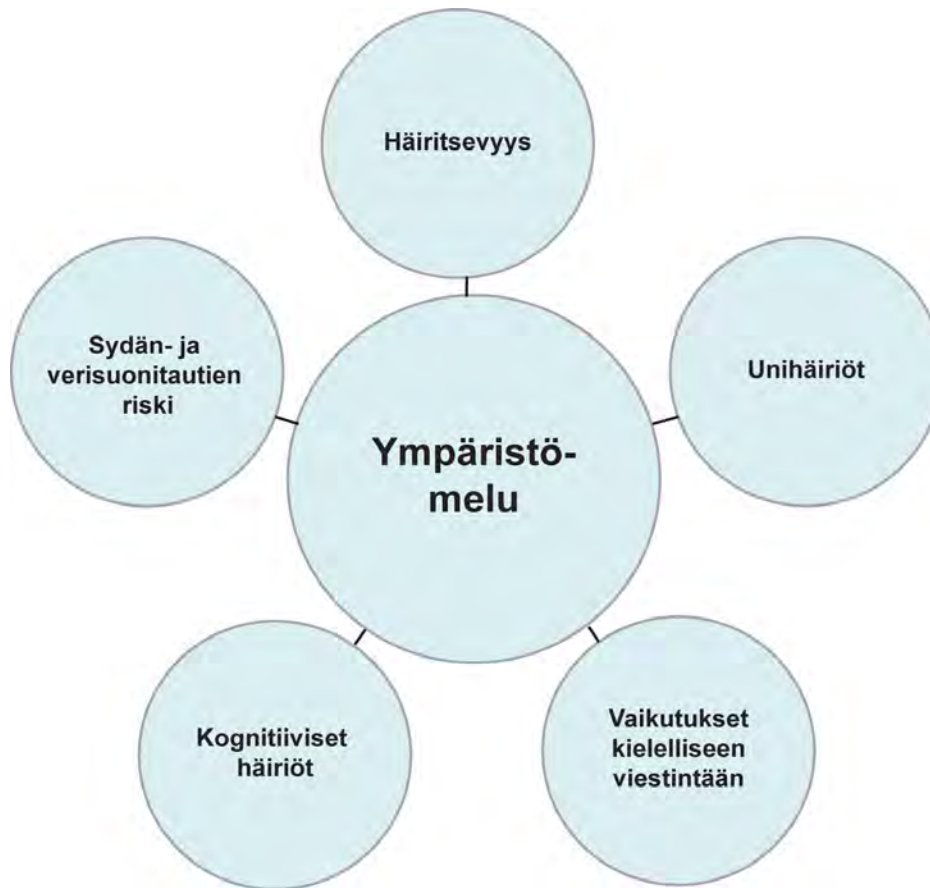
melualtistuksen lisäksi useita muita riskitekijöitä. Osa sepelvaltimotautiin sairastuneista voi saada infarktin, joka voi johtaa kuolemaan. Melualtistuksen aiheuttama kuolleisuus on tässä kuviossa ikään kuin jäävuoren huippu.



Kuva 3. Kaavio ympäristömelun vaikutusten vakavuudesta terveyteen ns. vaikutuspyramidi (WHO 1972/Babisch 2002, 2006a).

2.4 Ympäristömelun keskeisimmät vaikutukset

Ympäristömelun vaikutuksia tarkastellaan tässä lähinnä liikennemelun osalta. Liikenteen melun altistusasteet ovat selvästi työpaikkamelua matalammat ja tämän takia liikennemelu ei työpaikkamelun tavoin aiheuta yleensä kuulovaurioita. Kuvioon 4. on koottu ympäristömelun keskeisimmät vaikutukset. Häiritsevyys on yleisin ympäristömelun vaikutus. Toiseksi yleisin haittavaikutus ovat unihäiriöt. Melu vaikuttaa kielelliseen viestintään vaikeuttamalla puheen kuulemista ja tuottamista. Melun on myös todettu vaikuttavan kognitiivisiin toimintoihin, varsinkin oppimiseen ja muistiin. Pitkäaikainen melualtistus on sydän- ja verisuonitautien kuten verenpainetaudin ja sepelvaltimotaudin riskitekijä.



Kuva 4. Ympäristömelun keskeisimmät vaikutukset.

Taulukko 1. Ne ympäristömelun terveys- ja hyvinvointivaikutukset, joista tutkimusnäytön vahvuus on riittävä (EEA 2010).

Vaikutus	Vaikutusryhmä	Mittasuure*	Kynnystaso**
Häiritsevyys	Psykososiaalinen, hyvinvointi, elämänlaatu	L_{den}	42 dB
Oppiminen, muisti	Kognitiiviset toiminnot, suorituskyky	L_{eq}	50 dB
Vaikutukset uneen Itse raportoitu unihäiriö	Fyysinen terveys, suorituskyky, elämänlaatu	L_n	42 dB
Polysomnografiassa todetut	Heräämiset, kehon liikkeet, unen laatu	$L_{max, sisällä}$	32 dB
Raportoidut heräämiset	Uni	$SEL_{sisällä}$	53 dB
Raportoitu terveys	Hyvinvointi, kliininen terveys	L_{den}	50 dB
Stressihormonit	Stressimittari	L_{max}	Ei määritelty
Kohonnut verenpaine	Fysiologia	L_{eq} L_{den}	50 dB

* L_{den} ja L_n on määritelty ulkona esiintyvänä äänitasoina. L_{max} voi olla mitattu joko ulkona tai sisällä.

** Taso, jonka yläpuolella vaikutus alkaa ilmetä tai ilmenee tavanomaista useammin.

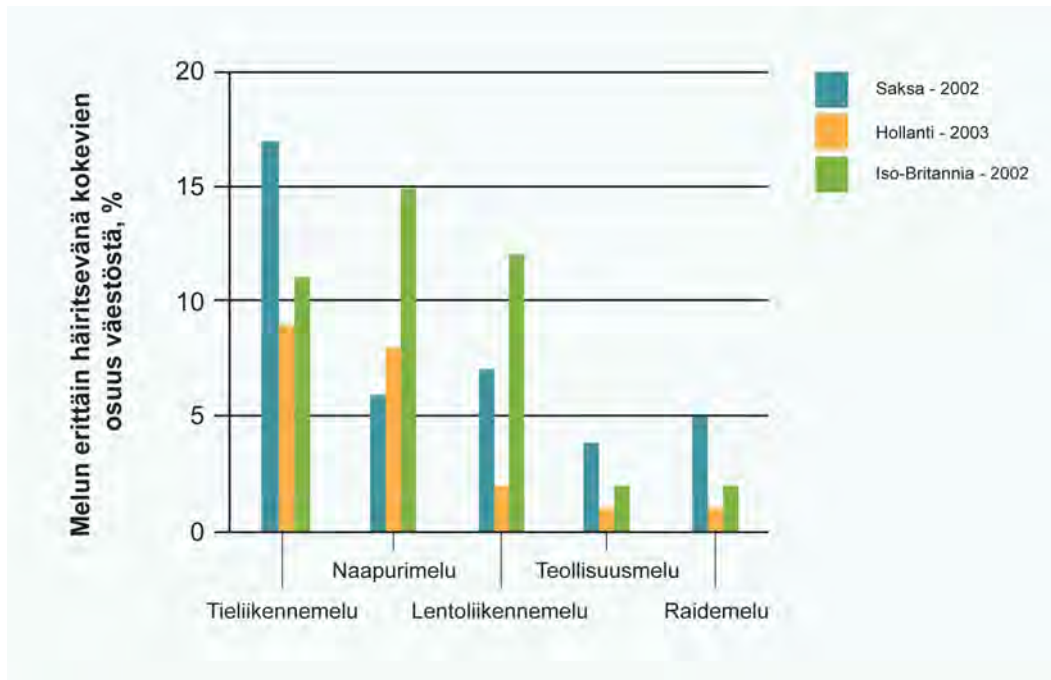
2.4.1 Häiritsevyys

Kun terveys määritellään WHO:n mukaisesti täydelliseksi fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen hyvinvoinnin tilaksi, myös melun aiheuttamaa häiritsevyyttä voidaan pitää terveyshaittana. Melun häiritsevyydestä kärsii huomattava osa väestöstä. On arvioitu, että Länsi-Euroopassa noin kolmannes väestöstä kokee päiväaikaan liikenteen melun häiritsevänä (WHO 2011).

Häiritsevyys on subjektiivinen, havainnon kaltainen, kielteinen, epämiellyttävä tai ei-toivottu kokemus tai tuntemus. Melun häiritsevyyteen sisältyvät sekä melun vaikutukset toimintaan ja käyttäytymiseen että melun aiheuttama epämiellyttävyyttä ja hermostuminen (Guski ym.1999). Häiritsevyys on selvästi riippuvainen äänitasosta eli se lisääntyy äänitason kasvaessa. Kuitenkin vain 33 % koetusta melun häiritsevyydestä selittyy melun akustisilla ominaisuuksilla (NOPHER 2003). Yksilölliset erot melun häiritseväksi kokemisessa ovat suuria. Yksilön meluherkkyys lisää hänen kokemaansa melun häiritsevyyttä (Stansfeld 1992). Eikä akustisilla tekijöillä, kuten iällä, taloudellisella riippuvuudella melulähteestä sekä melulähteeseen liittyvillä peloilla, on myös merkittävä vaikutus häiritsevyyteen (Miedema & Vos 1999).

Koettu häiritsevyys voi lisätä melun haitallisia vaikutuksia uneen, suorituskykyyn ja kielelliseen viestintään. Häiritsevyys voi myös lisätä stressiä ja siitä seuraavia haitallisia terveysvaikutuksia. Melun häiritsevyyden on todettu liittyvän verenpainetautiin (Belojevic & Saric-Tanaskovic 2002) ja sepelvaltimotautiin (Babisch ym. 2003). Sekä miehiin että naisiin kohdistuneessa ruotsalaistutkimuksessa lentomelun todettiin lisäävän 42 %:lla kohonneen verenpaineen riskiä niillä, jotka kokivat lentomelun häiritseväksi (Eriksson ym. 2010). Kahdeksan melututkimuksen meta-analyysissä todettiin, että lisääntynyt melun häiritsevyys liittyi merkittävästi kohonneeseen verenpaineeseen, jonka riskiä se lisäsi 16 %. Häiritsevyys lisäsi myös sepelvaltimotaudin riskiä 7 %, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevää (Ndrepepa & Twardella 2011).

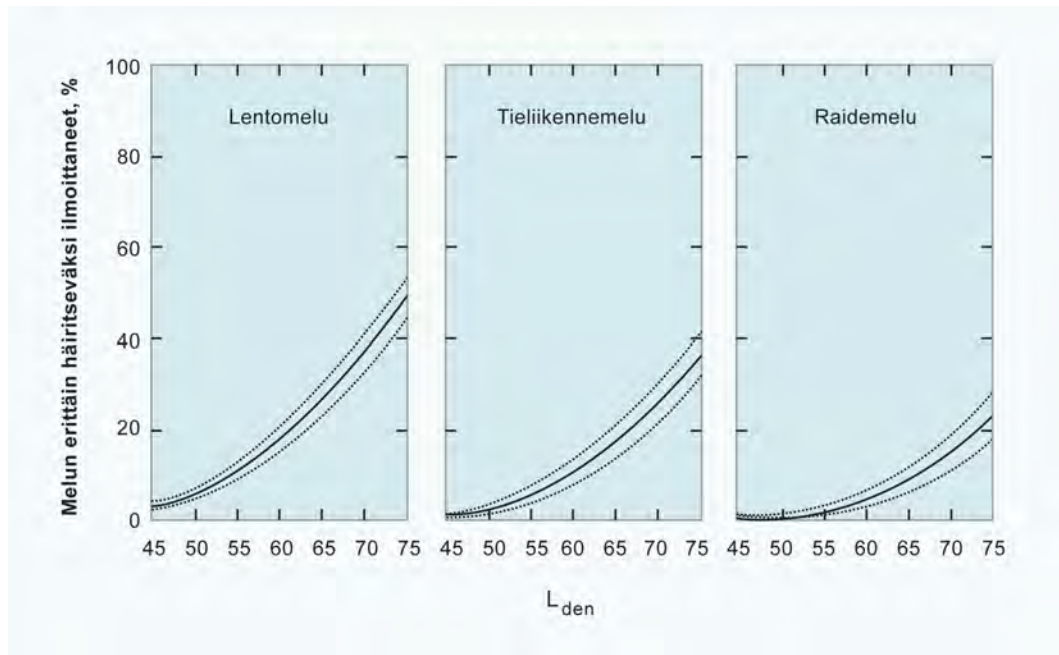
Väestötasolla ympäristömelun häiritsevyyttä voidaan selvittää kyselytutkimuksin. Kuvassa 5 on esitetty kyselytutkimuksilla selvitettyt eri melulähteiden melun erittäin häiritseväksi kokevien prosenttiosuudet kolmessa eri maassa.



Kuva 5. Melun erittäin häiritseväksi kokevien prosenttiosuudet Saksassa, Hollannissa ja Iso-Britanniassa. Tulokset perustuvat kyselytutkimuksiin (European Commission 2005).

Lukuisten kyselytutkimusten pohjalta on kehitetty vastefunktioita tie-, raide- ja lentomeluallistuksen ja häiritsevyyden välille. Laajin ja kattavin niistä on Miedeman & Oudshoornin vuonna 2001 julkaisema meta-analyysiin perustuva koostevaste (Kuva 6), jota suositellaan käytettäväksi myös mm. EU:n meluvaikutuksia selvittäneen työryhmän kannanotossa (European Commission 2002).

Samalla keskiäänitasolla eri melulähteiden aiheuttamassa häiritsevyydessä on todettu eroja (Kuva 6). Lentomelu koetaan häiritsevämmäksi kuin tieliikennemelu. Tieliikennemelu taas koetaan häiritsevämmäksi kuin raideliikennemelu. Kun äänitaso on alle 40–45 dB, melun erittäin häiritseväksi ilmoittaneita henkilöitä ei ole lainkaan. Päivä-ilta-yöaikaisen melun äänitason (L_{den}) kasvaessa lento-, tie- ja raidemelun erittäin häiritseväksi kokevien prosenttiosuus kasvaa (Kuva 6).



Kuva 6. Lento-, tie- ja raideliikennemelun erittäin häiritseväksi kokevien prosenttiosuus päivä-ilta-yömelutason (L_{den}) funktiona. Katkoviivalla on esitetty 95 % luottamusväli. L_{den} on voimakkaimman melun kohteena olevaan ulkoseinään kohdistuva melutaso (European Commission 2002).

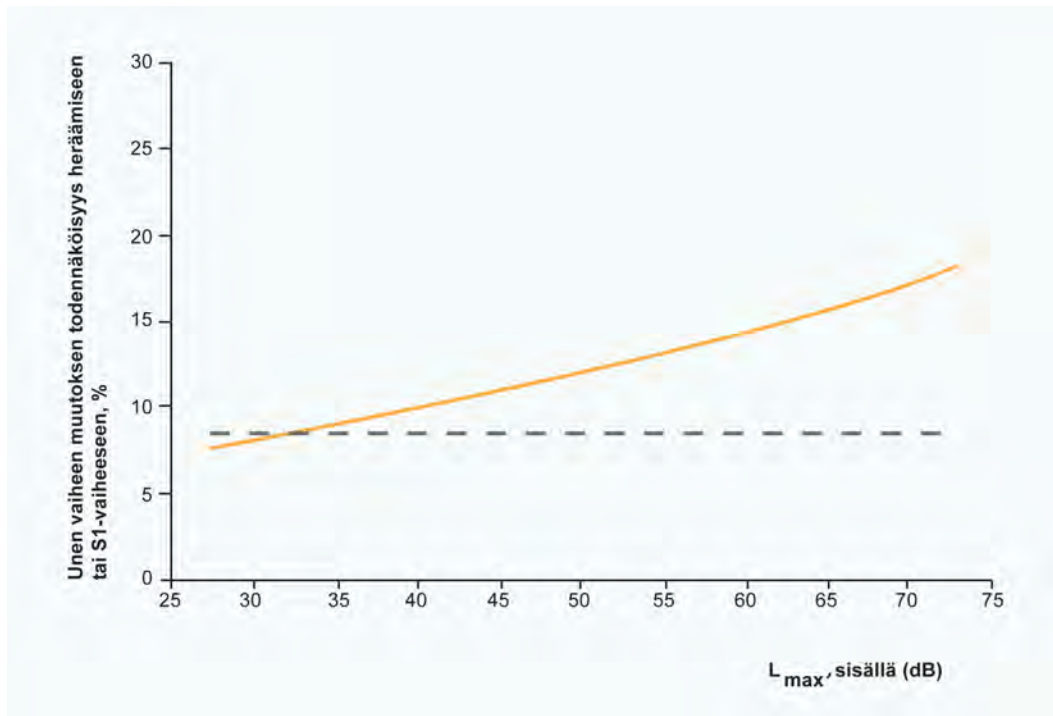
2.4.2 Vaikutukset uneen

Melun vaikutuksia uneen voidaan tutkia laboratoriossa tai kotona käyttäen unirekisteröintiin tarvittavaa laitteistoa (esim. polysomnografia) tai sitä voidaan selvittää kyselyillä. Polysomnografialla voidaan seurata nukkumisen aikana tapahtuvaa elimistön toimintaa. Unen aikana voidaan monitoroida mm. aivosähkökäyrää (EEG), silmien liikkeitä, parentalihasten supistelua, sydänkäyrää (EKG), hengitystaajuutta ja voimaa, hengitysteiden ilmavirtausta, veren happiosapainetta, kehon asentoa ja raajojen liikkeitä. Kyselyillä taas voidaan selvittää koettuja melun aiheuttamia unihäiriöitä, niiden aiheuttamaa välitöntä tai pitkäaikaista haittaa sekä yksilön käyttämiä torjuntatoimia, kuten ikkunoiden sulkemista.

Melulla voi olla seuraavia välittömiä vaikutuksia uneen. Melu voi vaikeuttaa nukahtamista, vaikuttaa unen laatuun, lisätä kehon liikkeitä (Ouis 1999) ja aiheuttaa lisäksi unen aikana erilaisia fysiologisia tapahtumia, kuten sydämen sykkeen ja hengitystiheyden muutoksia sekä stressihormonien erityksen lisääntymistä (Ising & Kruppa 2004). Välittömiin vaikutuksiin kuuluvat myös melusta aiheutuvat heräämiset ja unen vaiheen muutokset. Heräämiset vaikuttavat normaaliin uni-valvetyymiin ja ne vaarantavat unen aikana tapahtuvan fyysisen ja psyykkisen palautumisen. Äänitason ja heräämisten sekä kehon liikkeiden välillä on osoitettu selvä annos-vastesuhde (EEA 2010, WHO 2009).

Aivosähkötoimintaa analysoimalla voidaan unen laatua ja syvyyttä ryhmitellä eri vaiheisiin: torke (S1), kevyt uni (S2), syvä uni (S3 ja S4) sekä vilkeuni eli REM

(rapid eye movements). Uni alkaa torkeunella ja syvenee kevyen unen kautta syvään uneen. Keho alkaa unen aikana reagoida ääniin jo enimmäisäänitason ollessa 33 dB (L_{\max} sisällä) (EEA 2010). Äänitason kasvaessa unen vaiheen muutoksen todennäköisyys kasvaa. Kuvassa 7. on esitetty unen vaiheen muutoksen todennäköisyys heräämiseen tai torkeuneen eli S1-vaiheeseen äänitasosta riippuen. Äänitason kasvaessa heräämisen tai unen vaiheen kevenemisen todennäköisyys kasvaa kuvan osoittamalla tavalla. Normaalin häiriöttömänkin kahdeksan tunnin yöunen aikana tapahtuu noin 24 heräämistä.



katkoviiva = spontaanin heräämisen todennäköisyys ilman melua

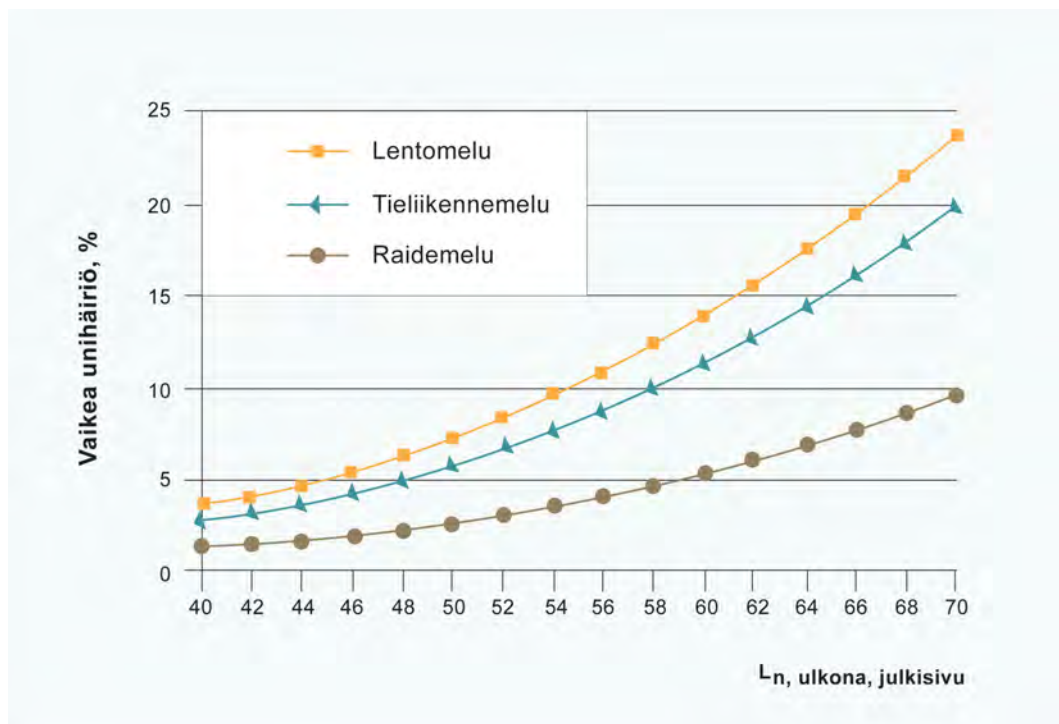
Kuva 7. Unen vaiheen muutoksen todennäköisyys heräämiseen tai S1-vaiheeseen riippuen äänitasosta (Basner ym. 2006/ EEA 2010).

Melun välillisiä univaikutuksia ovat häiritsevyys, uneliaisuus sekä unen laadun, hyvinvoinnin, päiväaikaisen suorituskyvyn ja kognitiivisten toimintojen heikkeneminen. Pitkään jatkuessaan osa niistä voi stressin kautta myötävaikuttaa muiden syytekijöiden ohella kroonisten sairauksien, kuten sydän- ja verisuonitautien, ilmaantumiseen (WHO 2011; Marks & Griefahn 2007; Muzet 2007).

Väestötutkimuksissa ja eläinkokeissa on saatu viitteitä siitä, että yöaikainen meluallistutus saattaa liittyä päiväaikaista altistusta voimakkaammin sydän- ja verisuonitauteihin. Tutkimusnäyttö on kuitenkin toistaiseksi katsottu riittäväksi vain päiväaikaisen melun vaikutuksesta lisääntyneeseen infarktiriskiin. Tämä johtunee siitä, että L_n on uusi meluindikaattori ja tästä johtuen vain viimeaikaisissa tutki-

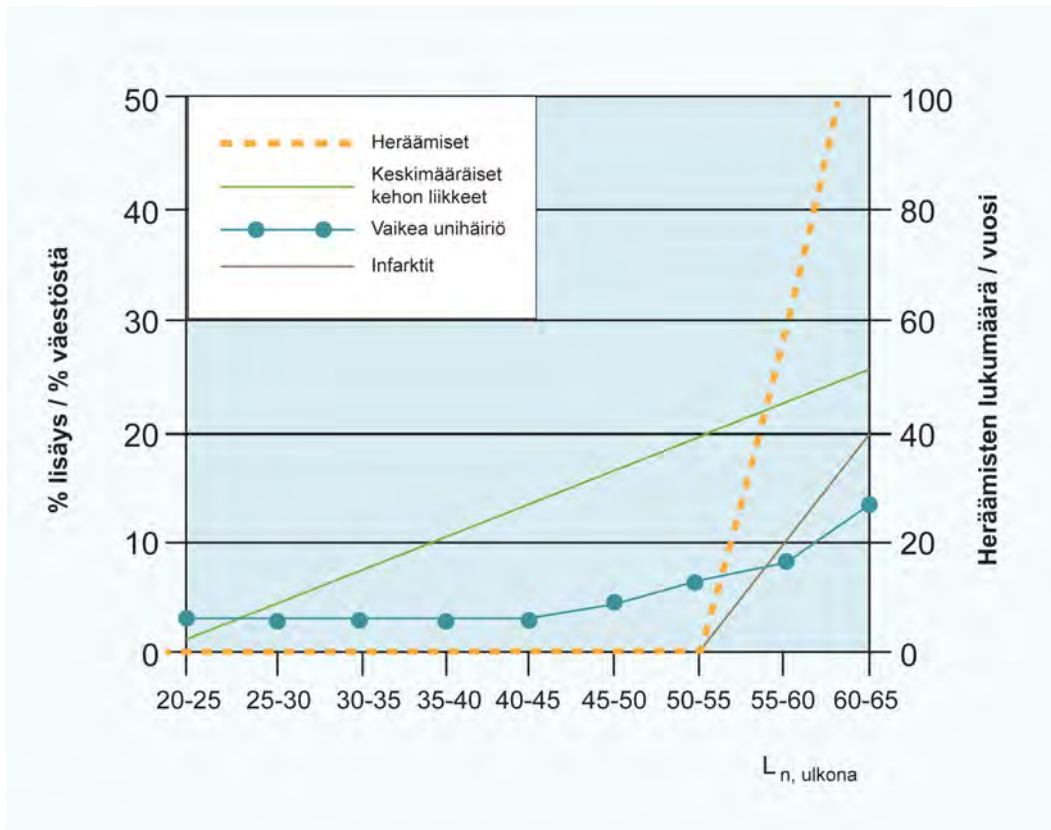
muksissa on selvitetty yöaikaisen melun yhteyttä sydän- ja verisuonitauteihin (WHO 2009).

Melun vaikutuksia unen laatuun voidaan selvittää kyselytutkimuksin. Itse raportoidut (krooniset) unihäiriöt luokitellaan kuuluviksi melun pitkäaikaisvaikutuksiin (WHO 2011). Kuva 8. edustaa tämänhetkistä parasta arviota yöaikaisen tie-, lento- ja raidemelun vaikutuksista itse raportoituun unihäiriöihin. Mitä voimakkaampaa liikennemelua on, sitä suurempi on vaikeasta unihäiriöstä kärsivien osuus. Eri liikennemuotojen melu vaikuttaa eri tavoin unihäiriöistä kärsivien määrään. Samalla äänitasolla lentomelu aiheuttaa eniten unihäiriöitä, seuraavaksi eniten niitä aiheuttaa tieliikennemelua ja vähiten raidemelua. EU-komission työryhmän (EC 2004) ja myös WHO:n (2011) suosittelemat koostevastefunktiot (Miedema 2003; Miedema ym. 2003) perustuvat laajaan 12 kyselytutkimuksella saatuun aineistoon.



Kuva 8. Vaikeasta unihäiriöstä kärsivien osuuden riippuvuus lento-, tie- ja rautatieliikenteen melutasosta (L_n) (European Commission 2004).

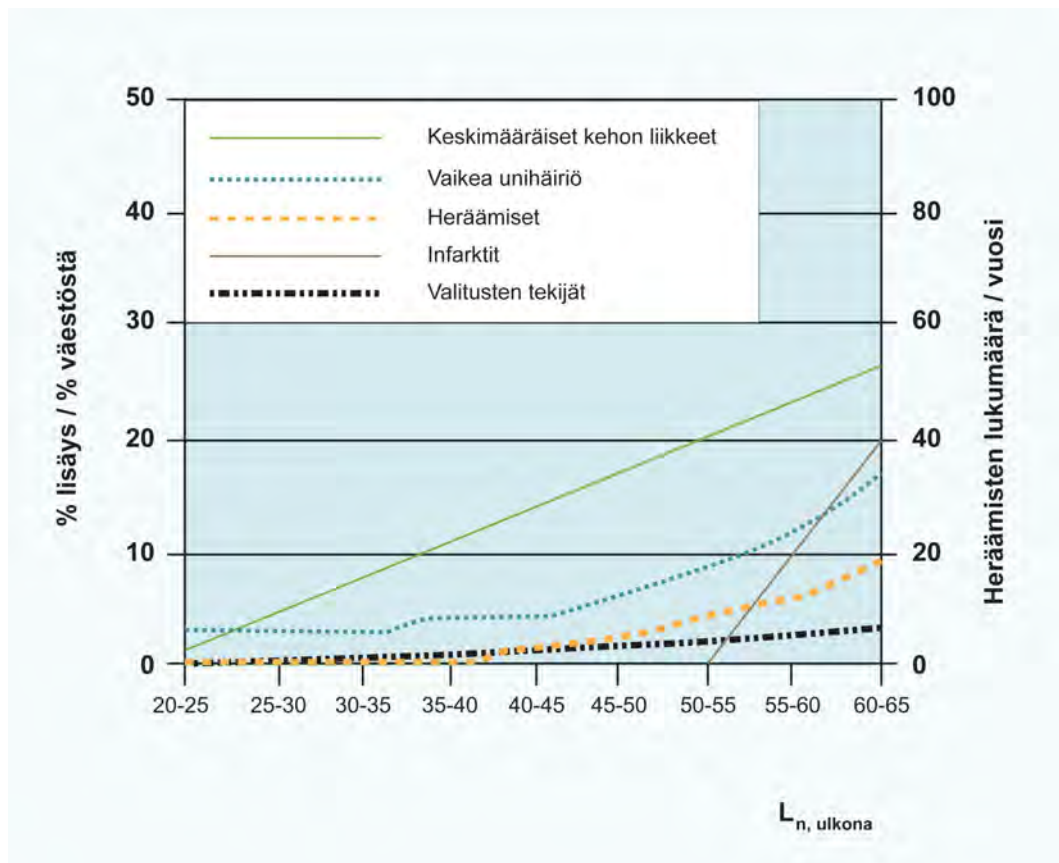
Tieliikennemelulle on yleensä tyypillistä, että yksittäisen melutapahtuman äänitaso on melko alhainen, mutta melutapahtumia on paljon. Kuvassa 9. on esitetty, miten melun eri vaikutukset lisääntyvät äänitason (L_n), kasvaessa tyypillisessä tieliikennemelutilanteessa (WHO 2009).



Kuva 9. Yöaikaisen tieliikennemelun vaikutukset* (WHO 2009).

* Keskimääräiset kehon liikkeet ja infarktit on ilmaistu prosenttiosuuden lisäyksenä lähtötasoon verrattuna, vaikeasta unihäiriöstä kärsivien määrä on esitetty prosenttiosuutena väestöstä ja heräämiset on esitetty ylimääräisten heräämisten lukumääränä vuodessa.

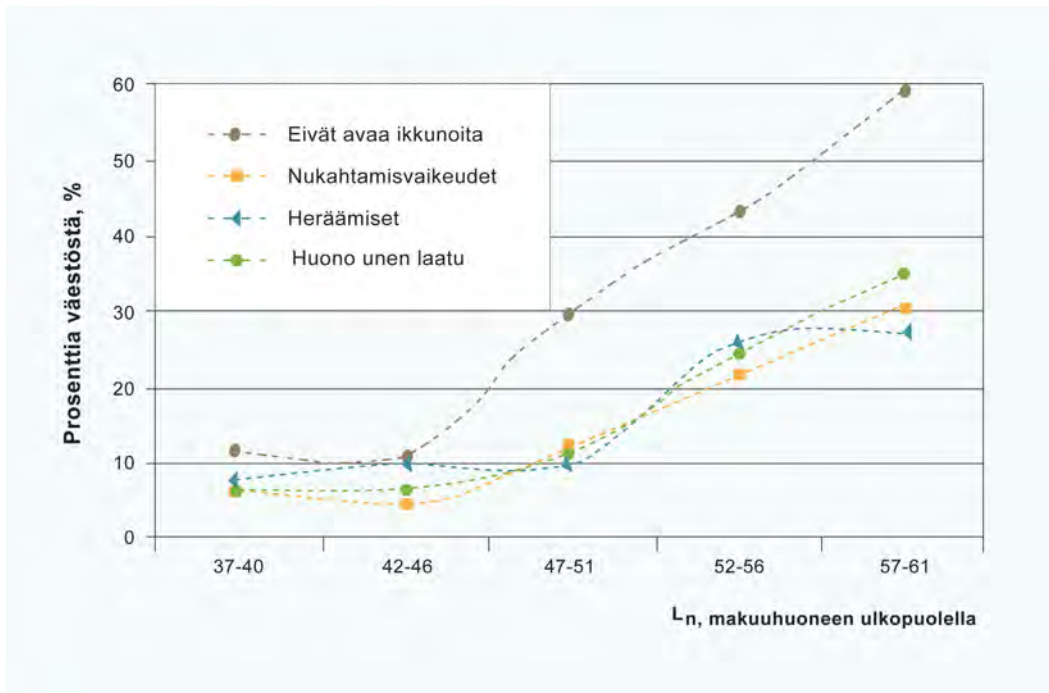
Lentoliikenteelle puolestaan on tyypillistä, että yksittäisen melutapahtuman äänitaso on voimakas, mutta melutapahtumia on yön aikana huomattavasti vähemmän kuin tieliikenteessä. Kuvassa 10 on esitetty yöaikaisen lentomelun eri vaikutusten lisääntyminen äänitason (L_n) kasvaessa. Koska melutapahtumia on vähemmän kuin tieliikenteessä, myös heräämisiä on vähemmän. Muilta osin terveysvaikutuksia on yhtä paljon tai jopa enemmän kuin tieliikennemelulla (WHO 2009).



Kuva 10. Yöaikaisen lentomelun vaikutukset* (WHO 2009).

* Keskimääräiset kehon liikkeet ja infarktit on ilmaistu prosenttiosuuden lisäyksenä lähtötasoon verrattuna, vaikeasta unihäiriöstä kärsivien määrä on esitetty prosenttiosuutena väestöstä, valitusten tekijöiden määrä prosenttiosuutena seudun väestöstä ja heräämiset on esitetty ylimääräisten heräämisten lukumääränä vuodessa.

Laajassa ruotsalaistutkimuksessa on selvitetty makuuhuoneen ikkunan ulkopuolella esiintyvän yöaikaisen tieliikenteen äänitason (L_n) ja huonoksi koetun unen laadun, heräämisten ja nukahtamisvaikeuksien sekä ikkunoiden auki pitämisen välistä yhteyttä (Kuva 11). Eri unihäiriöitä kokevien osuus kasvoi melko samankaltaisesti äänitason noustessa. Alhaisilla äänitasoilla hieman alle 10 % ihmisistä raportoi erilaisia unihäiriöitä ja voimakkaimmilla äänitasoilla noin 30 % raportoi niitä. Vaikutukset uneen alkoivat selvästi lisääntyä äänitason noustessa yli 46 dB. Ikkunan pitämistä auki tieliikenne häiritsi jo alhaisemmilla äänitasoilla. Ikkunoiden sulkemisen aiheuttaman ilmanvaihdon huononemisen raportoitiin myös lisäävän unihäiriöitä (Öhrström ym. 2006).



Kuva 11. Yöaikaisen tieliikennemelun vaikutukset sisätiloissa suhteessa äänitasoon (L_n , makuuhuoneen ikkunan ulkopuolella) (Öhrström ym. 2006).

WHO (2009) on koontanut yhteen tiedot niistä yöaikaisen melun vaikutuksista, joista tutkimusnäytön vahvuus on riittävä (Taulukko 2). Kullekin vaikutukselle on pyritty esittämään kynnystaso. Vaikutus alkaa esiintyä kynnystasoa voimakkaammilla äänitasoilla. Riittävällä tutkimusnäytöllä tarkoitetaan sitä, että yöaikaisen meluallistuksen ja terveysvaikutuksen välillä on todettu syy-yhteys. Yhteys on todettu tutkimuksissa, joissa sattuma, harha tai vääristymä on pystytty perustellusti sulkemaan pois. Myös biologinen uskottavuus melun terveysvaikutuksista on hyvin todennettu. Taulukossa 3 on esitetty vastaavasti yhteenveto yöaikaisen melun vaikutuksista ja kynnystasoista niiden vaikutusten osalta, joista tutkimusnäytön vahvuus on rajallinen (WHO 2009).

Taulukko 2. Yhteenveto yöaikaisen melun vaikutuksista ja kynnystasoista niiden vaikutusten osalta, joista tutkimusnäytön vahvuus on riittävä (WHO 2009).

Vaikutusryhmä	Vaikutus	Mittari	Kynnystaso
Biologiset vaikutukset	Kardiovaskulaarisen aktiiviteetin muutos	*	*
	EEG-herääminen	L_{Amax} , sisällä	35 dB
	Kehon liikkeet, liikkeiden alkaminen	L_{Amax} , sisällä	32 dB
	Unen rakenteen pirstoutuminen	L_{Amax} , sisällä	35 dB
Unen laatu	Yölliset heräämiset	L_{Amax} , sisällä	42 dB
	Pidentynyt nukahtamisaika	*	*
	Unen pirstoutuminen, lyhentynyt unen pituus	*	*
	Lisääntyneet kehon liikkeet	L_n , ulkona	42 dB
Hyvinvointi	Itse raportoitu unihäiriö	L_n , ulkona	42 dB
	Lisääntynyt uni- ja rauhoittavien lääkkeiden käyttö	L_n , ulkona	40 dB
Terveyshaitta	Ympäristön aiheuttama unettomuus	L_n , ulkona	42 dB

* Vaikka vaikutus on osoitettu tapahtuvaksi tai todennäköinen biologinen reitti on pystytty muodostamaan, mittaria tai kynnystasoa ei ole voitu määrittää.

Taulukko 3. Yhteenveto yöaikaisen melun vaikutuksista ja kynnystasoista niiden vaikutusten osalta, joista tutkimusnäytön vahvuus on rajallinen (WHO 2009).

Vaikutusryhmä	Vaikutus	Mittari	Arvioitu kynnystaso
Biologiset vaikutukset	Muutokset stressihormonitasoissa	*	*
	Uneliaisuus / väsyneisyys päivän ja illan aikana	*	*
Hyvinvointi	Lisääntynyt päiväaikainen ärtyisyys	*	*
	Huonontuneet sosiaaliset kontaktit	*	*
	Valitukset	$L_{n, \text{ulkona}}$	35 dB
	Huonontunut kognitiivinen suorituskyky	*	*
Terveyshaitta	Unettomuus	*	*
	Kohonnut verenpaine	$L_{n, \text{ulkona}}$	50 dB
	Lihavuus	*	*
	Masennus (naisilla)	*	*
	Sydäninfarktit	$L_{n, \text{ulkona}}$	50 dB
	Odotetun eliniän lyheneminen (ennenaikainen kuolleisuus)	*	*
	Mielenterveyshäiriöt	$L_{n, \text{ulkona}}$	60 dB
	(Työ)tapaturmat	*	*

Koska näyttö tässä taulukossa esitetyistä yöaikaisen melun vaikutuksista on rajallinen, kynnystasoilla on myös rajallinen painoarvo. Yleisesti ne perustuvat asiantuntija-arvioon tutkimusnäytöstä.

* Vaikka vaikutus on osoitettu tapahtuvaksi tai uskottava biologinen reitti on pystytty muodostamaan, mittaria tai kynnystasoa ei ole voitu määrittää.

2.4.3 Vaikutukset verenkiertoelimistöön

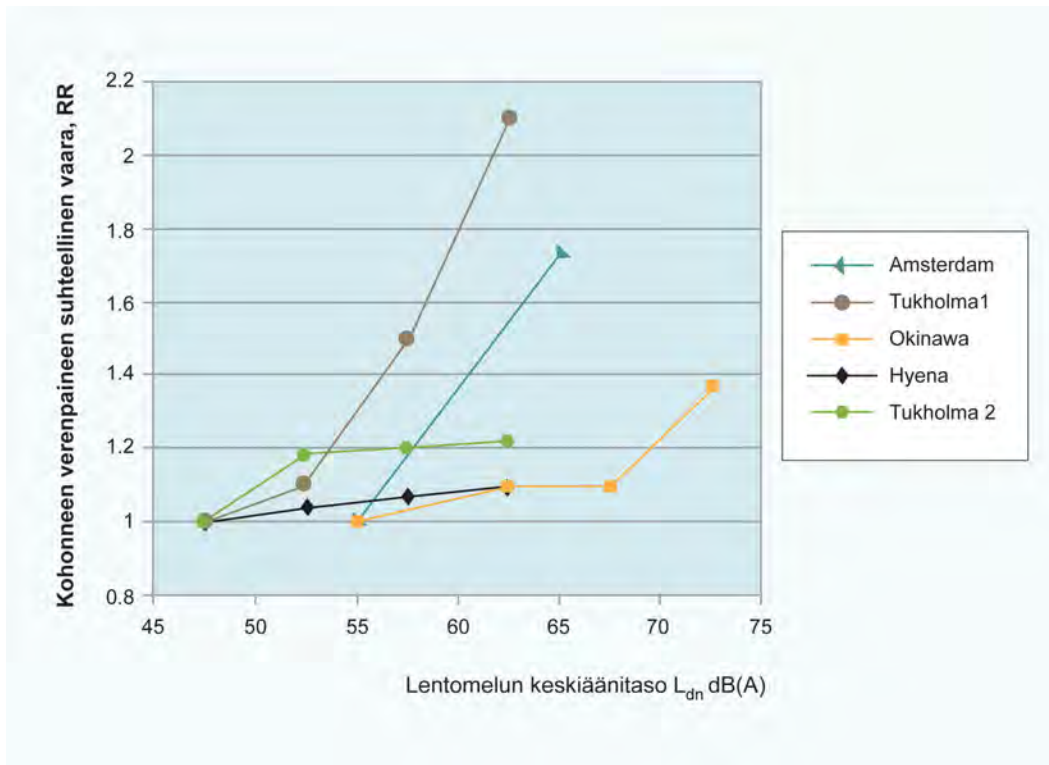
Verenpainetauti

Verenpainetaudin syntyyn vaikuttavat pääasiassa perimä ja elintavat. Mutta myös pitkäaikainen meluallistutus on verenpainetaudin riskitekijä. Liikennemelun on todettu kohottavan verenpainetta, mutta sen yhteys verenpainetautiin ei ole ollut yhtä selvä kuin työpaikkamelun.

Vuonna 2002 julkaistussa 43 epidemiologisen tutkimuksen meta-analyysissä todettiin, että kohonnut verenpaine liittyi merkittävästi lentomeluallistukseen. Pitkäaikainen lentomeluallistutus liittyi lisäksi sydän- ja verisuonitautilääkkeiden käyttöön, yleis- tai erikoislääkäreillä käynteihin sekä sepelvaltimotautiperäiseen rintakipuun. Myös pitkäaikainen tieliikennemeluallistutus lisäsi sydäninfarktin riskiä ja sepelvaltimotaudin esiintymistä, mutta sen yhteys verenpaineen nousuun ei ollut yhtä ilmeinen kuin lentomelun (van Kempen ym. 2002).

Laajassa kansainvälisessä HYENA -tutkimushankkeessa (HYPertension and Exposure to Noise near Airports) todettiin merkittävä annos-vastesuhde yöaikaisen lentomeluallistuksen ja kohonneen verenpaineen välillä sekä päiväaikaisen tieliikenteen keskiäänitason sekä kohonneen verenpaineen välillä. Lisääntynyt riski liittyi yli viisi vuotta kestäneeseen allistukseen. Yöaikaisen lentomelun osalta 10 dB:n nousu allistuksessa lisäsi riskiä 14 %:lla. Tieliikennemelu lisäsi kohonneen verenpaineen riskiä meluallistustason kasvaessa miehillä ja yli 65 dB äänitasoilla riski lisääntyi 54 %. (Jarup ym. 2008).

Kuvassa 12 on esitetty kohonneen verenpaineen riskin ja lentomelun välinen yhteys viidessä eri tutkimuksessa, jotka kohdistuivat sekä miehiin että naisiin (Babisch 2008a). Lentomelun keskiäänitason kasvaessa myös kohonneen verenpaineen riski kasvoi.



Kuva 12. Kohonneen verenpaineen vallitsevuuden tai ilmaantuvuuden ja lentomelun keskiäänitason välinen yhteys viidessä eri tutkimuksessa (Babisch 2008a).

Sepelvaltimotauti

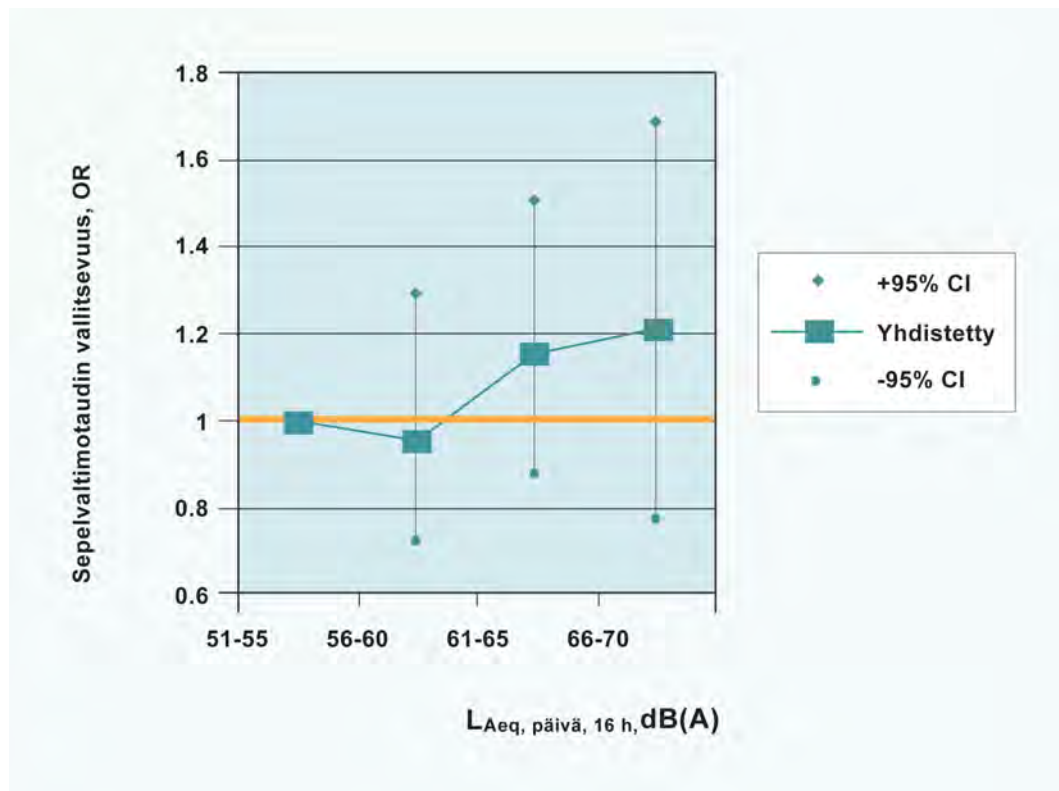
Sepelvaltimotauti on yleisin kuolinsyy niin kehittyneissä kuin kehitysmaissakin. Siitä aiheutuu maailmanlaajuisesti 12,5 % kuolemista. Sepelvaltimotaudilla tarkoitetaan sydänlihakseen verta kuljettavien pienten valtimoiden, sepelvaltimoiden, ahtautumista. Sen tärkeimpiä riskitekijöitä ovat koholla oleva kolesterolin taso, kohonnut verenpaine, perintötekijät, tupakointi, ylipaino ja diabetes. Sepelvaltimotaudin pahin seuraamus on sydäninfarkti, joka voi johtaa kuolemaan. Sydäninfarktilla tarkoitetaan äkillisestä hapenpuutteesta johtuvaa kuoliota sydänlihaksessa. Sen taustalla on käytännössä aina pitkäaikainen sepelvaltimotauti, joka ahtauttaa valtimoita. Kun suoni menee kokonaan tukkoon, syntyy infarkti. Tukkeuman syynä on yleensä valtimon sisäseinämässä olevan kolesterolin sisältävän pullistuman eli plakin pinnan repeytyminen. Tällöin paikalle muodostuu verihyytymä, joka äkisti tukkii suonen (Mustajoki 2010a).

Viimeaikaiset epidemiologiset tutkimukset ovat osoittaneet, että liikennemelualtistus on yksi sepelvaltimotaudin riskitekijöistä. Tutkimuksia on tehty eniten tieliikennemelualtistuksen yhteydestä sepelvaltimotautiin ja infarkteihin sekä infarkti-kuolleisuuteen (Babisch 2006a, 2006b).

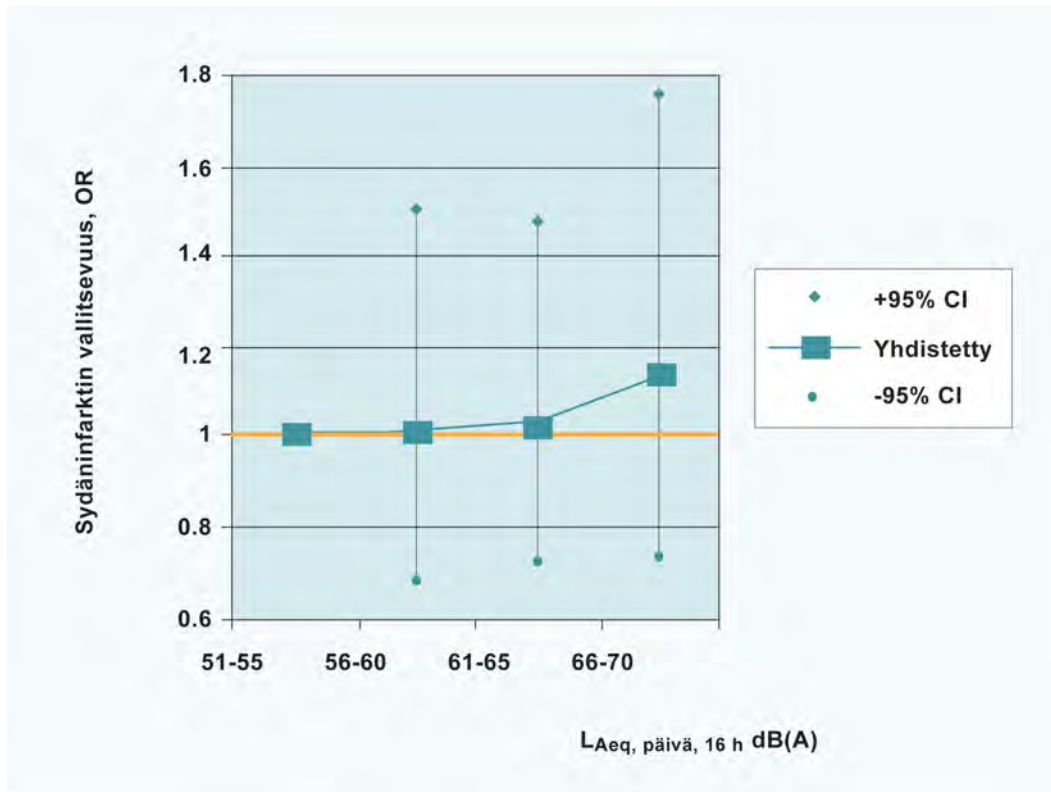
Vuonna 2006 julkaistussa 61 epidemiologisen liikennemelututkimuksen meta-analyysissä todettiin sekä äänitason että melun häiritsevyyden liittyvän lisäänty-

neeseen sepelvaltimotautiriskiin. Lisääntynyt sydäninfarktirisiki todettiin yli 60 dB äänitasoilla miehiin kohdistuneissa tutkimuksissa (Babisch 2006a, 2006b).

Liikennemelun oletetaan vaikuttavan sekä sepelvaltimotaudin että sydäninfarktin kehittymiseen. Kuviissa 13 ja 14 on esitetty kahdesta eri tutkimuksesta yhdistetyt tiedot päiväjän tieliikennemelun sekä sepelvaltimotaudin ja sydäninfarktin vallitsevuuden välisestä yhteydestä. Äänitason ja sepelvaltimotaudin ja sydäninfarktin vallitsevuuden välinen yhteys näyttää melko samanlaiselta. Kuitenkin yli 60 dB äänitasoilla vaikutukset ovat hieman voimakkaammat sepelvaltimotautitapausten kuin sydäninfarktien vallitsevuuteen (Babisch 2008a).



Kuva 13. Tieliikenteen äänitason ($L_{Aeq, päivä, 16 h}$) ja sepelvaltimotaudin vallitsevuuden välinen annos-vastekäyrä (Babisch 2008a).

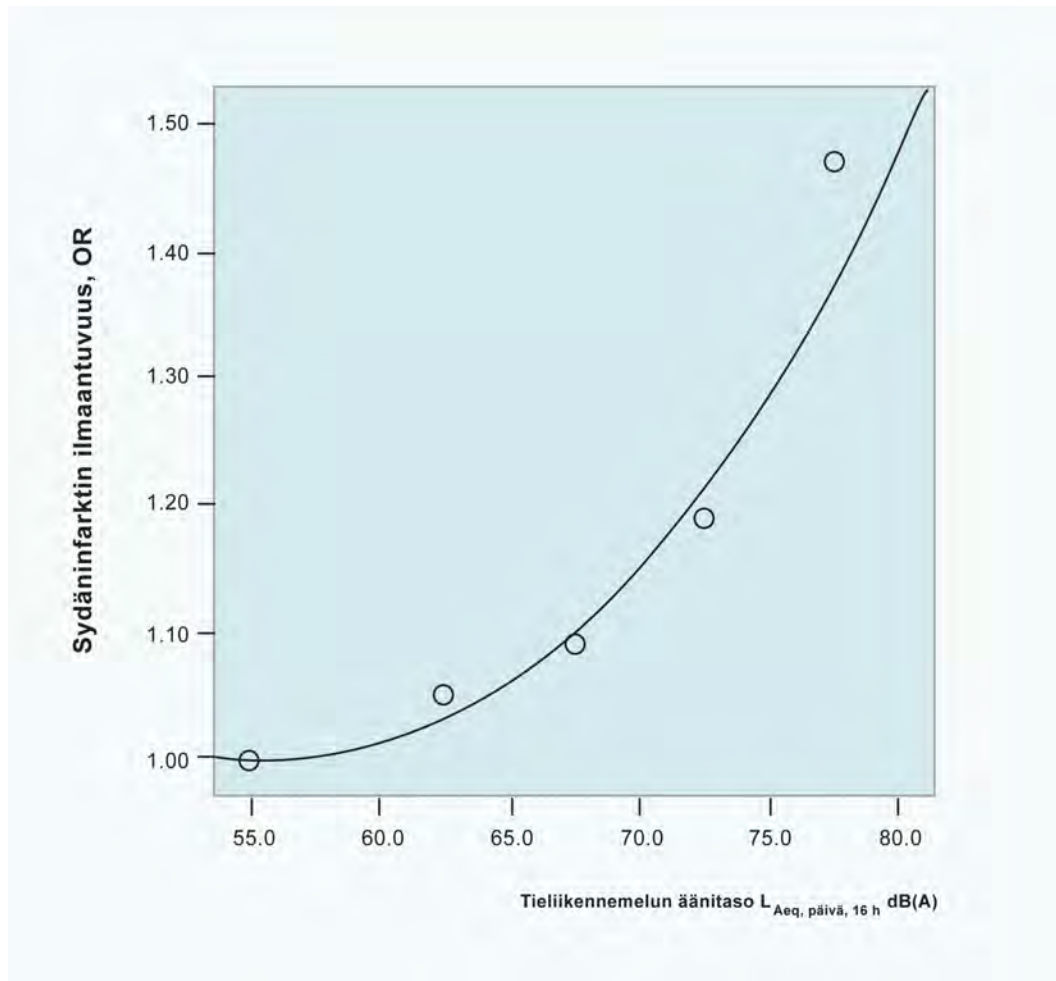


Kuva 14. Tieliikenteen äänitason ($L_{Aeq, päivä, 16 h}$) ja sydäninfarktin vallitsevuuden välinen annos-vastekäyrä (Babisch 2008a).

Sydäninfarkti-ilmaantuvuuden riippuvuudelle tieliikenteen keskiäänitasosta on esitetty annos-vastesuhde (Kuva 15), jonka mukaan sydäninfarktin ilmaantuvuus kasvaa tieliikennemelun äänitason noustessa yli 60 dB (Babisch 2008a, b). Tämän annosvastesuhteen perusteella on arvioitu, että Saksassa tieliikennemelun väestösyysuus akuuteissa sydäninfarkteissa on noin 2,9 % ja koko läntisessä Euroopassa n. 1,8 % (WHO 2011). Suomessa ympäristömelun väestösyysuuden sydäninfarkteissa on arvioitu olevan n. 0,4 % [0-1,7] ja sen arvioidaan aiheuttavan n. 90 [0-400] lisätapausta vuodessa (Hänninen ym. 2010).

Tieliikennemelun äänitaso $L_{Aeq, päivä, 16 h}$ dB	Sydäninfarktin ilmaantuvuus (OR)
> 60-65	1.031
> 65-70	1.099
> 70-75	1.211
> 75-80	1.372

$$OR = 1.629657 - 0.000613 * (L_{Aeq, päivä, 16 h})^2 + 0.000007357 * (L_{Aeq, päivä, 16 h})^3$$



Kuva 15. Tieliikennemelun äänitason (L_{Aeq} päivä, 16 h) ja sydäninfarkti-ilmaantuvuuden välinen annosvaste-käyrä (Babisch 2008a).

Keväällä 2009 julkaistussa sekä miehiin että naisiin kohdistuneessa ruotsalais-tutkimuksessa todettiin, että altistuminen jo yli 50 dB tieliikennemelulle lisäsi sydäninfarktin riskiä 12 %. Kun kuulovaurioiset ja altistuminen muille melulähteille suljettiin pois, riski nousi 38 %:iin ja se oli tilastollisesti merkitsevä. Lisäksi todettiin positiivinen annos-vastesuhde. Tutkimuksessa huomioitiin myös altistuminen ilman pienhiukkasille. Sen ei juurikaan havaittu vaikuttavan tuloksiin (Selander ym. 2009).

Hiljattain ilmestyneessä sveitsiläistutkimuksessa todettiin, että myös lentomelu liittyy infarkti-kuolleisuuteen. Infarkti-kuolleisuuden ja lentomelun äänitason sekä altistuksen keston välillä havaittiin annos-vastesuhde. Tätä yhteyttä ei kyseisessä tutkimuksessa selittänyt samanaikainen altistuminen ilman pienhiukkasille (Huss ym. 2010).

Aivohalvausriski

Aivohalvaus voi johtua joko aivovaltimon tukkeutumasta (aivoinfarkti) tai vuodosta (aivoverenvuoto). Valtimon tukkeumasta aiheutuu hapenpuute verisuonen alueella ja syntyy kuolio eli infarkti. Aivoinfarktin oireena on toisen tai molempien raajojen halvaus toisella puolella kehoa. 15 % aivohalvauksista on aivoverenvuotoja, jotka johtuvat aivovaltimon puhkeamisesta ja verenvuodosta aivokudoksen sisään. Toispuoleinen halvaus on usein laaja ja tajunta heikkenee. Aivoverenvuodon yleisin syy on kohonnut verenpaine, joka vuosien mittaan aiheuttaa muutoksia aivovaltimoiden seinämiin (Mustajoki 2010b).

Tuoreen tanskalaistutkimuksen (Sørensen ym. 2011) mukaan tieliikennemelu näyttää myös lisäävän aivohalvausriskiä. Tutkimuksessa selvitettiin aivoinfarktien, aivoverenvuotojen ja vakavien aivoverenkiertohäiriöiden yhteyttä tieliikennemelualtistukseen. Tutkimuksen mukaan kymmenen desibelin lisäys tieliikennemelussa (L_{den}) lisäsi aivohalvauksen ilmaantuvuusriskiä 14 %. Lisäksi todettiin tilastollisesti merkitsevä yhteisvaikutus iän kanssa: yli 64,5-vuotiailla liikennemelualtistus lisäsi aivohalvausriskiä 27 %:lla, kun taas alle 64,5-vuotiailla lisääntynyttä riskiä ei todettu. Tutkimuksessa huomioitiin myös samanaikainen altistuminen ilmansaasteille. Aivohalvausriski oli yhteydessä nimenomaan tieliikennemeluun. Raide- ja lentomelualtistus eivät liittyneet suurentuneeseen aivohalvausriskiin (Sørensen ym. 2011).

Pienhiukkaset ja tieliikenteen melu

Liikenteestä peräisin oleville hiukkasille ja tieliikenteen melulle altistutaan samoilla alueilla. Melulla ja ilman pienhiukkasilla voi olla samankaltaisia terveysvaikutuksia ja vaikutusten erottaminen toisistaan on usein vaikeaa. Kaupunki-ilman hiukkaspitoisuuksien lyhytaikaisenkin suurenemisen on todettu lisäävän sydän- ja verisuonitautien oireita, sairaalahoitajaksoja ja kuolemia. Erityisen haitallista on pitkäaikainen altistuminen pienhiukkasille. Altistuminen hiukkasille lisää sydänsairauksien riskiä vaikuttamalla sydämen autonomiseen säätelyyn ja aiheuttamalla systeemistä tulehdusta (Lanki & Pekkanen 2008). Ulkoilman hiukkasten on Suomessa arvioitu aiheuttavan vuosittain noin 1 800 ennenikäistä kuolemaa (Hänninen ym. 2010).

Tieliikennemelun vaikutuksia koskevissa tutkimuksissa on vasta viime aikoina huomioitu mahdollinen samanaikainen altistuminen liikenneperäisille hiukkas-päästöille (mm. Sørensen ym. 2011; Selander ym. 2009). Toisaalta myös hiukkasten terveysvaikutustutkimuksissa on puutteellisesti huomioitu samanaikainen altistuminen melulle. Vaikka viimeaikaisissa meluvaikutustutkimuksissa on otettu huomioon samanaikainen altistuminen ilman hiukkasille, melualtistus on edelleen säilynyt itsenäisenä sydän- ja verisuonisairauksien riskitekijänä (Huss ym. 2010; Selander ym. 2009 ; Sørensen ym. 2011)

Melun ja ilmansaasteiden yhteisvaikutuksesta on niukalti tutkimustietoa (Schwela ym. 2005). Melun häiritsevyyden ja meluherkkyyden on todettu vaikuttavan tieli-

kenteen pakokaasupäästöjen aistimiseen (Lercher ym. 1995). Tieliikenteen päästöjen on puolestaan todettu lisäävän melun häiritsevyyttä (Proceedings of the International Workshop on “Combined Environmental Exposure: Noise, Air Pollutants and Chemicals”, 2007).

2.4.4 Vaikutukset kielelliseen viestintään

Melu vaikuttaa kielelliseen viestintään vaikeuttamalla sekä puheen kuulemistä että sen tuottamista. Melu aiheuttaa puheen peittovaikutuksen, joka vaikeuttaa puheen erottamista ja ymmärtämistä. Se vaikeuttaa ensin konsonanttien ja sitten vokaalien ja puheen aikapiirteiden (nopeus, rytmi, intonaatio, painotukset) erottelua. Kun puhuja melussa korottaa puheääntä, puheen keskiäänitaso nousee, millä hän pyrkii kompensoimaan melun peittovaikutusta. Äänen voimistaminen johtaa myös muihin muutoksiin puheäänien akustisissa piirteissä: vokaalien äänitaso nousee konsonanteja enemmän, jolloin vokaalit peittävät herkemmin niiden jälkeen esiintyvät heikot konsonantit. Tämä johtaa sanaerotuskyvyn huononemiseen (Jauhainen ym. 2007).

Melussa puhuminen rasittaa äänihuulia ja voi aiheuttaa käheyttä erityisesti äänityöläisillä, kuten opettajilla. Lyhytaikaisena melun aiheuttama puheäänien voimakkuuden nousu on yleensä puhujan hallinnassa, mutta tilanteen jatkuessa pitkään, riski pitkäaikaisiin toimintahäiriöihin ja kudოსvaurioihin kasvaa. Äänihuulten toimintaa ohjaavien lihasten väärä jännitys voi jäädä pysyväksi, äänihuulten limakalvo voi paksuuntua ja punoitaa ja kudოსvauriona voi kehittyä äänihuulikyhyjä. Ääniraon sulkeutuminen äänen tuotossa jää puutteelliseksi, jolloin puheääni on käheä, karhea ja vuotoisa eikä kanna riittämiin (Sala ym. 2001; Sala ym. 2002; Simberg ym. 2005).

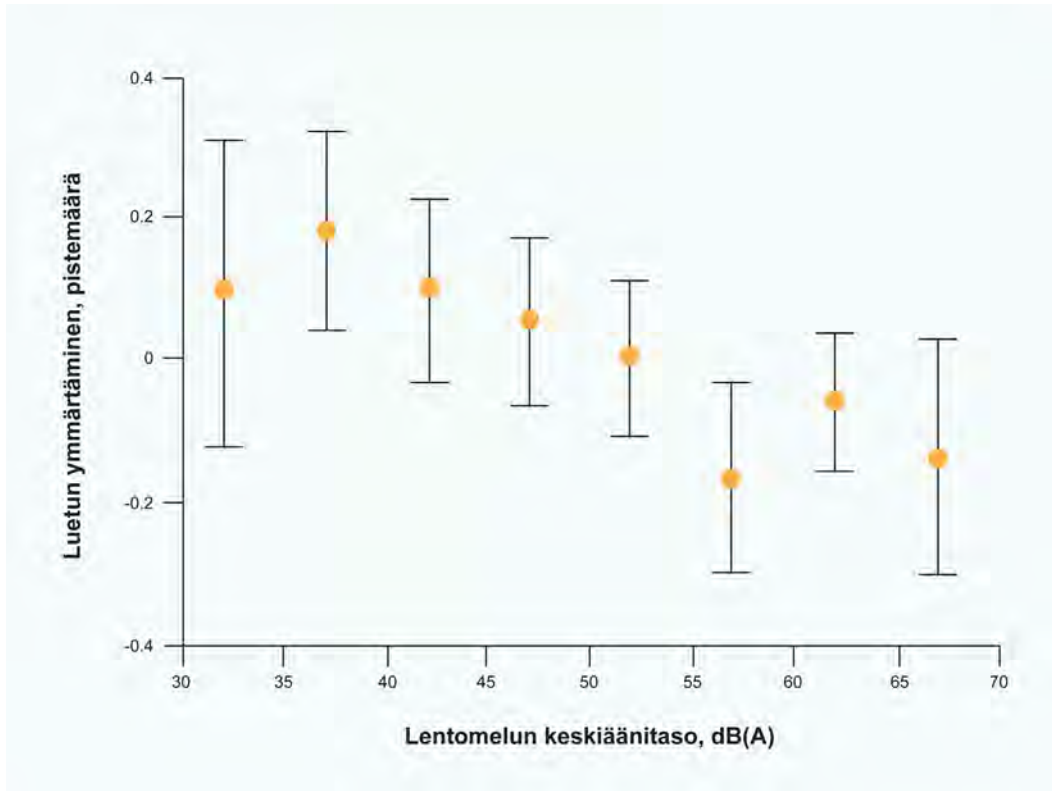
2.4.5 Vaikutukset kognitiivisiin toimintoihin

Aikuisilla melun vaikutuksia kognitiivisiin toimintoihin on tutkittu mm. työympäristössä. Melun on todettu heikentävän suorituskykyä erityisesti keskittymistä, tarkkaavaisuutta ja vaativaa muistin käyttöä edellyttävissä tehtävissä.

Lapsilla kognitiiviset toiminnot ovat voimakkaan kehittymisen vaiheessa. Lasten ääniympäristöjä ovat koti, päiväkodit, koulut ja vapaa-ajanviettopaikat. Lapsilla kognitiivisten toimintojen muutoksia melussa on selvitetty mm. luokkatilanteissa, joissa melu on peräisin joko liikenteestä tai se on luokkahuoneessa syntynyttä verbaalista melua.

Melu voi vaikuttaa etenkin lasten kognitiivisiin toimintoihin, kuten lukemiseen ja muistiin. Hollannissa, Ruotsissa, Britanniassa ja Espanjassa on tehty laaja RANCH-tutkimus (Road Traffic & Aircraft Noise & Children's Cognition & Health) tie- ja lentomelun vaikutuksista 9–10-vuotiaiden lasten kognitiivisiin toimintoihin. Tutkimuksessa todettiin luetun ymmärtämisen (Kuva 16) ja tunnistamismuistin heikkenevän lineaarisesti lentomelun äänitason kasvaessa (Stansfeld ym. 2005).

Lentomelun katsottiin vaikuttavan lapsen kehitykseen, koulutukseen ja elämänlaatuun. Tulokset olivat samanlaisia kaikissa tutkimuksessa mukana olleissa maissa.



Kuva 16. Luetun ymmärtämiskyvyn heikkeneminen lentomelun keskiäänitason ($L_{Aeq,16h}$) lisääntyessä (Stansfeld ym. 2005).

Myös monessa muussa tutkimuksessa meluallistuksen on havaittu vaikuttavan lukemiseen ja pitkäaikaiseen muistiin, mistä voi olla seurauksena oppimisvaikeuksia (Boman ym. 2005; Cohen ym.1980; Evans ym. 1995; Hiramatsu ym. 2003; Hygge 1993; Hygge ym. 2002; Hygge 2010). Sekä lento- että tieliikennemelun on todettu vaikuttavan myös lasten episodiseen muistiin (elämäkertamuisti) (Matheson ym. 2010).

Monissa tutkimuksissa lasten meluallistus on määritelty koulun sijainnin perusteella (Cohen ym. 1980; Hiramatsu ym. 2003). Suuri osa oppimisesta tapahtuu kuitenkin koulutuntien ulkopuolella. Heathrown lentokentän lähistöllä tehdyssä poikkileikkaustutkimuksessa selvitettiin 20 eri ala-asteella opiskelleen 8–9-vuotiaan oppilaan kognitiivisia toimintoja. Puolet kouluista sijaitsi lentomelualueilla ($L_{Aeq,16h} > 63$ dB) ja puolet hiljaisemmillä alueilla ($L_{Aeq,16h} < 57$ dB).Tässä tutkimuksessa todettiin, että myös kotona esiintyvä lentomeluallistus voi heikentää lasten muistia ja lisätä koulussa esiintyvän lentomeluallistuksen aiheuttamaa

kognitiivisten toimintojen heikkenemistä. Muistin heikkenemisen ja lentomelun äänitason välillä todettiin annos-vastesuhde (Matsui ym. 2004).

Vaikka yöaikainen meluallistutus liittyy merkitsevästi lukemiseen ja tunnistamis-muistiin, yöaikaisen lentomeluallistuksen ei kuitenkaan ole todettu lisäävän pelkän päiväaikaisen liikennemeluallistuksen aiheuttamaa kognitiivisten toimintojen heikkenemistä. Näin ollen on katsottu, että meluntorjuntatoimenpiteiden tulisi kohdistua erityisesti kouluihin melun aiheuttamien kognitiivisten toimintojen häiriöiden estämiseksi (Stansfeld ym. 2010).

2.4.6 Vaikutukset mielenterveyteen

Tämänhetkinen tutkimusnäyttö viittaa siihen, että hyvin voimakkaalla ympäristömelulla voi olla vaikutuksia mielenterveyteen. Se voi aiheuttaa ahdistuneisuutta ja lisääntynyttä rauhoittavien lääkkeiden käyttöä. Vakavammista vaikutuksista on vain vähän näyttöä. Nykyisen tutkimustiedon perusteella oletetaan, että yli 70 dB päiväaikaisilla äänitasoilla voi olla yhteyttä mielenterveysongelmiin. On mahdollista, että yöaikainen melu voi unen aikana vaikuttaa mielenterveyteen alhaisemmillä äänitasoilla kuin päiväaikainen melu. Selvin näyttö melun vaikutuksista mielenterveyteen on saatu sotilasilmailun aiheuttamasta melusta. Jonkin verran on näyttöä siitä, että voimakas tieliikennemelu voi aiheuttaa psyykkisiä oireita. Sen sijaan raidemelun yhteydestä mielenterveysongelmiin ei ole saatu tutkimusnäyttöä (WHO 2009; Stansfeld ym. 2000).

2.5 Vaikutukset eri väestöryhmissä

Meluerkkyys

Millä tahansa äänitasolla on yksilöitä, jotka eivät edes huomaa melua sekä niitä, joita se häiritsee huomattavasti. Meluerkkyys on keskeinen tekijä, joka erottelee ihmisiä heidän eriasteisissa vasteissaan melulle. Se on ominaisuus, joka kuvaa herkkyyttä kokea melu ja reagoida siihen. Meluerkät aistivat melun uhkaavampana, reagoivat siihen enemmän ja tottuvat siihen hitaammin kuin ei-meluerkät (Stansfeld 1992). Meluerkkyys lisää melun koettua häiritsevyyttä (Stansfeld 1992; van Kamp 2004).

Meluerkkyys on melko yleinen ominaisuus. Eri maissa tehdyissä tutkimuksissa meluerkkien osuus väestössä on vaihdellut välillä 20–50 %. Meluerkkyyden määrittelyssä on tutkimusten välillä ollut eroja. Suomalaisessa tutkimuksessa 38 % tutkituista oli meluerkkiä (Heinonen-Guzejev ym. 2004).

Meluerkkyys on eri käsite kuin ääniyliherkkyys (*hyperacusis*) tai äänipelko (*phonophobia*). Se ei myöskään tarkoita herkkyyttä saada kuulovaurio. Meluerkkyys ei ole liittynyt kuulontutkimuksella mitattuun kuulokykyyn (Ellermeier ym. 2001; Heinonen-Guzejev ym. 2011; Stansfeld 1992). Suomalaisstudiumuksessa meluerkkyys liittyi itse raportoituun kuulon toiminnanvajaukseen, mutta

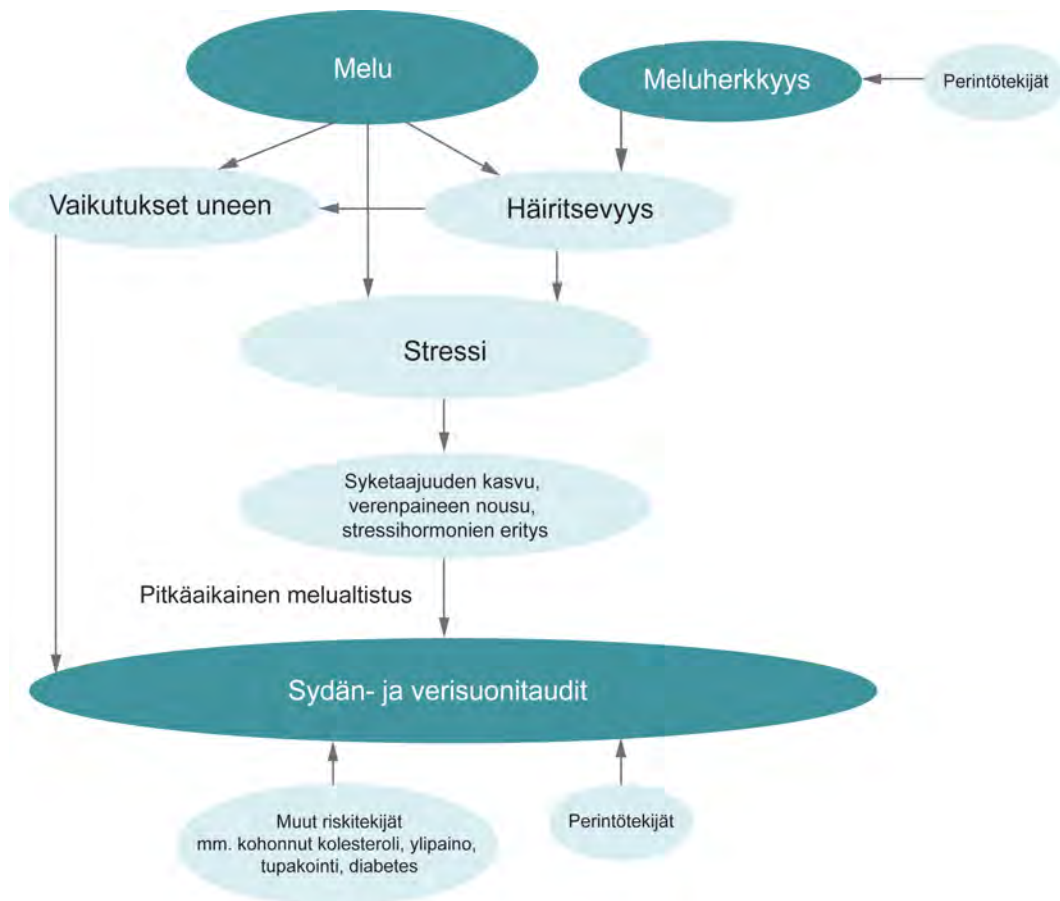
meluherkkien ja ei-meluherkkien kuulontutkimuksissa ei todettu tilastollisesti merkitsevää eroa kuulokynnyksissä (Heinonen-Guzejev ym. 2011).

Meluherkät voivat saada herkemmin melun aiheuttamia terveysvaikutuksia kuin ei-meluherkät. Japanilaistutkimuksessa meluherkillä todettiin tilastollisesti merkitsevä yhteys subjektiivisen terveydentilan ja meluallistuksen välillä. Meluherkillä somaattiset oireet sekä ahdistuneisuus ja univaikeudet liittyivät meluallistukseen. Ei-meluherkillä vastaavaa yhteyttä ei todettu (Kishikawa ym. 2009). Meluherkkyys voi myös lisätä melun aiheuttamia univaikeuksia (Öhrström ym. 1988). Meluherkkyys on heikentänyt terveyteen liittyvää elämänlaatua melun häiritsevyyden ja univaikeuksien välityksellä (Shepherd ym. 2010). Meluherkillä usean tunnin kestäneen 60 dB tieliikennemelualistus on aiheuttanut voimakkaamman verenpaineen nousun kuin ei-meluherkillä (Ising & Kruppa 2004).

Meluherkkyys liittyy kohonneeseen verenpaineeseen (Otten ym. 1990; Heinonen-Guzejev ym. 2004), huonontuneeseen unen laatuun (Marks & Griefahn 2007; Nivison & Endresen 1993), uni- ja rauhoittavien lääkkeiden sekä särkylääkkeiden käyttöön ja stressiin (Heinonen-Guzejev ym. 2004). Suomalaistutkimuksessa meluherkkien naisten sydän- ja verisuonitautikuolleisuus oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin ei-meluherkkien naisten. Meluherkkyyden ja elinaikaisen meluallistuksen välinen yhteisvaikutus sepelvaltimotauti-kuolleisuuteen oli naisilla tilastollisesti merkitsevä. Miehillä vastaavaa ei ole todettu (Heinonen-Guzejev ym. 2007).

Suomalaistutkimuksessa todettiin lisäksi, että 36 % väestössä havaittavista eroista meluherkkyydessä johtuu yksilöiden välisistä eroista perintökijöissä. Lähisukulaisilla on suurempi meluherkkyydenssi verrattuna koko väestöön eli meluherkkyys kasautuu perheisiin (Heinonen-Guzejev ym. 2005).

Kuvassa 17 on esitetty malli melun, meluherkkyyden ja sydän- ja verisuonisairauksien välisestä yhteydestä. Meluherkkyys lisää melun häiritsevyyttä, stressiä sekä melun aiheuttamia univaikeuksia. Melu aiheuttaa sympaattisen hermoston aktivoitumisen. Seurauksena on syketaajuuden kasvu, ihon ja sisäelinten verisuonten supistuminen, verenpaineen nousu sekä stressihormonien pitoisuuden lisääntyminen veressä. Pitkään jatkuessaan meluallistus voi aiheuttaa pysyviä terveysvaikutuksia, kuten verenpaine- tai sepelvaltimotaudin. Melu on kuitenkin vain yksi niiden riskitekijöistä.



Kuva 17. Malli melun, meluherkyyden ja sydän- ja verisuonitautien välisestä yhteydestä.

Muut herkäät väestöryhmät

Sairaant, varsinkin pitkäaikaissairaant, huonokuntoiset ja huonokuuloiset ovat herkkiä melun vaikutuksille. Lapset, vanhukset, raskaana olevat, stressistä kärsivät ja vuorotyöntekijät ovat muita herkempiä melun aiheuttamille unihäiriöille.

Melun vaikutuksia kognitiivisiin häiriöihin on todettu varsinkin lapsilla. Erityisen riskialttiita melun kognitiivisille haittavaikutuksille ovat oppimis- ja keskittymishäiriöiset, muun äidinkielen omaavat, terveysongelmaiset, meluherkät ja kaoottisessa ympäristössä elävät lapset sekä lapset, joilla on sosiaalisia ongelmia. On myös jonkin verran näyttöä siitä, että lapset olisivat aikuisia herkempiä melun vaikutuksille mielenterveyteen.

3 Ympäristömelun häiritsevyys Helsingissä

3.1 Kyselytutkimus

Helsingin kaupungin meluntorjunnan toimintasuunnitelman laatimisen yhteydessä talvella 2007–2008 tehtiin asukaskysely, jossa tiedusteltiin asukkaiden kokemuksia melusta, meluntorjunnasta ja Helsingissä sijaitsevista hiljaisista alueista (Päivänen & Leppänen 2010). Kyselyaineiston hiljaisia alueita käsittelevistä kysymyksistä on julkaistu raportti keväällä 2010. Tässä esitetään yhteenvetotulokset melun häiritsevyyttä ja meluherkkyyttä käsitelleistä kysymyksistä.

3.1.1 Aineisto ja menetelmät

Postikysely lähetettiin 3 000 satunnaisesti valitulle 18–75-vuotiaalle helsinkiläiselle. Kyselyyn saatiin 1 602 vastausta, joten vastausprosentti oli 53,4 %. Vastausprosentti oli melko hyvä, tosin sitä saattoi heikentää kyselyn saatekirjeen virhe. Oikean saatekirjeen sijasta kyselyn mukana lähetettiin kyselyn käynnistymisestä laadittu tiedoteluonnos. Kyselyyn oli mahdollista vastata kuukauden ajan myös internetissä. Sitä kautta vastauksia saatiin 495. Vastauksia tarkasteltaessa voitiin havaita, että internet-kyselyssä kyselyn aihepiiri oli todennäköisesti valikoinut vastaajakuntaa postikyselyä enemmän. Vastanneet olivat kokeneet mm. melun aiheuttamaa häiritsevyyttä selvästi postikyselyyn vastanneita enemmän, joten aineistoja ei yhdistetty. Alla on käsitelty vain postikyselyn tuloksia.

Kyselyssä oli 29 kysymystä, joista kysymykset 9–11 liittyivät melun häiritsevyyteen ja kysymys 13 meluherkkyyteen. Näitä kysymyksiä on käsitelty alla. Kaikissa kysymyksissä tuli ajatella viimeistä 12 kuukautta. Kysymyksessä 9 kysyttiin eri melulähteiden aiheuttamaa melun häiritsevyyttä kotona viisiportaisella luokitteluasteikolla. Kysymyksissä 10 ja 11 tiedusteltiin erikseen melun häiritsevyyttä päivisin ja öisin käyttäen 11-portaista lämpötilamittariasteikkoa, jossa ainoastaan ääripää oli sanallisesti määritelty. Laskettaessa vastauksista tietyn melulähteen erittäin häiritseväksi kokevien osuutta, leikkauspisteenä (cut off) käytettiin lukuarvoa 7,2 ja häiritseväksi kokevien osuudessa lukuarvoa 5,0. Kysymyksessä 11 kysyttiin samalla lämpömittariasteikolla, mitä toimia eri melulähteet kotona häiritsevät ja kuinka paljon.

Suomessa on melko vähän kokemusta meluun liittyvistä kyselyistä eikä käytössä ole vakioitua mallia esim. häiritsevyyteen liittyvien kysymysten termistöstä, tyypeistä ja vastausasteikoista. Kysymysten muotoilussa pyrittiin hyödyntämään ISO/TS 15666:2003 -määritystä. Tuloksia tarkasteltaessa tulee kuitenkin muistaa, että kysymysten ja kysymyssarjojen laadinnalla ja termien määrittelyllä ja nimeämisellä on huomattava merkitys saatuihin vastauksiin. Eri kyselyiden tuloksia ei usein voidakaan suoraan verrata, sillä mm. kysymysten muotoilu ja vastausasteikot voivat vaihdella.

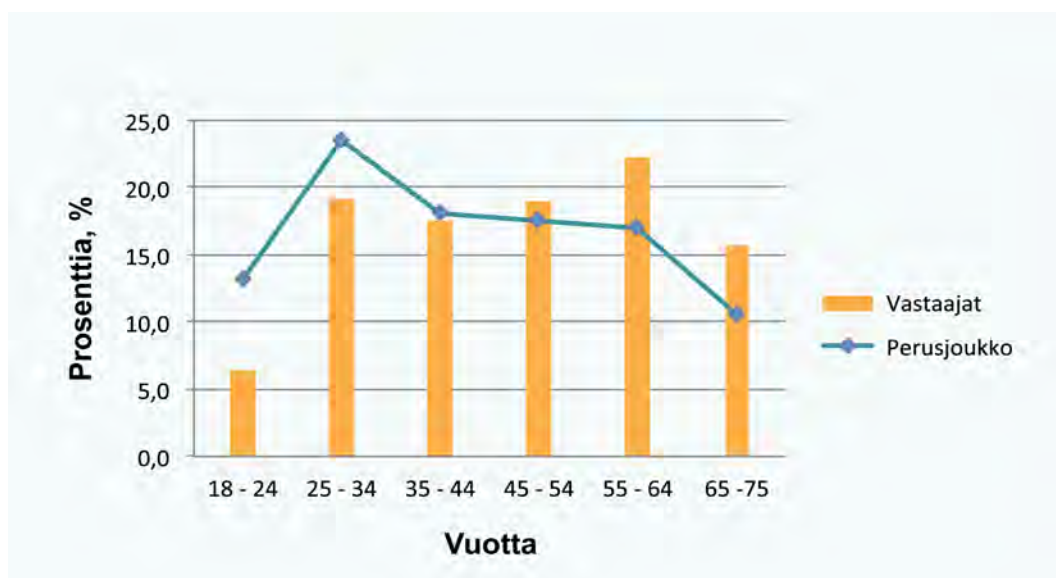
Kyselyyn vastanneet suhteessa Helsingin väestöön

Verrattaessa kyselyyn vastanneiden taustatietoja perusjoukkoon eli koko Helsingin kaupungin väestörakennetietoihin havaitaan vastanneiden poikkeavan hiukan Helsingin väestöstä iän ja sukupuolen suhteen. Naiset olivat jonkin verran miehiä aktiivisempia vastaamaan kyselyyn: vastanneista 58 % on naisia ja 42 % miehiä. Helsingiläisistä 18–75-vuotiaista naisia on hieman yli puolet (Taulukko 4).

Taulukko 4. Vastaajien sukupuoli verrattuna perusjoukkoon eli Helsingin 18–75-vuotiaan väestön sukupuolijakaumaan vuonna 2008. Lähde Tilastokeskus.

	Vastanneet	Perusjoukko
Nainen	57,8	52,1
Mies	42,2	47,3
Yht. %	100	100

Kun verrataan vastanneita perusjoukon ikärakenteeseen, voidaan todeta, että vastausaktiivisuus oli pienin nuorimmassa ikäryhmässä (18–24-vuotiaat) ja kasvoi tasaisesti siirryttäessä vanhempiin ikäryhmiin. Lukumäärällisesti eniten vastauksia saatiin ikäryhmästä 55–66-vuotiaat (Kuva 18).



Kuva 18. Vastaajien ikäjakauma verrattuna perusjoukon eli Helsingin 18–75-vuotiaan väestön ikäjakaumaan vuonna 2008. Lähde Tilastokeskus.

Enemmistö vastaajista asui kerrostalossa, ja yleisin asunnon hallintamuoto oli omistusasuminen. Perusjoukkoon verrattuna kerrostalossa ja omakotitalossa asuvat olivat hieman aliedustettuina ja vastaavasti rivitalossa asuvat olivat huomattavasti yliedustettuina. Omistusasunnossa asuvat olivat selvästi yliedustettuina muihin asunnon hallintamuotoihin verrattuna (Taulukko 5).

Taulukko 5. Vastaajien asumismuoto ja asunnon hallintamuoto verrattuna perusjoukkoon prosenttiosuuksina.

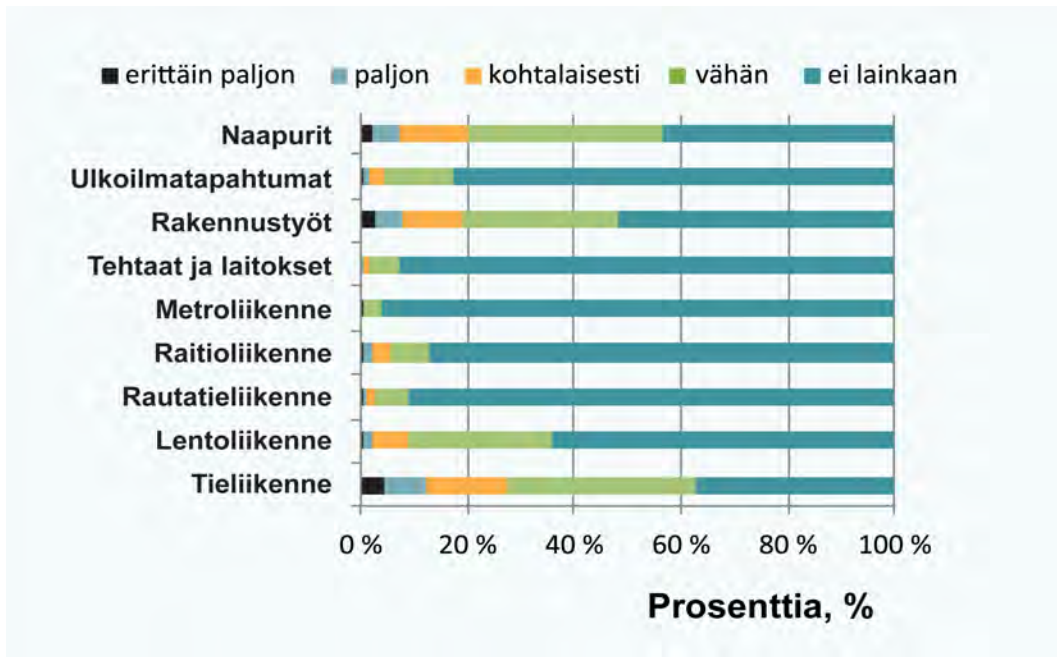
	Omakotitalo	Rivi- tai paritalo	Kerrostalo	Muu	Yhteensä
Vastaajat	5,4	12,5	81,6	0,5	100
Perusjoukko	7,7	5,9	85,1	1,3	100
	Omistusasunto	Vuokra-asunto	Muu	Yhteensä	
Vastaajat	58,6	37,6	3,5	100	
Perusjoukko	44,7	44,7	10,6	100	

Häiritsevyyden kokemisessa tiedetään ilmenevän suurta yksilöllistä vaihtelua, joka ei kuitenkaan ole yhteydessä tavanomaisiin väestömuuttujiin. Tutkimustulokset ovat osoittaneet, ettei melun häiritsevyys yleensä riipu iästä, sukupuolesta, sosioekonomisesta asemasta, asunnon hallintamuodosta tai asuntotyyppistä (Fields 1993). Miedeman ja Vosin (1999) tutkimuksessa tosin iän todettiin vaikuttavan häiritsevyyteen, keski-ikäiset kokivat liikenteen melun häiritsevämpänä kuin nuoret ja vanhat.

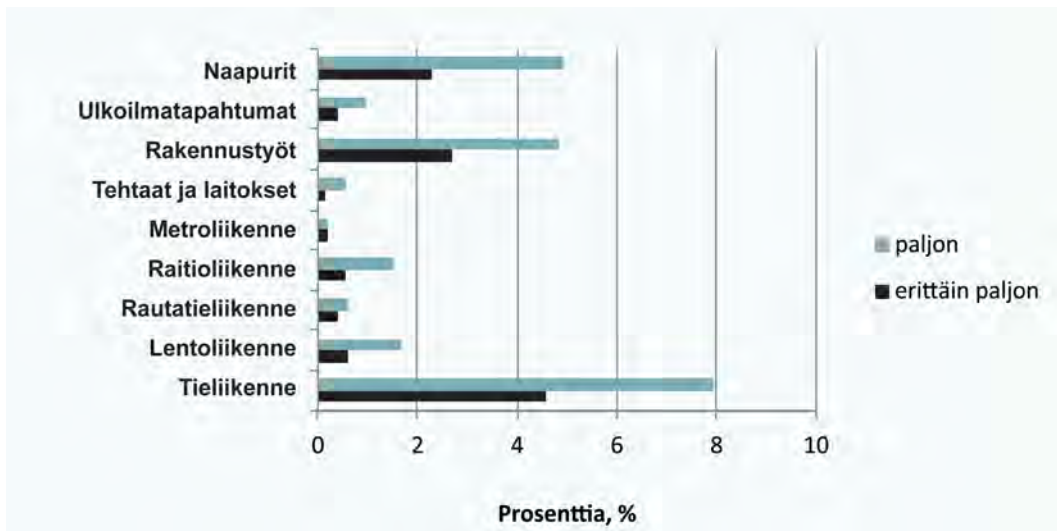
3.1.2 Tulokset

Melun häiritsevyys

Tieliikenteen melu häiritsti vastaajia selvästi yleisimmin. Noin 5 % vastaajista koki tiemelun häiritsevän heitä kotonaan erittäin paljon ja 8 %:a tiemelu häiritsti paljon. Rakennustöiden ja naapureiden melu häiritsivät vastaajia seuraavaksi yleisimmin (Kuvat 19 ja 20). Lentoliikenteen melu koettiin yllättävän häiritseväksi siihen nähden, kuinka vähän Helsingissä on lentomelulle altistuvia asukkaita.



Kuva 19. Eri melulähteiden aiheuttama melun häiritsevyys.

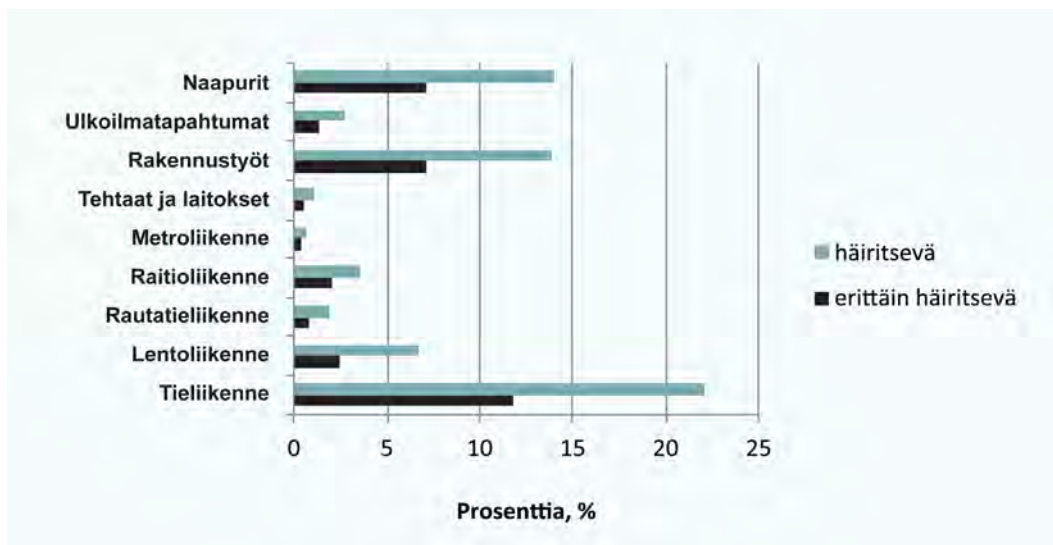


Kuva 20. Eri melulähteiden aiheuttaman melun paljon tai erittäin paljon häiritseväksi kokevien vastaajien osuudet.

Melun häiritsevyys kotona päivisin

Tieliikenne koetaan päiväaikaan yleisimmin häiritseväksi melulähteeksi. Vastaa- jista 12 % kokee tieliikenteen melun erittäin häiritseväksi ja 22 % häiritseväksi. Rakennustyömaiden ja naapureiden aiheuttama melu koetaan toiseksi yleisimmin häiritseväksi. Erittäin häiritseväksi niiden melun kokee päiväaikaan 7 % ja häirit- seväksi 14 % vastaajista. Muiden melulähteiden melu häiritsee helsinkiläisiä sel-

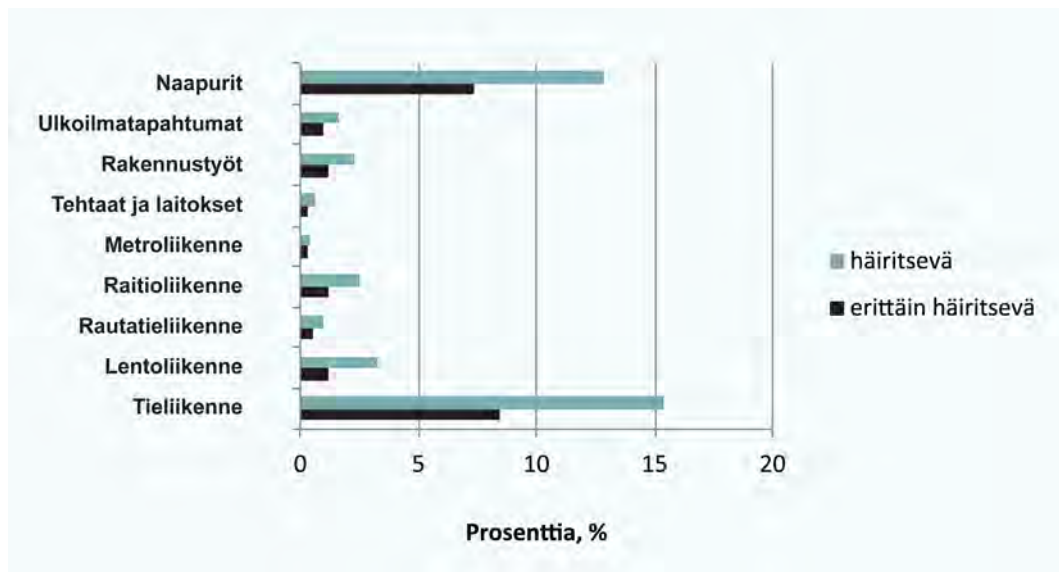
västi vähemmän. Lentomelun kokee erittäin häiritseväksi 2 % samoin raitioliikenteen melun (Kuva 21).



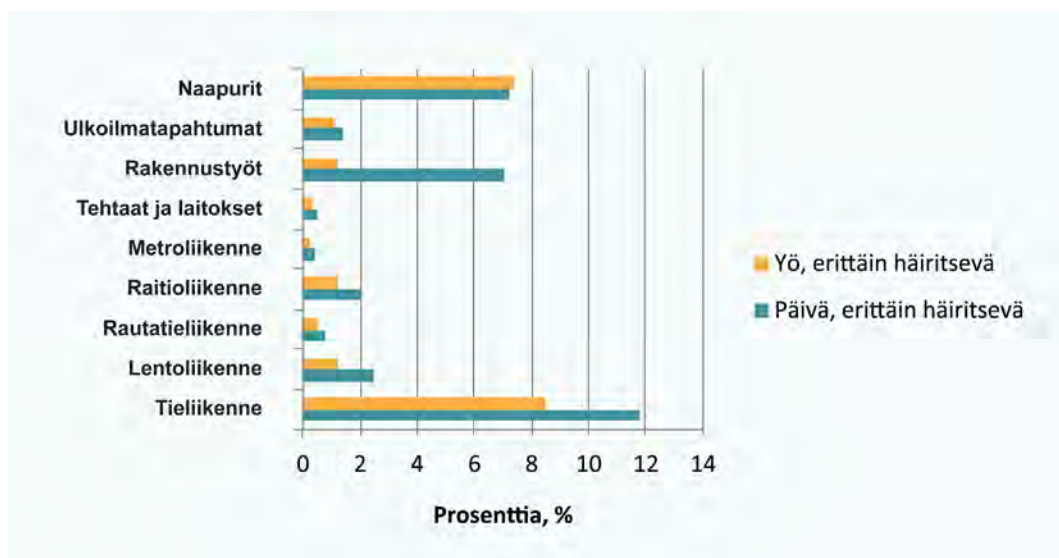
Kuva 21. Eri melulähteiden aiheuttaman päiväaikaisen (klo 7-22) melun erittäin häiritseväksi ja häiritseväksi kokevien prosenttiosuudet kyselyyn vastanneista.

Melun aiheuttama häiritsevyys kotona öisin

Myös yöaikaan häiritsee asukkaita yleisimmin tieliikenteen melu. Vastajista 8 % kokee tiemelun yöaikaan erittäin häiritseväksi ja 15 % häiritseväksi. Öisin naapurimelun häiritseväksi kokemisen yleisyys nousee miltei tieliikennemelun tasalle (Kuva 22). Pääsääntöisesti melulähteet aiheuttavat vähemmän meluhäiriöitä yöllä kuin päivällä (Kuva 23). Rakennustöiden aiheuttaman melun osalta ero on suurin, sillä työt ajoittuvat pääsääntöisesti päiväaikaan. Poikkeuksena on naapureiden aiheuttama melu, joka koetaan öisin jopa hieman yleisemmin erittäin häiritseväksi kuin päivisin. Erittäin häiritseväksi naapureiden melun kokee 7 % ja häiritseväksi 13 % vastanneista.



Kuva 22. Eri melulähteiden aiheuttaman yöaikaisen (klo 22-7) melun erittäin häiritseväksi ja häiritseväksi kokevien prosentiosuudet kyselyyn vastanneista.

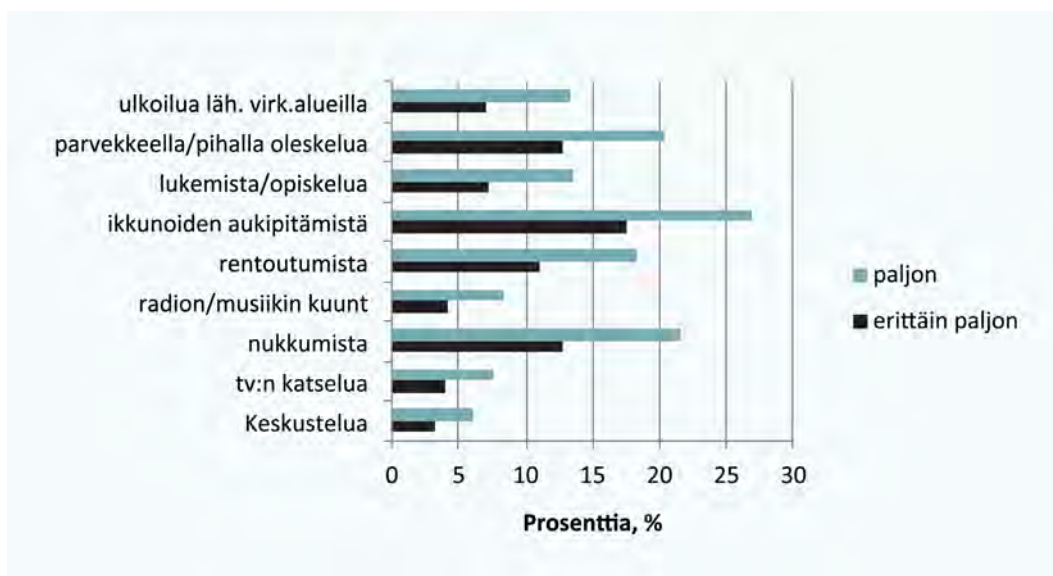


Kuva 23. Eri melulähteiden aiheuttaman päiväaikaisen (klo 7–22) ja yöaikaisen (klo 22–7) melun erittäin häiritseväksi kokevien prosentiosuudet kyselyyn vastanneista.

Eri toimintojen häiriintyminen melun takia

Kysyttäessä, kuinka paljon melu häiritsee kotona tiettyjä toimintoja, ei eritelty melulähdettä. Selvästi eniten melu häiritsee ikkunoiden auki pitämistä (Kuva 24). Vastaajista 17 % kokee melun häiritsevän erittäin paljon ja vajaa kolmannes paljon ikkunoiden auki pitämistä. Vastaajista 21 % on sitä mieltä, että melu häiritsee nukkumista paljon. Lähes yhtä monen mielestä melu häiritsee parvekkeella tai pihalla oleskelemista. Rentoutuminen, lukeminen ja opiskelu sekä ulkoilu kodin

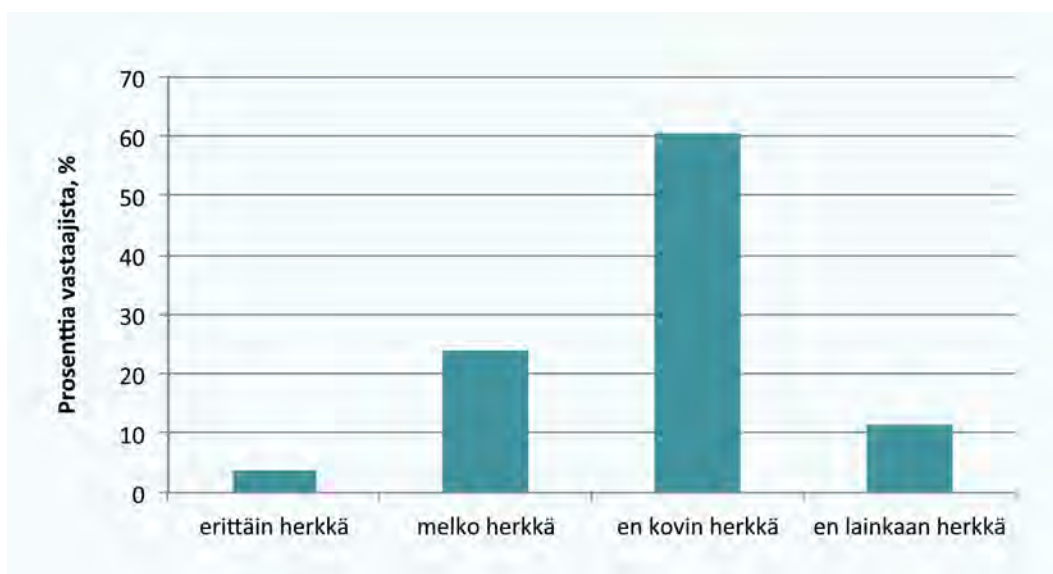
läheisillä virkistysalueilla ovat seuraavaksi yleisimmin melusta häiriintyviä toimintoja.



Kuva 24. Vastaajat, jotka kokevat melun häiritsevän tiettyjä toimintoja erittäin paljon tai paljon.

Meluherkkyys

Asukkailta tiedusteltiin myös heidän kokemustaan omasta meluherkkyydestään. Suurin osa vastaajista ei koe olevansa kovinkaan herkkiä melulle. Erittäin herkkiä on 4 % ja melko herkkiä 24 % vastaajista (Kuva 25).



Kuva 25. Vastaajien ilmoittama oma herkkyys melulle.

3.1.3 Tulosten pohdinta

Tieliikenteen melu häiritsee yleisimmin

Melulähteiden aiheuttamaa häiritsevyyttä kysyttiin sekä yleisellä tasolla (vuorokaudenaikaa määrittelemättä) että erikseen päivällä ja yöllä koettua häiritsevyyttä. Tieliikenteen melu koettiin yleisimmin (erittäin) paljon häiritseväksi melulähteeksi tarkasteltavasta vuorokaudenajasta riippumatta. Helsingissä tieliikenteen melulle altistuu huomattava määrä asukkaita kaikkina vuorokaudenaikoina ja tieliikenne on selvästi suurin meluhaittojen aiheuttaja myös altistujamäärissä mitattuna. Siihen nähden oli odotettavissa, että tieliikenne on asukkaita yleisimmin häiritsevä melulähde. Päiväaikaan tieliikenteen koki erittäin häiritseväksi 12 % vastaajista ja yöaikaan 8 %. Liikennemäärät ovat öisin pääsääntöisesti vähäisempiä kuin päiväaikaan, joten myös melutasot öisin ovat useimmiten alhaisempia.

Myös useimmissa eurooppalaisissa kyselytutkimuksissa tieliikenne on koettu yleisimmin häiritseväksi melulähteeksi, joskin naapurimelu on osassa tutkimuksia todettu miltei yhtä yleisesti häiritseväksi (Niemann & Maschke 2004, Grimwood ym. 2002, European Commission 2005). Kaupunkitasolla esimerkiksi Rotterdamsissa 13 % kyselytutkimukseen vastanneista asukkaista koki tieliikenteen melun erittäin häiritseväksi (MSR 2008).

Lentoliikenteen aiheuttama häiritsevyys oli yllättävän yleistä siihen nähden, kuinka vähän Helsingissä on lentomelulle altistuvia asukkaita. Tulos selittynee osittain sillä, että tutkimusten mukaan samalla keskiäänitasolla lentomelu koetaan häiritsevämmäksi kuin tie- tai raideliikenteen melu (Miedema 2007). Raideliikenteen aiheuttama häiritsevyys oli melko vähäistä Helsingissä. Monissa muissakin kyselytutkimuksissa raideliikenteen melu on ollut vähiten häiritsevää muihin liikennemelulähteisiin verrattuna (mm. MSR 2008 ja Grimwood ym. 2002). Helsingin ympäristökeskukseen tulevista liikennemeluun liittyvistä yhteydenotoista suurin osa liittyy raitieliikenteen aiheuttamiin meluhaittoihin, mihin nähden raitieliikenteen olisi voinut olettaa aiheuttavan enemmän häiritsevyyttä. Toisaalta raitiolinjat rajoittuvat tietyille kantakaupungin kaduille, alueellisesti melko pieneen osaan kaupunkia.

Helsingissä on edellisen kerran tehty selvitys ympäristömelun häiritsevyydestä vuonna 1997 (Liikonen & Björk 1997). Tuolloin kyselytutkimus toteutettiin viidellä eri pienalueella. Myös 1997 tieliikenteen melu koettiin yleisimmin häiritseväksi. Kysymyksessä ei tuolloin määritelty, oliko kyseessä päivä- vai yöaikainen melu. Keskimäärin 12 % tutkimusalueiden väestöstä koki tieliikennemelun erittäin tai melko häiritseväksi. Lentoliikenteen koki melko tai erittäin häiritseväksi 6 % ja raideliikenteen 5 %. Näiden kahden eri kyselyn tuloksia ei voida suoraan verrata, sillä mm. kysymysten ja vastausasteikoiden muotoilu sekä otanta ovat muuttuneet. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että tieliikennemelun häiritseväksi kokevien osuus on noussut, kun taas raideliikenteen häiritseväksi kokevien osuus on jopa hieman pienentynyt. Lentomelun osalta tulokset ovat hyvin samansuuntaiset, vaikka lentomelu on vuosikymmenessä vähentynyt Helsingissä huomattavasti. Tulos nou-

dattelee muissakin maissa tehtyjä havaintoja, joiden mukaan lentomelun häiritsevyysvasteet ovat jyrkentyneet vuosien mittaan (Babisch ym. 2009).

Naapurista kuuluvat äänet korostuvat öisin

Naapureiden aiheuttama melu koettiin Helsingissä toiseksi yleisimmin häiritseväksi. Tilastokeskuksen vuosina 2004–2005 toteuttamassa haastattelututkimuksessa kysyttiin myös mm. koetuista meluhaitoista. Tutkimuksen mukaan noin viidennes pääkaupunkiseudun kotitalouksista oli havainnut häiritsevää melua. Melu seinänaapureista ja muualta omasta talosta koettiin jopa useammin häiritseväksi kuin liikenteen melu (Lankinen 2008). Naapureiden aiheuttaman melun häiritsevyys on korostunut myös monissa muissa tutkimuksissa (kts. kuva 5 sivulla 21). Hollantilaisessa tutkimuksessa naapurimelu koettiin jopa useammin erittäin häiritseväksi kuin tiemelu (European Commission 2005). Myös Isossa-Britanniassa tehdyissä kyselytutkimuksissa naapurimelu on korostunut ja sen on todettu aiheuttavan tieliikenteen jälkeen toiseksi yleisimmin häiritsevyyttä. Isossa-Britanniassa on havaittu, että naapurimelu on ainoa ympäristömelulähde, jonka kielteisesti kokevien osuus lisääntyi tilastollisesti vuosina 1991–1999 (Grimwood ym. 2002).

Naapureiden melua lukuun ottamatta melu koettiin erittäin häiritseväksi yleisemmin päivällä kuin yöllä. Yöaikaan naapurimelu koettiin häiritseväksi lähes yhtä yleisesti kuin tiemelu. Öisin ulkoa ei yleensä kantaudu niin paljon taustamelua asuntoihin kuin päivällä, joten naapureiden äänet ja muut asuinrakennuksen sisällä syntyvät äänet ovat selvemmin ja häiritsevämminä kuultavissa. Myös Isossa-Britanniassa on todettu, että ilta- ja yöaikaan asukkaita häiritsee erityisesti naapurista kantautuva melu (Grimwood ym. 2002).

Rakennustöistä aiheutuva melu koettiin päiväaikaan yhtä yleisesti häiritseväksi kuin naapureiden melu. Yöaikaan rakennustöistä koettiin häiriötä huomattavasti harvemmin. Rakennustyöt pyritäänkin Helsingissä suorittamaan päivällä ja vain poikkeustapauksessa ne sallitaan yöllä. Rakennustöiden melun päivisin häiritseväksi ja erittäin häiritseväksi kokevien osuus on yllättävänkin korkea. Eurooppalaisissa kyselytutkimuksissa rakennustyöt erittäin häiritseväksi kokeneiden osuus on ollut luokkaa 2–3 % (kuvaviite Liikonen & Leppänen 2005 s. 47 ja Grimwood ym. 2002). Toisaalta esim. Australiassa Victorian alueella rakennustöiden on todettu olevan kolmanneksi yleisimmin asukkaita häiritsevä melulähde tie- ja naapurimelun jälkeen (EPA Viktoria 2007). Huomattakoon, että Victorian tutkimuksessa valtaosa häiritsevistä rakennusmelusta johtui naapuri- ja muiden asuntojen kunnostamisesta ja rakentamisesta. Helsingissä kerrostaloasuminen on hyvin yleistä, joten kerrostalon muista asunnoista kantautuvat korjaus- ja asennustöiden äänet ovat saattaneet nostaa rakennustyömelun häiritseväksi kokemisen yleisyyttä Helsingin asukaskyselyssä.

Eri kyselyissä tarkasteltujen melulähteiden häiritsevyysjärjestys riippuu myös siitä, kuinka täsmällisesti melulähteet on nimetty ja kuinka ne on ryhmitelty kyselykaavakkeissa. Tässä kyselyssä esim. rakennustöistä aiheutuvaa melua ei ollut eritelty samasta rakennuksesta kantautuviin (remontoinnin, kalusteiden asentamisen ym.) ääniin ja lähistön rakennustyömaiden meluun. Samoin naapurien me-

lua ei ollut eritelty sisältä ja pihalta kuuluviin ääniin. Eri kyselyissä vastaajat ovatkin voineet mieltää kysymysten tarkoittamat melulähteet eri tavoin, mikä on muistettava tuloksia tulkittaessa ja vertailtaessa.

Ulkoilmatapahtumien (esim. konsertit, urheilutapahtumat) melun häiritsevyys asettui yleisyydeltään raitio- ja rautatiemelun välivaiheille. Tapahtumat ajoittuvat pääosin kesäaikaan, mikä saattoi vaikuttaa tuloksiin, sillä kysely tehtiin talvella. Haitat myös rajoittuvat usein melko pienelle alueelle tapahtumapaikan ympäristöön.

Melu häiritsee nukkumista

Kyselyssä ei ollut melulähteittäin eriteltyä kysymyssarjaa unihäiriöistä. Melulähdettä erittelemättä kysyttiin vain, kuinka paljon (mikä tahansa) melu häiritsee yöaikaan tai tiettyjä toimintoja kuten nukkumista.

Huomattava osa vastaajista, runsas viidennes, koki melun häiritsevän nukkumista paljon ja 13 % erittäin paljon. Vuoden 1997 kyselytutkimuksessa liikennemelun todettiin häiritsevän päivittäisistä toiminnoista yleisimmin nukkumista. Noin 10 % ihmisistä koki tuolloin liikenteen melun häiritsevän nukkumista melko tai erittäin paljon. Melun kohdistumisen makuuhuoneeseen havaittiin lisäävän ympäristömelun häiritsevyyttä (Liikonen & Björk 1997).

Tulokset ovat melko samansuuntaisia ulkomaisten tutkimusten kanssa, vaikka kysymysten muotoilu vaihtelee. Alankomaissa vuonna 2003 tehdyn kyselyn mukaan 25 % vastaajista koki melun häiritsevän unta erittäin paljon. Melulähteistä tieliikenne ja naapureiden melu aiheuttivat eniten yöaikaista unen häirintää (Dongen ym. 2004 European Commission 2004 mukaan, European Commission 2004 mukaan). Australialaisen kyselytutkimuksen mukaan 24 % vastaajista raportoi yleisesti melun aiheuttavan unihäiriötä (EPA Viktoria 2007). Samoin LARES-tutkimuksen kahdeksassa eurooppalaisessa kaupungissa 2002–2003 toteutetun kyselyn mukaan keskimäärin 23 % asukkaista koki melun vuoksi unihäiriötä (WHO LARES 2007).

Ulkomaisiin kyselyihin vertailtaessa on huomattava, että esim. häiritseväksi kokevien prosenttiosuudet riippuvat siitä, mille ikäryhmille kysely on suunnattu ja ilmoitetaanko tulokset osuuksina kyselyyn vastanneista vai osuuksina kaikenikäisistä asukkaista. Tulosten ilmoittamistapa vaihtelee tutkimuksittain. Koska Helsingin kysely osoitettiin vain 18–75-vuotiaille, kaupungin koko väestölle laskettavat prosenttiosuudet olisivat noin neljänneksen nyt raportoituja lukuaroja pienemmät.

Muista toiminnoista melu häiritsee Helsingissä useimmiten ikkunoiden aukipitämistä sekä pihalla ja parvekkeella oleskelemista. Myös Isossa-Britanniassa tehdyn kyselyn mukaan tieliikenteen melu häiritsee erityisesti ikkunoiden ja ovien aukipitämistä, nukkumista ja rentoutumista (Skinner et al. 2002, Moorhouse 2009 mukaan). Myös Australiassa lukemisen, rentoutumisen ja muiden rauhallisten toimintojen sekä ulkona oleskelun on todettu häiriintyvän selvästi melun takia.

Reilu neljännes meluherkkiä

Vastaajista 28 % ilmoitti olevansa melko tai erittäin herkkiä melulle. Vuoden 1997 tutkimuksessa meluherkkyyttä tiedusteltiin täsmälleen samalla lyhyellä suoralla kysymyksellä. Meluherkkien osuus Helsingissä on näiden kahden kyselyn perusteella pysynyt ennallaan. 1997 itsensä melko tai erittäin meluherkäksi koki 27 % vastaajista (Liikonen & Björk 1997). Meluherkkyys on monissa tutkimuksissa ollut hieman yleisempää. Ruotsalaistutkimuksessa melko tai erittäin meluherkkiä oli 36 % väestöstä (Öhrström ym. 2006) ja laajassa suomalaistutkimuksessa meluherkkiä todettiin olevan 38 % väestöstä (Heinonen-Guzejev ym. 2004). Meluherkkyyttä on kuitenkin mitattu näissä tutkimuksissa eri tavoin muotoilluilla kysymyksillä ja vastausasteikoilla. Helsingissä on suhteellisen paljon melua, joten on mahdollista, että kaupunkiin on jossain määrin valikoitunut melulle vähemmän herkkiä asukkaita.

Kaikkiaan iso osa helsinkiläisistä kokee eri melulähteiden melun häiritseväksi. Melu häiritsee monenlaisia toimintoja, etenkin nukkumista, lepoa ja ulkoilua. Ruotsalaistutkimuksen mukaan asuntojen, makuuhuoneiden ja piha-alueiden aukeaminen rakennuksen hiljaisemmalle puolelle vähentää merkittävästi tieliikenteen häiritsevyyttä, parantaa unenlaatua ja kohentaa fysiologista ja psyykkistä hyvinvointia (Öhrström ym. 2006). Jatkossa tulisi tehdä kysely, jonka tulokset yhdistettäisiin mallinnettuihin (ja/tai mitattuihin) keskiäänitasoihin, jolloin saataisiin tietoa altistumisen ja melureaktioiden yhteydestä (ts. vastefunktioista) paikallisissa oloissa. Tällöin tiedot mm. asuntojen sijoittelusta, pohjaratkaisuista, ilmastoista, ikkunarakenteista, suojaisista piha-alueista sekä ilmansaasteille altistumisesta ja viheralueiden läheisyydestä olisivat tärkeitä lisämuuttujia tarkasteluun.

5 Johtopäätökset ja suositukset

Ympäristömelu on stressitekijä ja merkittävä ympäristöterveydellinen haitta. Se vähentää elinympäristön viihtyisyyttä. Toisaalta laadukas akustinen ympäristö asuin- ja virkistysalueilla edistää ihmisten hyvinvointia.

Tutkimusten perusteella voidaan antaa seuraavia jatkotyö- ja suunnittelusuosituksia:

1. Ympäristömelun häiritsevyydestä sekä ympäristömelun aiheuttamista terveysvaikutuksista ja niihin liittyvistä kustannuksista tarvitaan lisätietoa. Melun häiritsevyyden on todettu liittyvän verenpainetautiin ja sepelvaltimotautiin. Sydäninfarktin ilmaantuvuus kasvaa tieliikennemelun äänitason noustessa yli 60 dB. Melun yhteyttä aivohalvausriskin kasvamiseen tutkitaan.
2. Melun ja pienhiukkasten yhteisvaikutuksia vilkkaasti liikennöityjen väylien varrella tulisi tutkia lisää.
3. Melutason ylittäessä 60 dB tulisi asuinhuoneistot ulottaa läpi talon ja makuuhuoneet sijoittaa asuinrakennusten hiljaisemmalle puolelle. Ikkunan auki pitämistä tieliikenne häiritsee jo alhaisemmilla äänitasoilla. Unihäiriöt ovat ympäristömelun merkittävä haitta. Asunnot tulisi voida myös tuulettaa hiljaisemmalta puolelta.
4. Herkät kohteet (päiväkodit, koulut, vanhainkodit) tulee sijoittaa melulta suojaan. Melu voi vaikuttaa etenkin lasten kognitiivisiin toimintoihin kuten lukemiseen ja muistiin. Tutkimusnäyttö viittaa siihen, että hyvin voimakkaalla ympäristömelulla voi olla vaikutuksia lasten mielenterveyteen.
5. Leikki- ja oleskelualueiden melutaso ei saa ylittää valtioneuvoston päätöksen (Vnp 993/1992) mukaisia ohjearvoja.
6. Helsingissä tarvitaan ns. hiljaisia alueita. Kyselytutkimus osoitti, että melu häiritsee asukkaita myös lähivirkistysalueilla. Ympäristön akustista laatua voitaisiin lisäksi parantaa suunnittelemalla ja toteuttamalla uusia, kaupunkimaisia hiljaisia alueita.
7. Melusteiden suunnittelu ja jo suunniteltujen esteiden toteuttaminen tarvitsevat sekä valtiolta että kaupungilta lisäpanostusta. Melusteitä rakennetaan torjumaan voimakasta melua väylien läheisyydessä kohteissa, joissa riittävää suojausta ei voida saavuttaa muilla keinoilla. Esteiden toteuttaminen on ollut huomattavan hidasta.

6 Kirjallisuus

Babisch, W. 2002. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise & Health* 4, s. 1–11. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Babisch, W. 2006a. Transportation noise and cardiovascular risk .Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation. Federal Environmental Agency. Berlin.

Babisch, W. 2006b. Transportation noise and cardiovascular risk: updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased. *Noise & Health* 8, s. 1-29. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Babisch, W. 2008a. Practical approaches for cardiovascular risk assessment.

Babisch, W. 2008b. Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise & Health*. 10, s. 27-33. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Cadum E, Katsouyanni K, Velonakis M, Dudley ML, Marohn HD, Swart W, Breugelmans O, Bluhm G, Selander J, Vigna-Taglianti F, Pisani S, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Zachos I & Järup L; HYE-NA Consortium 2009: Annoyance due to aircraft noise has increased over the years--results of the HYENA study. *Environ Int.* 35: 1169-76.

Babisch, W., Ising, H. & Gallacher J.E. 2003. Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease. *Occupational and Environmental Medicine* 60, s. 739–745. ISSN (printed): 1351-0711. ISSN (electronic): 1470-7926.

Basner, M., Samel, A. & Isermann, U., 2006. Aircraft noise effects on sleep: Application of a large polysomnographic field study. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119(5), 2 772–2 784. ISSN (print) 0001-4966.

Belojevic, G. & Saric-Tanaskovic, M. 2002. Prevalence of arterial hypertension and myocardial infarction in relation to subjective ratings of traffic noise exposure. *Noise & Health*, 4, s. 33–37. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Boman, E., Enmarker, I. & Hygge S. 2005. Strength of noise effects on memory as a function of noise source and age. *Noise & Health* 7, s. 11-26. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Carter, N. L., & Beh, H. C. 1989. The effect of intermittent noise on cardiovascular functioning during vigilance task performance. *Psychophysiology* 26, s. 548–559. ISSN 0048-5772.

Cohen, S., Evans, G.W., Krantz, D.S. & Stokols, D. 1980. Physiological, motivational and cognitive effects of aircraft noise on children: Moving from the laboratory to the field. *American Psychologist* 35, s. 231-243. ISSN: 0003-066X. eISSN: 1935-990X.

den Boer, L. C. & Schroten A. 2007. Traffic noise reduction in Europe; health effects, social costs and technical and policy options to reduce road and rail traffic noise. CE Delft 07.4451.27. Delft. 64 s.

Dongen, J.E.F., van, Franssen, E.A.M., Ruysbroek, J.M.H., Stellato, R.K. & Vos, H. (2004). Hinder door milieufactoren en de beoordeling van de leefomgeving in Nederland Annoyance by environmental factors and evaluation of the living environment). RIVM, Bilthoven, TNO-INRO, Delft

EEA (European Environment Agency). Good practice guide on noise exposure and potential health effects. Technical report No 11/2010. ISBN 978-92-9213-140-1. ISSN 1725-2237. http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-noise/at_download/file

Ellermeier, W., Eigenstetter, M., Zimmer, K. 2001. Psychoacoustic correlates of individual noise sensitivity. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109 (4), 1464–1473. ISSN (print) 0001-4966.

EPA Victoria 2007. EPA Noise Surveys 2007. Publication 1169. <http://epanote2.epa.vic.gov.au/EPA/Publications.nsf/PubDocsLU/1169?OpenDocument>

Eriksson, C., Bluhm, G., Hilding, A., Ostenson, C.G. & Pershagen, G. Aircraft noise and incidence of hypertension-gender specific effects. *Environ Res.* 2010 Nov;110(8), s. 764-772. ISBN 978-1-60021-618-3.

European Commission 2002. Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. EU's Future Noise Policy, WG2 – Dose/Effect.

European Commission 2004. Position paper on dose-effect relationship for night time noise. European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects.

European Commission 2005. Working paper on the effectiveness of noise measures. Working Group Health & Socio-Economic Aspects.

Evans, G.W., Hygge, S. & Bullinger, M. 1995. Chronic noise and psychological stress. *Psychological Science* 6, s. 333-338. Print ISSN: 0956-7976; Online ISSN: 1467-9280.

Fields, J. M. 1993: Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *Journal of Acoustical Society of America* 93 (5): 2753-2763. ISSN (print) 0001-4966

Grimwood, C.J., Skinner, C.J. & Raw, G.J. 2002: The UK National Noise Attitude Survey 1999/2000. BRE, Watford, WD25 9XX. <http://www.bre.co.uk/pdf/NAS.pdf>

Guski, R., Felscher-Suhr, U. & Schuemer, R. 1999. The concept of noise annoyance: how international experts see it. *Journal of Sound and Vibration* 223, s. 513–527. ISSN: 0022-460X.

Heinonen-Guzejev, M., Jauhiainen, T., Vuorinen, H., Viljanen, A., Rantanen, T., Koskenvuo, M., Heikkilä, K., Mussalo-Rauhamaa, H. & Kaprio, J. 2011. Noise sensitivity and hearing disability. *Noise & Health*;13:51-58. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Heinonen-Guzejev, M., Vuorinen, H.S., Mussalo-Rauhamaa, H., Heikkilä, K., Kaprio, J. & Koskenvuo, M. 2004. Somatic and psychological characteristics of noise-sensitive adults in Finland. *Archives of Environmental Health*, 59, s. 410–417. ISSN: 0003-9896.

Heinonen-Guzejev, M., Vuorinen, H.S., Mussalo-Rauhamaa, H., Heikkilä, K., Koskenvuo, M. & Kaprio, J. 2005. Genetic component of noise sensitivity. *Twin Res Hum Genet*, 8(3), 245–249. ISSN: 1832-4274.

Heinonen-Guzejev, M., Vuorinen, H.S., Mussalo-Rauhamaa, H., Heikkilä, K., Koskenvuo, M. & Kaprio, J. 2007. The association of noise sensitivity with coronary heart and cardiovascular mortality among Finnish adults. *Science of the Total Environment*; 372, 406–412. ISSN: 0048-9697.

Hiramatsu, K., Tokuyama, T., Matsui, T., Miyakita, T., Osada, Y. & Yamamoto, T. 2003. The Okinawa study: effect of chronic aircraft noise exposure on memory of school children. *Proc. 8th International conference on Noise as a Public Health Problem*, 179-180.

Huss, A., Spoerri, A., Egger, M. & Röösli, M. 2010. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology* 21, s. 829-836. ISSN: 1044-3983. Online ISSN:1531-5487.

Hygge, S. & Kjellberg, A. Special issue on noise, memory and learning. *Noise & Health* 2010 12, s. 199-200. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Hygge, S. 1993. A comparison between the impact of noise from aircraft, road traffic and trains on long term recall and recognition of text in children aged 12-14 years. *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene* 88, 416-427. ISSN 0300-8665.

Hygge, S., Evans, G.W. & Bullinger, M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychological Science* 13, s. 469-474, 2002. Print ISSN: 0956-7976; Online ISSN: 1467-9280.

Hänninen, O., Leino, O., Kuusisto, E., Komulainen, H., Meriläinen, P., Haverinen-Shaugnessy, U., Miettinen, I. & Pekkanen, J. 2010. Elinympäristön altisteiden terveysvaikutukset Suomessa. Ympäristö- ja Terveys - lehti 3, s. 12-35. ISSN 0358-3333.

Ising, H. & Kruppa, B. 2004. Health effects caused by noise: Evidence in the literature from the past 25 years. *Noise & Health* 6, s. 5-13. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D. Pershagen, G., Katsouyanni, K., Cadum, E., Dudley M. L., Savigny P., Seiffert, I., Swart, W., Breugelmans, O., Bluhm, G., Selander, J., Haralabidis, A., Dimakopoulou K., Sourtzi, P., Velonakis, M., & Vigna-Taglianti, F. 2008. Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environment Health Perspectives* 116(3), 329-333.

Jauhiainen, T., Vuorinen, H.S. & Heinonen-Guzejev, M. 2007. Ympäristömelun vaikutukset. Ympäristöministeriö. ISBN 978-952-11-2563-8 (nid), ISBN 978-952-11-2564-5 (PDF).

Kishikawa, H., Matsui, T., Uchiyama, I., Miyakawa, M., Hiramatsu, K. & Stansfeld, S.A. 2009. Noise sensitivity and subjective health: questionnaire study conducted along trunk roads in Kusatsu, Japan. *Noise Health* 11(43):111-117. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Lahti, T., Gouatarbès, B. & Markula, T. 2007. Helsingin kaupungin meluselvitys 2007. Helsingin kaupungin julkaisuja 6/2007. Helsinki. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. 26 s. ISBN 978-952-473-928-3

Lanki, T. & Pekkanen, J. 2008. Kaupunki-ilman hiukkaset ja sydänsairaudet Suomen Lääkärilehti 11,s. 1059-1065. ISSN: 0039-5560.

Lankinen, M. 2008: Asuminen, tulot ja varallisuus. Helsingin kaupungin tietokeskus. Tutkimuksia 2008/5. 59 s. ISBN 978-952-223-195-6.

Lercher, P., Schmitzberger, R. & Kofler W. 1995. Perceived traffic air pollution, associated behavior and health in an alpine area. *Science of the Total Environment* Jul 8;169(1-3):71-4. ISSN: 0048-9697.

Liikonen L. & Björk, E. 1997: Ympäristömelun häiritsevyys Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 11/97. Helsinki. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. 44 s. ISBN 951-718-036-5.

Liikonen, L. & Leppänen, P. 2005. Altistuminen ympäristömelulle Suomessa - Tilannekatsaus 2005. Suomen ympäristö 809, ympäristönsuojelu. Helsinki. Ympäristöministeriö. 58 s. ISBN 951-731-357-8 (pdf).

Marks, A & Griefahn, B. Associations between noise sensitivity and sleep, subjectively evaluate sleep quality, annoyance, and performance after exposure to nocturnal traffic noise. *Noise & Health* 9, 1–7, 2007. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Matheson, M., Clark, C., Martin, R., van Kempen, E., Haines, M., Barrio, I.L., Hygge, S. & Stansfeld S. 2010. The effects of road traffic and aircraft noise exposure on children's episodic memory: The RANCH Project. *Noise & Health* 12, s. 244-254. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Matsui, T., Stansfeld, S., Haines, M. & Head, J. Children's cognition and aircraft noise exposure at home - the West London Schools Study., s. 49-57, 2004. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Miedema, H. M. E., & Vos, H. 2003. Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 113, s. 1492–1504. ISSN (print) 0001-4966.

Miedema, H.M.E & H. Vos 1999: Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *J. Acoust. Soc. Am* 105 (6) 3336-3344. ISSN0001-4966.

Miedema, H.M.E. & Oudshoorn C.G.M. 2001. Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives* 109, s. 409–416. ISSN: 0091-6765.

Miedema, H.M.E. & Vos, H. 2004. Self-reported sleep disturbance caused by aircraft noise. TNO Inro report 2004–15.

Miedema, H.M.E. 2003. Self-reported sleep disturbance caused by aircraft noise. TNO Inro, Delft, 2004-15.

Miedema, H.M.E. 2007. Annoyance Caused by Environmental Noise: Elements for Evidence-Based Noise Policies. *Journal of Social Issues* Vol. 63 Issue 1, s. 41-57. ISSN 0022-4537.

Miedema, H.M.E., Passchier-Vermee, r W. & Vos, H. 2003. Elements for a position paper on nighttime transportation noise and sleep disturbance. TNO Inro report 2002–59.

Milieu, TNO & RPA 2010. Final Report on Task 3, Impact Assessment and Proposal of Action Plan. Milieu Ltd.
http://www.milieu.be/final_reports/end_task_3_final_report.pdf

Moorhouse A.(ed) 2009. Environmental Noise and health in the UK. Draft for comment, 6.7.2009. A report published by the Health Protection Agency on behalf of an ad hoc Expert Group on the Effect of Environmental Noise on Health.
http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1246433634856

MSR 2008. Noise, Health and Money. The price of noise 2008. MSR Theme report. By: The theme group Noise MSR2008.
<http://www.hetmilieuinderegiorotterdam.nl/binaries/msr/rapporten/2008/eindversie-themarapport-engels-2008.pdf>

Mustajoki, P. Aivohalvaus (aivoinfarkti ja aivoverenvuoto). Lääkärikirja Duodecim 2010b http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00001

Mustajoki, P. Sydäninfarkti. Lääkärikirja Duodecim 2010a
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00086

Muzet, A. 2007. Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews* 11, s. 135–142. ISSN: 1087-0792.

Määttä, A., Pynnönen, T., Parviainen, S., Kokkonen, J., Korhonen, J., Kontkanen, O., Jääoja, J., Hänninen, O., Keskinen, A., Huhtinen, T., Lahti, T., Kilpi, L. & Viinikainen, M. 2012. Helsingin kaupungin meluselvitys 2012. Helsingin kaupungin julkaisuja 8/2012. Helsinki. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. ISBN:978-952-272-265-2.

Ndrepepa, A. & Twardella, D. 2011. Relationship between noise annoyance from road traffic noise and cardiovascular diseases: A meta-analysis. *Noise Health* 13, s.251-259. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Niemann, H. & Maschke, C. 2004. WHO LARES Final report: Noise affects and morbidity. World Health Organisation http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0015/105144/WHOLares.pdf

Nivison, M.E.& Endresen, I.M. 1993. An analysis of relationship among environmental noise, annoyance and sensitivity to noise, and the consequences for health and sleep. *J Behav Med* 16(3): 257–276. ISSN: 0160-7715 (Print) 1573-3521 (Electronic).

Nopher 2003: Noise pollution health effects reduction. Final Report: 2000-2003.
http://circa.europa.eu/Public/irc/env/noisedir/library?l=/health_effects_noise

Otten, H., Schulte, W.& von Eiff A.W. 1990. Traffic noise, blood pressure, and other risk factors: the Bonn traffic noise study. In: Berglund B, Lindvall T, eds. *Noise as a Public Health Problem*, pp 327–335. Stockholm, Sweden: Swedish Council for Building research 4.

Ouis, D.1999. Exposure to nocturnal road traffic noise: Sleep disturbance its after effects. *Noise & Health* 1, s. 11-36. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Proceedings of the International Workshop on “Combined Environmental Exposure: Noise, Air Pollutants and Chemicals”, Ispra (Italy), 15-16 January 2007.

Päivänen, J. & Leppänen, P. 2010. Helsingin hiljaiset alueet - asukaskyselyn tuloksia. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 5/2010. 50s. ISBN 978-952-223-697-5.

Road Traffic & Aircraft Noise & Children's Cognition & Health – RANCH Project
http://www.wolfson.qmul.ac.uk/RANCH_Project/

Sala, E., Airo, E., Olkinuora, P., Simberg, S., Ström, U., Laine, A., Pentti, J., Suonpää, J. Vocal loading among day care center teachers. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2002;27(1):21-8.

Sala, E., Laine, A., Simberg, S., Pentti, J. & Suonpää J. 2001. The Prevalence of Voice Disorders Among Day Care Center Teachers Compared with Nurses: A Questionnaire and Clinical Study. *Journal of Voice* 15(3), s. 413–423. ISSN: 0892-1997.

Schwela, D., Kephelopoulos, S. & Prasher D. 2005. Confounding or aggravating factors in noise-induced health effects: Air pollutants and other stressors. *Noise & Health* 7, s. 41–50. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Selander, J., Nilsson, M. E., Bluhm, G., Rosenlund, M., Lindqvist, M., Nise, G. & Pershagen, G. 2009. Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Myocardial Infarction. *Epidemiology Vol 20, Issue 2*, s. 272-279. ISSN: 1044-3983. Online ISSN:1531-5487.

Shepherd, D., Welch, D., Dirks, K.N. & Mathews, R. 2010. Exploring the relationship between noise sensitivity, annoyance and health-related quality of life in a sample of adults exposed to environmental noise. *Int J Environ Res Public Health*; 7(10):3579-3594. ISSN 1660-4601.

Simberg, S., Sala, E., Vehmas, K. & Laine A. Changes in the prevalence of vocal symptoms among teachers during a twelve-year period. *J Voice*. 2005 Mar;19(1):95-102.

Skinner C, Ling M, Grimwood C & Raw G. (2002). The 1999/2000 National Survey of Attitudes to Environmental Noise -- Volume 3 United Kingdom Results. BRE report 205217f.

Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Ohrström E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I & Berry BF; RANCH study team. *Lancet*. 2005 Jun 4-10;365(9475):1942-9. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study.

Stansfeld, S., Hygge, S., Clark, C. & Alfred, T. 2010. Night time aircraft noise exposure and children's cognitive performance. *Noise & Health* 12(49), s. 255-262. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Stansfeld, S.A. Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. *Psychological Medicine, Monograph Supplement* 22. Cambridge University Press. 1992, s. 1–44. ISSN 0033-2917.

Stansfeld, S.A., Haines, M.M., Burr, M., Berry, B. & Lercher P. 2000. A review of environmental noise and mental health. *Noise & Health* 2, s. 1-8. ISSN (printed): 1463-1741. ISSN (electronic): 1998-4030.

Sørensen, M., Hvidberg, M., Andersen, Z.J., Nordsborg, R.B., Lillelund, K.G., Jakobsen, J., Tjønneland, A., Overvad, K. & Raaschou-Nielsen, O. 2011. Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. *Eur Heart J* 32(6):737-744. ISSN: 0195668X, EISSN: 15229645.

van Kamp, I., Job ,R.F., Hatfield, J., Haines, M., Stellato, R.K. & Stansfeld, S.A. 2004. The role of noise sensitivity in the noise-response relation: a comparison of three international airport studies. *Journal of the Acoustical Society of America* 116(6): 3471–3479. ISSN (print) 0001-4966.

van Kempen, E.E., Kruize, H., Boshuizen, H.C., Ameling, C.B., Staatsen, B.A. & de Hollander, A.E. 2002. The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 110(3), 307–317. ISSN: 0091-6765.

WHO 2009. Night noise guidelines for Europe. World Health Organisation. xviii + 162 s. ISBN 978 92 890 4173 7.

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf

WHO 2011. Burden of disease from Environmental noise, Qualification of healthy life years lost in Europe. World Health Organisation. ISBN 978 92 890 0229 5. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf

WHO LARES. Preliminary overview 2007

WHO, 1972. Technical report series 506. Geneva: World Health Organization.

WHO, 1980. International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps (ICIDH), World Health Organization. Geneva.

WHO, 2009. Night Noise Guidelines for Europe. ISBN 978 92 890 4173 7.

WHO, 2011. Burden of disease from Environmental noise, Qualification of healthy life years lost in Europe. World Health Organisation. ISBN 978 92 890 0229 5. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf

Öhrström, E., Rylander, R. & Björkman, M. 1988. Effects of night time road traffic noise - an overview of laboratory and field studies on noise dose and subjective noise sensitivity. *J Sound Vib* 127(3): 441–448. ISSN 0022-460X.

Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. & Gidlöf-Gunnarsson, A. 2006: Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration* 295 (2006) 40-59.

Öhrström, E., Skånberg, A., Svensson, H. & Gidlöf-Gunnarsson, A. 2006. Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal on Sound and Vibration* 295(2006) 40-59.

KUVAILULEHTI / PRESENTATIONSBLAD / DOCUMENTATION PAGE

Julkaisija Utgivare Publisher	Helsingin kaupungin ympäristökeskus Helsingfors stads miljöcentral City of Helsinki Environment Centre	Julkaisuaika/Utgivningstid/ Publication time Lokakuu 2012 / Oktober 2012 / October 2012	
Tekijä(t)/Författare/Author(s)	Anu Haahla, Marja Heinonen-Guzejev		
Julkaisun nimi Publikationens titel Title of publication	Melun terveystvaikutukset ja ympäristömelun häiritsevyys Hälsoeffekter av buller och omgivningsbullrets störande inverkan The health impacts of noise and the disturbance of environmental noise		
Sarja Serie Series	Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja Helsingfors stads miljöcentralens publikationer Publications by City of Helsinki Environment Centre	Numero/Nummer/No. 12/2012	
ISSN 1235-9718	ISBN 978-952-272-323-9	ISBN (PDF) 978-952-272-324-6	
Kieli Språk Language	Koko teos / Hela verket / The work in full Yhteenveto/Sammandrag/Summary Taulukot/Tabeller/Tables Kuvatekstit/Bildtexter/Captions	fin fin, sve, eng fin fin	
Asiasanat Nyckelord Keywords	melu, ympäristömelu, häiritsevyys, terveystvaikutukset buller, omgivningsbuller, störande inverkan, hälsoeffekter noise, environmental noise, disturbance, health impacts		
Lisätietoja Närmare upplysningar Further information	Anu Haahla, puh./tel. (09) 310 28916 Sähköposti/e-post/e-mail: anu.haahla@hel.fi		
Tilaukset Beställningar Distribution	Sähköposti/e-post/e-mail: ymk@hel.fi		

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2011

1. Pakarinen, R., Hahkala, V. (toim.) Östersundomin yhteisen yleiskaava-alueen luontoselvityksiä
2. Rämö, S., Sjövall, A. Yhteenveto eurooppalaisten kaupunkien ympäristöpoliittisista linjauksista
3. Luontotieto Keiron Oy. Jakomäen muinaisrantakivikon luonnonsuojelualueen hoito- ja käyttösuunnitelma
4. Pönkä, A., Hiillos, K., Kivikoski, L., Nikkola, K., Vuorilehto, V.-P., Kalso, S. Raakaveden vaikutus Helsingissä käytettävän talousveden laatuun
5. Kupiainen, K., Pirjola, L., Ritola, R., Väkevä, O., Viinanen, J., Stojiljkovic, A., Malinen, A. Street dust emissions in Finnish cities – summary of results from 2006–2010
6. Räsänen, M., Karvinen, V., Muurinen, J., Sopanen, S., Pääkkönen, J.-P. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuonna 2010. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu.
7. Paavola, T., Pahkala, E. Marjojen ja sienten alkuperämaamerkinnot ja jäljitettävyyden Helsingissä 2010
8. Aspelund, P., Seimola, T., Leikas, P., Paaer, P. Harakan saaren luonnonsuojelualueiden hoito- ja käyttösuunnitelma 2011–2020
9. Yrjölä, R. Vuosaaren satamahankkeen linnustoseuranta 2010
10. Luontotieto Keiron Oy. Vantaanjoentörmän luonnonsuojelualueen hoito- ja käyttösuunnitelma 2011–2020
11. Wahlman, S. Yleisten uimarantojen hygieniat, uimavesiluokitus ja kuluttajaturvallisuus Helsingissä vuonna 2011

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2012

1. Iivonen, V. Ravintoloiden pizzatäytteiden mikrobiologinen laatu Helsingissä 2010
2. Yrjölä, T., Viinanen, J. Keinoja ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi Helsingin kaupungissa
3. Salla, A., Nurmi, P., Riipinen, M. Lumen läjityksen ympäristövaikutukset Helsingissä
4. Muurinen, J., Pääkkönen, J.-P., Räsänen, M., Vahtera, E., Turja, R., Lehtonen, K. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuosina 2007–2011. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu.
5. Savola, K. Helsingin metsien kääpäselvitys 2011
6. Miettinen, O. Orvakkalajistoselvitys Veräjämäen, Patolan ja Talin alueilla 2011
7. Karreinen, A. Grillikioskit ja niissä myytävien elintarvikkeiden mikrobiologinen laatu Helsingissä 2011
8. Määttä, A., Pynnönen, T., Parviainen, S., Kokkonen, J., Korhonen, J., Kontkanen, O., Jääoja, J., Hänninen, O., Keskinen, A., Huhtinen, T., Lahti, T., Kilpi, L., Viinikainen, M. Helsingin kaupungin meluselvitys 2012
9. Määttä, A., Pynnönen, T., Parviainen, S., Kokkonen, J., Korhonen, J., Kontkanen, O., Jääoja, J., Hänninen, O., Keskinen, A., Huhtinen, T., Lahti, T., Kilpi, L., Viinikainen, M. Helsingfors stads bullerutredning 2012
10. Yrjölä, R., Kontiokorpi, J., Luostarinen, M., Santaharju, J., Sarvanne, H., Tanskanen, A., Vickholm, J. Vuosaaren satamahankkeen linnustoseuranta 2011. Vuoden 2011 tulokset ja vuosien 2001–2011 seurannan yhteenveto.
11. Nyysönen, M. Tapahtumien ympäristöasiat – tarvekartoitus
12. Haahla, A., Heinonen-Guzejev, M. Melun terveystaikutukset ja ympäristömelun häiritsevyys