



ILMATIETEEN LAITOS

ILMANLAATUSELVITYS



Kuva: 3D Render Oy

*Liikenteen typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöjen
leviämismallinnus Keski-Pasilan Ratapihakortteleiden
julkisivuilla*

ILMANLAATU JA ENERGIA
ASiantuntijapalvelut 2015

ILMANLAATUSELVITYS

**Liikenteen typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöjen leviämismallinnus
Keski-Pasilan Ratapihakortteleiden julkisivuilla**

Hanna Hannuniemi

Katja Lovén

**ILMATIETEEN LAITOS – ILMANLAATU JA ENERGIA
ASiantuntijapalvelut**

Helsinki 21.4.2015

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	ARVIOINTIMENETELMÄT	3
2.1	Mallinnusmenetelmät	3
2.2	Menetelmä typpidioksidipitoisuuden ohjearvon ylittymisen arviointiin	4
3	TUTKIMUSALUE JA LÄHTÖTIEDOT	6
4	TULOKSET	8
4.1	Typpidioksidipitoisuudet	8
4.2	Pienhiukkaspitoisuudet	15
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	21
	VIITELUETTELO	23

1 JOHDANTO

Tässä selvityksessä on tarkasteltu päästöjen leviämismallilaskelmin Keski-Pasilan kaava-alueen ja sen lähiympäristön autoliikenteen päästöjen vaikutusta Ratapiha-kortteleiden ilmanlaatuun. Mallilaskelmat on tehty kaavoituksen ja suunnittelun tueksi. Mallilaskelmissa on tarkasteltu typpidioksidin (NO₂) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuuksia alueelle suunniteltujen rakennusten julkisivuilla Veturitien, Firdonkadun ja Radiokadun varrella. Raportissa on annettu suosituksia rakennusten raittiin ilman sisäänottojen sijoittamisesta. Laskelmissa on hyödynnetty aiemman Keski-Pasilan alueen ilmanlaatuselvityksen lähtötietoja (*Lovén ym., 2014*). Liikennemääräennustetietoja on tarkennettu mm. Radiokadun ja Rautatieläisenkadun osalta.

Työn tilasi Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto (KSV), joka on myös toimittanut tarvittavat lähtötiedot. Päästöjen leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut -yksikössä.

2 ARVIOINTIMENETELMÄT

2.1 Mallinnusmenetelmät

Leviämislaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyllä viivalähdemallilla CAR-FMI (Contaminants in the Air from a Road; Karppinen, 2001; Härkönen ym., 2001). Malli on gaussilainen leviämismalli, joka on ensisijaisesti kehitetty avoimessa ympäristössä olevien liikenneväylien päästöjen leviämisen mallintamiseen. Gaussilaisia malleja kuitenkin sovelletaan laajasti myös kaupunkialueille tehtävissä ilmanlaatuarvioinneissa, joihin niiden katsotaan olevan ns. ehdollisesti hyväksyttävää (*Denby, B., 2011*). Gaussilaiset mallit käyttävät homogeenista meteorologista aineistoa, koska kaupunkirakenteiden aiheuttamia dynaamisia muutoksia virtauskenttiin ei gaussilaisella laskentamenetelmällä pystytä tarkasti huomioimaan. Gaussilaisten leviämismallien käyttöä kaupunkiympäristössä ja niiden soveltuvuutta siihen voidaan perustella tilastollisella edustavuudella, joka saavutetaan riittävän pitkien (useiden vuosien) tuntikohtaisten aikasarjojen käytöllä. Mallinnetuilla pitkän ajan keskiarvoilla päästään riittävän hyvään tarkasteltavaa aluetta edustavaan lopputulokseen.

Kohdealueen ympäristöä kuvataan viivalähdemallissa nk. rosoisuusparametrin avulla. Rosoisuusparametri ilmentää maaston muodon vaikutusta tuulen pystysuuntaiseen jakaumaan. Leviämislaskelmissa rosoisuusparametri vaikuttaa tuulen nopeuteen: mitä suurempi on rosoisuusparametrin arvo, eli mitä suurempia ovat eri leviämissesteiden korkeuserot tarkastelualueella, sitä pienempi on mallin laskennassa käyttämä tuulen nopeus. Rosoisuusparametrin vaikutus mallinnettuihin pitoisuuksiin on monimutkainen ilmiö. Vaikutus riippuu tarkasteltavasta päästökomponentista, päästö- ja tarkastelukorkeudesta, tarkastelupisteen etäisyydestä tiestä ja tien suuntauksesta vallitsevan tuulen suuntaan nähden (*Kauhaniemi, 2003*). Tässä mallinnuksessa rosoisuusparametrin arvona käytettiin lukua 1.5, mikä kuvaa kaupunkiympäristössä olevia korkeita rakennuksia. Avoimessa kaupunkiympä-

päristössä, jossa ei ole merkittäviä leviämiseiteitä, käytetään tyypillisesti rosoisuusparametrin arvoa 0.5.

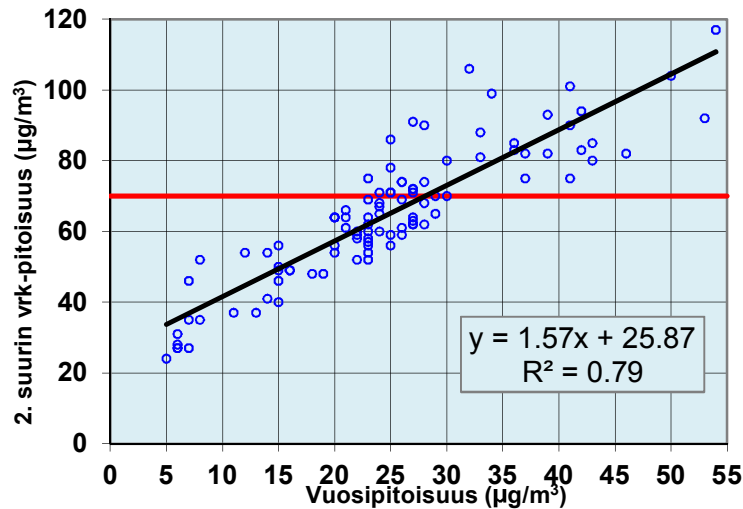
Katukuilumaisiin ympäristöihin suositellaan sovellettavaksi nk. parametrisoituja katukuilumalleja kuten esimerkiksi OSPM malli (OSPM = The Danish Operational Street Pollution Model), jossa katukuilun tuulikenttä on kuvattu parametrisoidulla tavalla paikallisten rakennusten geometriaan perustuen. Parametrisoitua tuulikenttää käyttäen gaussilainen leviämisyhtälö laskee epäpuhtauden hajoamisen katukuilumaisessa ympäristössä tuntikeskiarvoina ja malli soveltuu näin myös pidempien aikasarjojen käsittelyyn.

Rakennusvaikutusten luotettavaan arviointiin voidaan käyttää nk. dynaamisia virtausmalleja (CFD-mallit; Computational Fluid Dynamics), jotka puolestaan laskevat epäpuhtauksien leviämistä ja laimenemista monimutkaisissa ja yksityiskohtaisissa meteorologisissa kentissä erilaisilla dynaamisilla menetelmillä. Virtausmallit ovat laskennallisesti intensiivisiä eli ne vaativat huomattavan määrän laskentatehoa, jolloin niiden soveltaminen pitkien aikasarjojen on kallista ja aikaa vievää. Pitkiin aikasarjoihin perustuvien tilastollisten ohje- ja raja-arvoihin verrannollisten pitoisuuksien laskeminen virtausmallien avulla ei vielä käytännössä ole realistista käytettävissä olevien resurssien puitteissa.

2.2 Menetelmä typpidioksidipitoisuuden ohjearvon ylittymisen arviointiin

Mallitulosten esittämisessä on sovellettu uutta tapaa arvioida mallinnetun vuosikeskiarvopitoisuuden avulla typpidioksidin vuorokausiohjearvon ylittymistä ilmanlaadun mittauksiin perustuvana todennäköisyytenä. Uusi esittämistapa mahdollistaa tulevien tilanteiden mallintamiseen liittyvien epävarmuuksien hallintaa käyttämällä mitattuja pitoisuustietoja osana arviointia sekä esittämällä ohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ohjearvon ylittymisen todennäköisyytenä.

Arvioinnin perusteena on käytetty Helsingin seudun ympäristöpalvelujen (HSY:n) tekemää tilastollista analyysiä pääkaupunkiseudun vuosien 2004–2013 (10 vuotta, 99 erillistä vuoden pituista mittausjaksoa) typpidioksidimittauksista, missä on tarkasteltu vuosikeskiarvopitoisuuden ja vuorokausiohjearvoon verrannollisen pitoisuuden yhteyttä (*Airola ja Myllynen, 2015; kuva A*). Mukana tarkastelussa ovat kaikki HSY:n pysyvät ja siirrettävät typpidioksidin mittausasemat pääkaupunkiseudulla (*HSY, Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla, vuosiraportit 2004–2013*). HSY on tehnyt analyysin alun perin suuntaa-antavien (passiivikeräimet) mittausten tulkinnan tueksi.



Kuva A. HSY:n mittausasemilla mitatut typpidioksidin vuosipitoisuudet (vaaka-akseli) ja vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet (pystyakseli) vuosina 2004–2013. Typpidioksidin vuorokausiohjeeseen 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ on esitetty punaisella viivalla (*Airola ja Myllynen, 2015*).

HSY on jaotellut mittausaineiston (99 kpl) neljään pitoisuusluokkaan vuosipitoisuuksien mukaan. Jokaisessa luokassa on katsottu kuinka monessa vuoden pituisessa mittausjaksossa vuorokausiohjeeseen ylittyy, ja tästä suhteesta on määritetty vuorokausiohjeeseen ylittymisen todennäköisyys. Pitoisuusluokkien otoskoko on melko samansuuruinen, pienimmässä luokassa on 21 ja suurimmassa 29 mittausjaksoa. Typpidioksidin vuorokausiohjeeseen ylittyy:

- aina (100 %), jos vuosikeskiarvo on 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tai yli (mittausjaksoja tässä luokassa 21 kpl)
- melko todennäköisesti (43 %), jos vuosikeskiarvo on välillä 25–31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mittausjaksoja yhteensä 21 kpl, joista 9:ssä ylittyi ohjeeseen)
- melko epätodennäköisesti (21 %), jos vuosikeskiarvo on välillä 20–25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mittausjaksoja yhteensä 28 kpl, joissa 6:ssa ylittyi ohjeeseen)
- ei koskaan (0 %), jos vuosikeskiarvo on alle 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tai alle (mittausjaksoja yhteensä 29 kpl).

Tuloskuivissa (jäljempänä) esitetyt todennäköisyysprosentit kuvaavat todennäköisyyttä, että typpidioksidin vuorokausiohjeeseen (kuukauden toiseksi korkein vuorokausiarvo) ylittyy ainakin yhtenä kuukautena vuodessa. Esimerkiksi ylitys aina (100 % mittauksista) tarkoittaa sitä, että vuorokausiohjeeseen on ylittynyt mittauspaikassa ainakin yhtenä kuukautena vuodessa. Todennäköisyysprosentit on johdettu HSY:n menetelmää käyttäen mallinnetuista vuosikeskiarvopitoisuuksista.

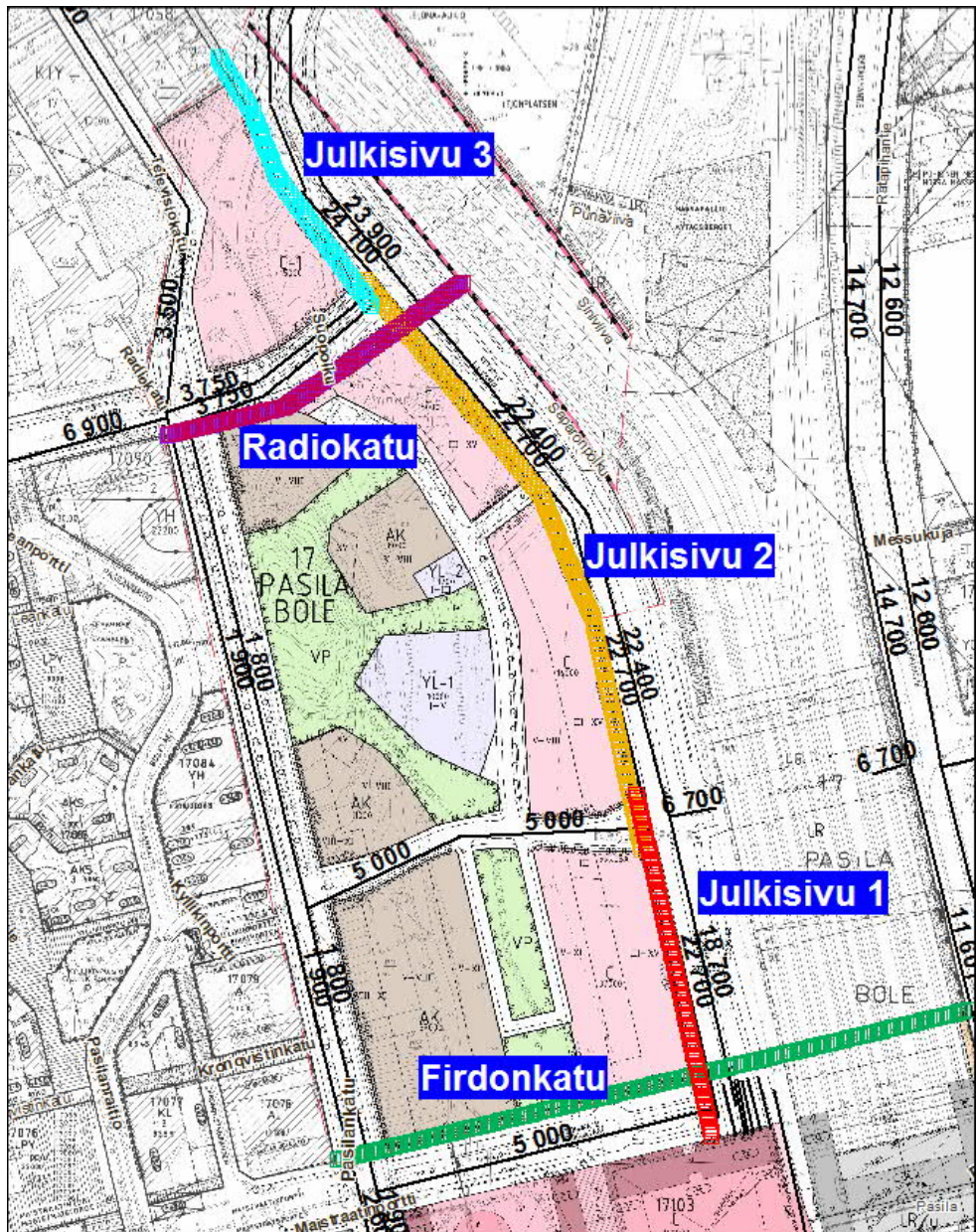
3 TUTKIMUSALUE JA LÄHTÖTIEDOT

Tutkimusalueella on tiiviisti rakennettuja korkeudeltaan vaihtelevia rakennuksia ja vilkasliikenteisiä katuja. Ratapihakortteleiden merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava päästölähde on Veturitie, joka on puoliavoin väylä. Veturitien länsipuolelle on suunnitteilla korkeita rakennuksia ja itäpuolella on avoin alue (Pasilan ratapiha).

Tutkimuksessa käytetyt lähtötiedot on kuvattu kokonaisuudessaan aiemmassa selvityksessä (*Lovén ym., 2014*). Nyt tehdyissä mallilaskelmissa on käytetty vaihtoehdon ”Veturitiellä ei tunnelia” päästötietoja. Veturitielle Pasilan-aseman eteläpuolelle on suunniteltu tunneli ja toisessa mallinnusvaihtoehossa ko. tunnelia ei ollut. Ratapihakortteleiden alueen osalta näillä kahden tarkasteluvaihtoehdon välillä ei juurikaan ollut eroa ilmanlaaduin kannalta, joten siksi tarkasteluvaihtoehdoksi valittiin ”Veturitiellä ei tunnelia” vaihtoehto.

Joitakin tarkennuksia vuonna 2014 valmistuneessa ilmanlaatuselvityksessä käytettyihin lähtötietoihin on tehty: Radiokadun liikennemäärä (10 400 KAVL → 7 500 Pasilankadusta itään ja 6 900 Pasilankadusta länteen) ja raskaan liikenteen osuus (8 % → 4,5 %) on muuttunut edelliseen selvitykseen verrattuna ja Televisiokadulle on lisätty päästöviiva (3 500 KAVL). Rautatieläisenkadun jatkeen liikennemäärä on puolestaan noussut (1 000 KAVL → 5 000). Kuvassa A on esitetty nyt tehdyssä mallinnuksessa käytetyt liikennemäärät Ratapihakortteleiden alueelta.

Tarkastellut julkisivut ja poikkileikkaus näkyvät kuvassa A. Pitoisuudet on laskettu pysty- ja vaakasuunnassa kahden metrin välein tehtyyn pisteikköön. Pisteikön koko vaihtelee julkisivusta riippuen 3 570 (julkisivu 3) ja 7 750 (julkisivu 2) hilapisteen välillä. Alin korkeus kuvaa tienpinnan tasoa ja korkein hilapiste on 80 metrin korkeudella tienpinnan tasosta.



Kuva B. Kuvaan on merkitty eri väreillä tarkasteltujen julkisivujen sijainti sekä päästölaskelmien lähtötietoina käytetyt liikennemäärät (KAVL, ajoneuvoa vuorokaudessa) Ratapihakortteleiden lähialueelta. Karttapohjana on kaavaluonnos Ratapihakortteleiden alueesta (kuva: Helsingin kaupunki KSV).

4 TULOKSET

Tässä kaavoituksen ja suunnittelun tueksi tehdyssä selvityksessä on tarkasteltu tulevassa tilanteessa (Euro 4 päästötaso, vuoden 2035 liikennemääräennuste) typpidioksidin vuosiraja-arvoon ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sekä pienhiukkasten vuosiraja-arvoon ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja WHO:n suositusvuorokausiohjeeseen ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannollisia pitoisuuksia rakennusten julkisivuilla.

Tulevan tilanteen mallinnukseen liittyy useita epävarmuustekijöitä mm. päästöjen ja liikennemäärien kehityksen ennustamisen suhteen. Epävarmuus korostuu etenkin lyhytaikaisten pitoisuuksien (korkeimmat tunti- ja vuorokausiarvot) kohdalla, koska nämä kuvaavat lyhytkestoisia pahimpia tilanteita kussakin tarkastelupisteessä.

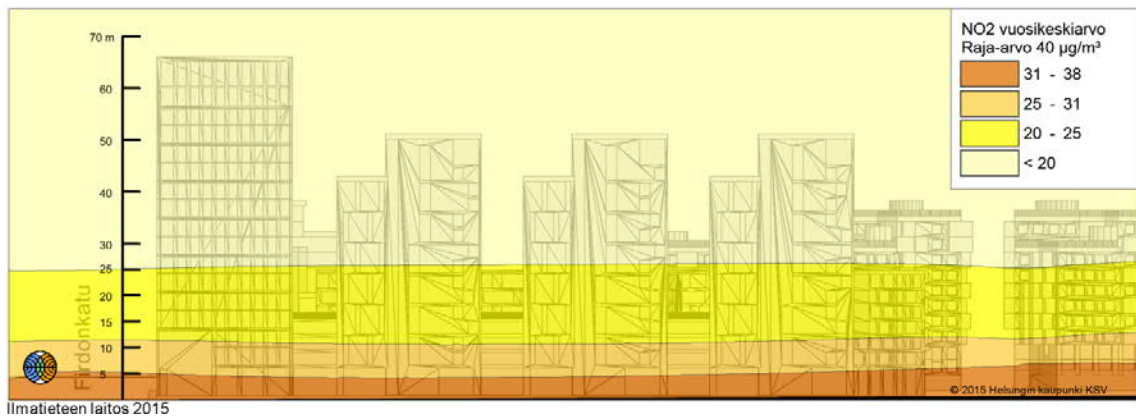
Tästä johtuen typpidioksidin ohjearvon ylittymisen todennäköisyyttä on arvioitu yhdistämällä mallilaskelmilla saatu pitkän ajan keskiarvoa edustava vuosikeskiarvopitoisuus pääkaupunkiseudun ilmanlaadun mittauksien perusteella tehtyyn arvioon typpidioksidin vuorokausiohjearvon ylittymisen todennäköisyydestä. Ohjearvon ylittymisen todennäköisyyden esittämistapaa tulisikin tulkita ohjeellisena raportissa kuvatut mallinnuksen epävarmuudet huomioon ottaen.

4.1 Typpidioksidipitoisuudet

Mallilaskelmien tuloksia typpidioksidipitoisuuksien osalta on esitelty kuvissa C–L. Leviämiskuvien taustana on esitetty suunnittelukuvia rakennusmassoista. Rakennusmassoja ei ole huomioitu kuvissa näkyvällä tarkkuudella mallilaskelmissa. Rakennusmassat on esitetty taustalla, jotta mallituloksena saatuja leviämiskuvia olisi helpompi tulkita. Mallinnus on tehty avoimeen ympäristöön kehitetyllä mallilla, jossa rakennukset on huomioitu rosoisuusparametrissa.

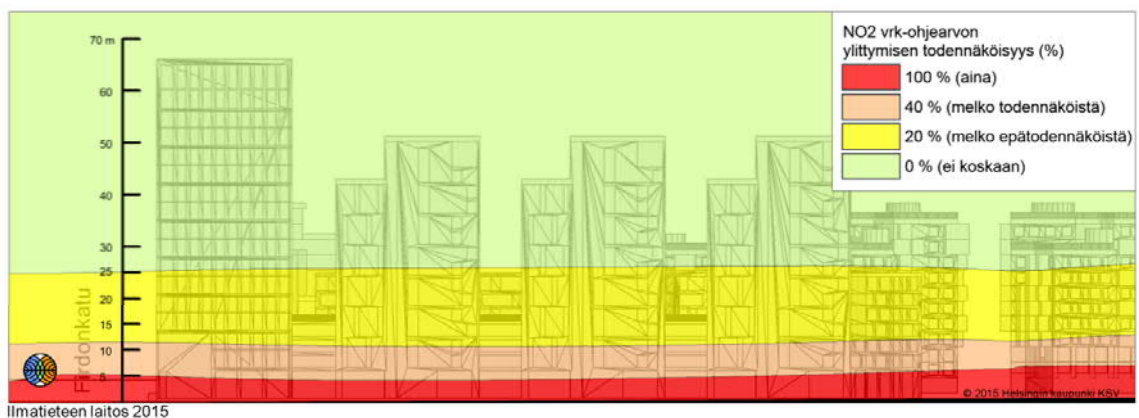
Jokaisesta tarkastelukohteesta on esitetty kaksi kuvaa. Ensimmäisessä kuvassa on esitetty mallilaskelmilla saadut typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ja toisessa kuvassa niiden perusteella määritetty todennäköisyys vuorokausiohjearvon ylittymiselle ainakin yhtenä kuukautena vuodessa. Typpidioksidin ohjearvon ylittymistodennäköisyyttä on arvioitu yhdistämällä mallinnettu pitkän ajan keskiarvotieto pääkaupunkiseudulla eri ympäristöissä tehtyihin mittauksiin perustuvaan ohjearvon ylittymistodennäköisyyteen. Raportin liitteenä on vuonna 2014 tehdyn Keski-Pasilan alueen ilmanlaatuselvityksen tuloskuvat, joissa on esitetty typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ja vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet maanpintatasossa.

Veturitie, julkisivu 1



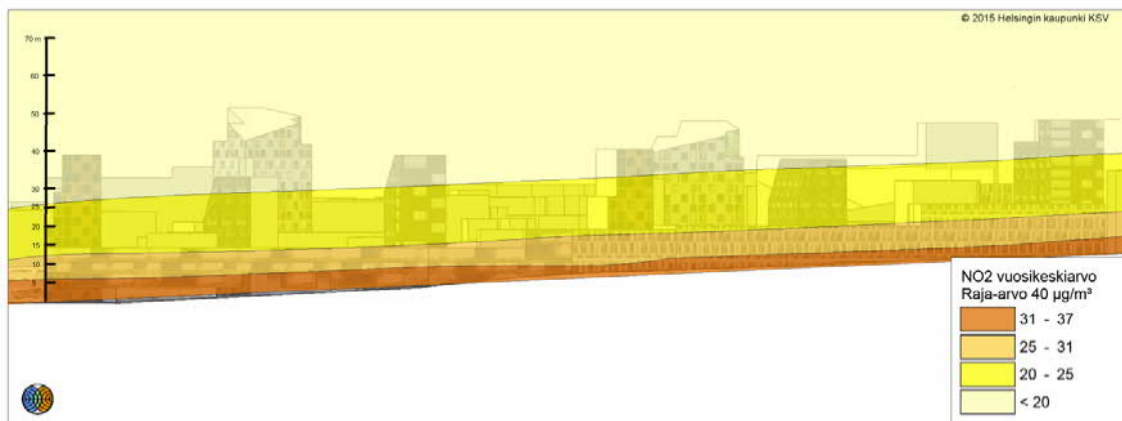
Kuva C. Typpidioksidin (NO₂) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Veturitien julkisivulla 1. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 1



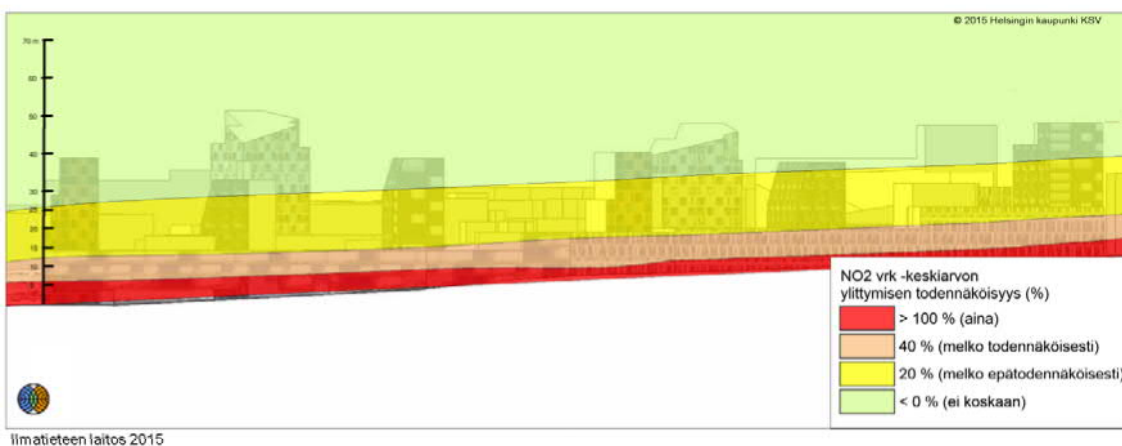
Kuva D. Todennäköisyys [%], että typpidioksidin vuorokausi-ohjearvo ylittyy ainakin yhtenä kuukautena vuodessa. Todennäköisyydet perustuvat HSY:n pääkaupunkiseudulla olevien jatkuvatoimisten typpidioksidimittausten pohjalta tehtyyn arvioon vuosikeskiarvopitoisuuden ja vuorokausi-ohjearvoon verrannollisten pitoisuuksien korrelaatiosta. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 2



Kuva E. Typpidioksidin (NO₂) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Veturitien julkisivulla 2. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 2



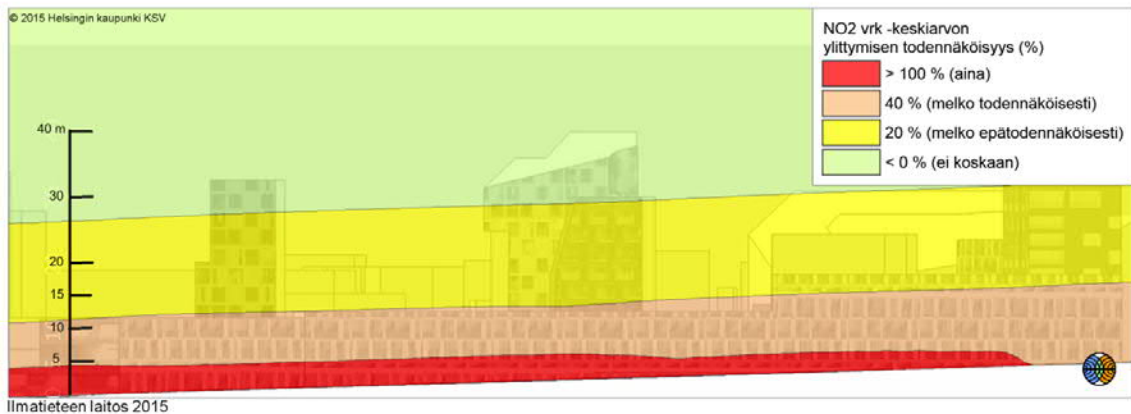
Kuva F. Todennäköisyys [%], että typpidioksidin vuorokausioksean ylittyy ainakin yhtenä kuukautena vuodessa. Todennäköisyydet perustuvat HSY:n pääkaupunkiseudulla olevien jatkuvatoimisten typpidioksidimittausten pohjalta tehtyyn arvioon vuosikeskiarvopitoisuuden ja vuorokausioksean ylittymisen todennäköisyyden korrelaatiosta. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 3



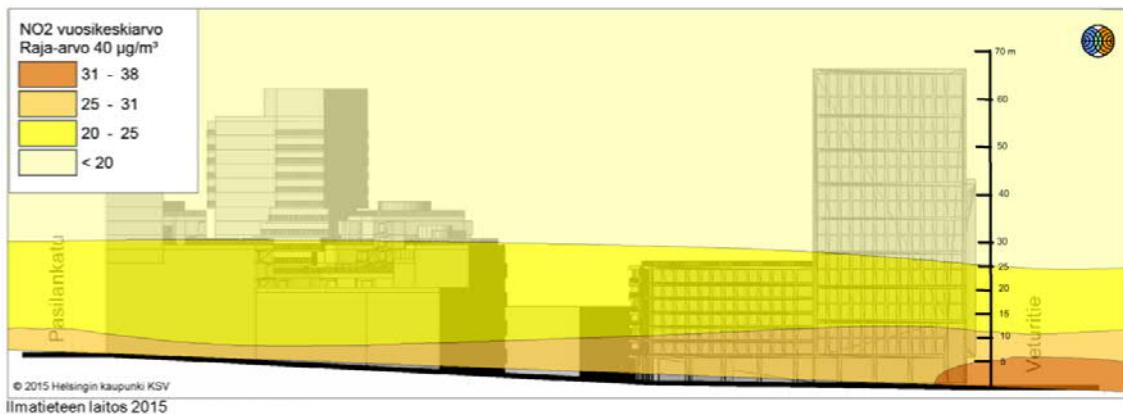
Kuva G. Typpidioksidin (NO₂) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Veturitien julkisivulla 3. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 3



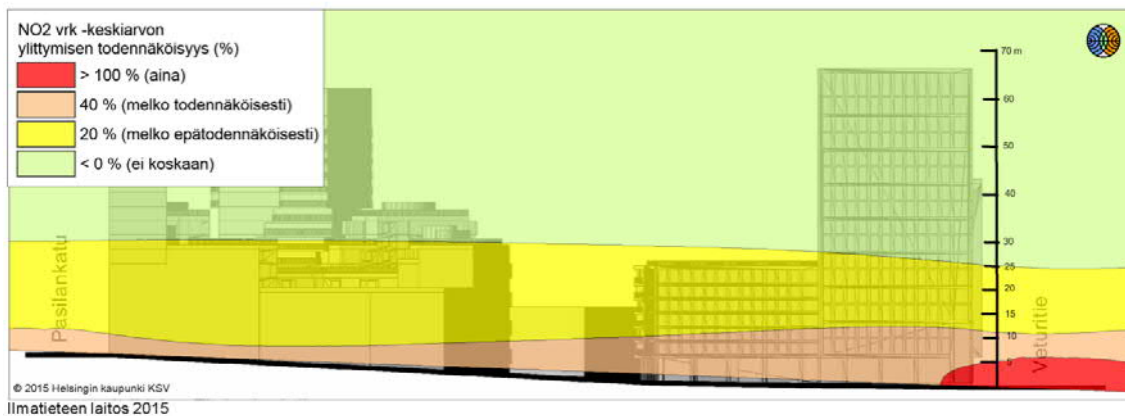
Kuva H. Todennäköisyys [%], että typpidioksidin vuorokausioksean ylittyy ainakin yhtenä kuukautena vuodessa. Todennäköisyydet perustuvat HSY:n pääkaupunkiseudulla olevien jatkuvatoimisten typpidioksidimittausten pohjalta tehtyyn arvioon vuosikeskiarvopitoisuuden ja vuorokausioksean verrannollisten pitoisuuksien korrelaatiosta. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Julkisivu Firdonkatu



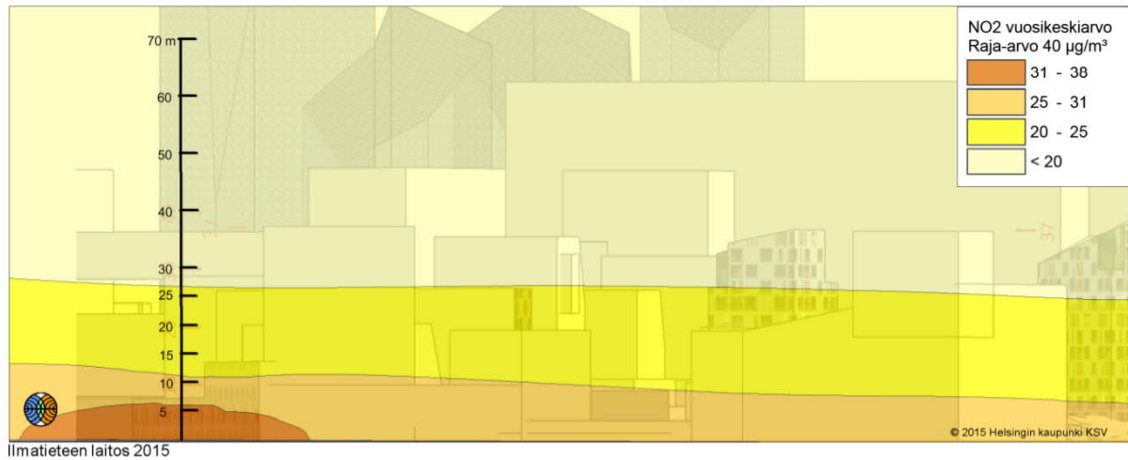
Kuva I. Typpidioksidin (NO_2) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Firdonkadulla. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Julkisivu Firdonkatu



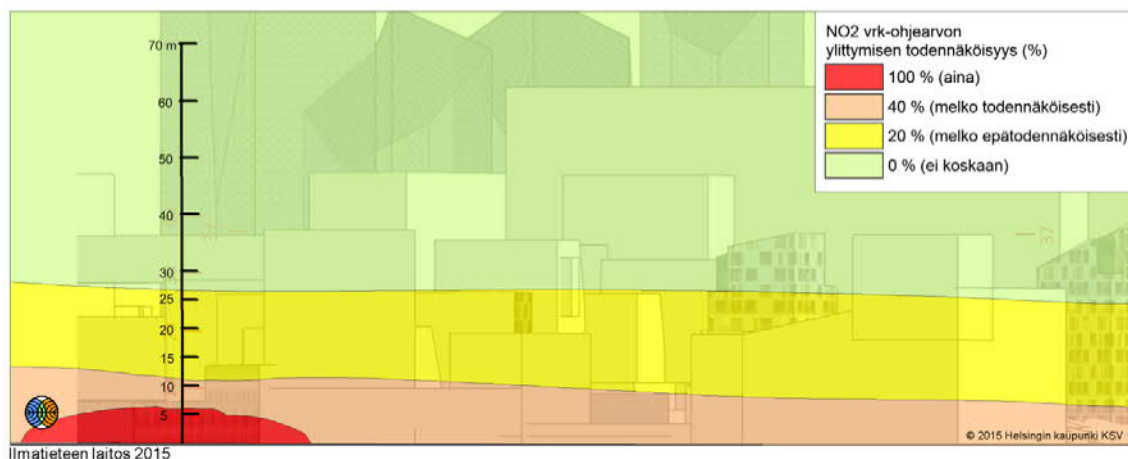
Kuva J. Todennäköisyys [%], että typpidioksidin vuorokausiöhejarvo ylittyy ainakin yhtenä kuukautena vuodessa. Todennäköisyydet perustuvat HSY:n pääkaupunkiseudulla olevien jatkuvatoimisten typpidioksidimittausten pohjalta tehtyyn arvioon vuosikeskiarvopitoisuuden ja vuorokausiöhejarvoon verrannollisten pitoisuuksien korrelaatiosta. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Radiokatu



Kuva K. Typpidioksidin (NO₂) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Radiokadulla. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Radiokatu



Kuva L. Todennäköisyys [%], että typpidioksidin vuorokausi-ohjearvo ylittyy ainakin yhtenä kuukautena vuodessa. Todennäköisyydet perustuvat HSY:n pääkaupunkiseudulla olevien jatkuvatoimisten typpidioksidimittausten pohjalta tehtyyn arvioon vuosikeskiarvopitoisuuden ja vuorokausi-ohjearvoon verrannollisten pitoisuuksien korrelaatiosta. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Mallitulosten mukaan typpidioksidipitoisuudet ovat suurimmillaan tienpinnan tasossa päästölähteen (liikenneväylän) läheisyydessä ja pienenevät etäisyyden kasvassa päästölähteestä. Veturitien julkisivuilla pitoisuudet eivät juuri vaihtele vaakasuunnassa, sillä merkittävin päästölähde on Veturitien liikenne. Firdonkadulla ja Radiokadulla pitoisuuksissa näkyy selvästi enemmän vaihtelua vaakasuunnassa. Pitoisuudet pienenevät vaakasuunnassa kun etäisyys Veturitiestä kasvaa. Firdon-

kadun ja Radiokadun liikennemäärät ovat selvästi pienemmät kuin Veturitien liikennemäärä.

Mallilaskelmien tulosten mukaan typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus alittaa vuosiraja-arvon ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kaikkien tarkasteltujen julkisivujen kohdalla kaikilla eri korkeuksilla ollen korkeimmillaan $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Suurimmat vuosikeskiarvopitoisuudet muodostuvat Veturitien varrelle. Todennäköisyys sille, että typpidioksidin vuorokausiohjearvo ylittyy ainakin yhtenä kuukautena vuodessa, on esitetty kuvissa D, F, H, J, L ja N. Punainen väri kuvaa 100 % ylittymistodennäköisyyttä eli vuorokausiohjearvo voi ylittyä tällä alueella ainakin kerran vuodessa. Vihreällä värillä kuvatulla alueella vuorokausiohjearvo tulee tuskin ylittymään. Keltaisella värillä kuvatulla alueella vuorokausiohjearvon ylittyminen on melko epätodennäköistä ja oranssilla värillä kuvatulla alueella melko todennäköistä.

Todennäköisyyksiä esittävien tuloskuvien mukaan typpidioksidin vuorokausiohjearvon ylittyminen ainakin kerran vuodessa on erittäin (100 %) todennäköistä Veturitien välittömässä läheisyydessä alimmilla tarkastelukorkeuksilla. Pystysuunnassa tarkasteltuna Veturitien läheisyydessä typpidioksidin vuorokausiohjearvon ylittyminen ainakin kerran vuodessa on erittäin todennäköistä (punainen alue) enimmillään noin 6 metrin korkeudelle tienpinnantasosta. Kun etäisyys tienpinnantasosta on pystysuunnassa vähintään 13 metriä, on ylittyminen melko epätodennäköistä (keltainen väri) tarkastelluissa kohteissa. Kun etäisyys on vähintään 27 metriä, vuorokausiohjearvo tulee tuskin ylittymään (vihreä väri).

Mallituloksia ja mallilaskelmissa käytettyjen lähtötietojen oikeellisuutta tulisi arvioida vertaamalla mallinnettuja pitoisuuksia mitattuihin. Mitä useamman mitta-aseman tuloksiin mallilaskelmia on mahdollisuus verrata, sitä kattavampi kuva mallin toimivuudesta erityyppisissä ympäristöissä saadaan. Tulevan tilanteen malliskenaarioiden osalta tulosten oikeellisuuden arviointi on haastavaa, koska mallinnetut pitoisuudet eivät sellaisenaan ole vertailukelpoisia mittaustuloksiin, jotka edustavat mitatun ajanjakson ilmanlaatua (nykytilanne ja historiatiedot).

Pääkaupunkiseudulle on tehty vuonna 2008 laaja leviämismalliselvitys (*Lappi ym. 2008*), jonka yhteydessä mallituloksien epävarmuutta on arvioitu vertaamalla mallituloksia useiden erityyppisissä ympäristöissä sijaitsevien ilmanlaadun mitta-asemien mittaustuloksiin. Leviämismalliselvityksessä huomioitiin kaikki pääkaupunkiseudun merkittävimmät päästölähderyhvät (liikenne, energiantuotanto, laivaliikenne, lentoliikenne ja taustapitoisuus) ja niiden vaikutus ilmanlaatuun. Liikenteen päästöt mallinnettiin CAR-FMI mallilla, jota on myös käytetty tässä tutkimuksessa. Leviämismallituloksia verrattiin typenoksidien osalta kahdeksaan ja hiukkasten osalta kahteen erityyppisissä ympäristöissä sijaitsevaan kiinteään HSY ilmanlaadun mitta-asemaan. Vertailun perusteella typpidioksidin mitattujen ja mallinnettujen vuosikeskiarvopitoisuuksien ero oli 0–32 % ja pienhiukkasten vuosikeskiarvon ero 4–15 %. Mallintamiselle asetetun (*Vna 38/2011*) laatutavoitteen mukaan suurin sallittu epävarmuus typpidioksidin vuosikeskiarvolle on 30 % ja hiukkasten vuosikeskiarvolle 50 %.

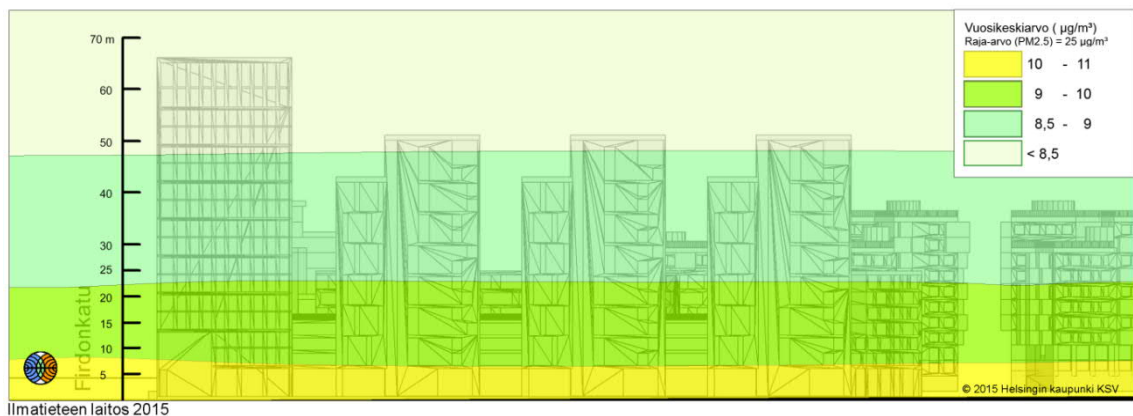
4.2 Pienhiukkaspitoisuudet

Mallilaskelmien tuloksia pienhiukkaspitoisuuksien osalta on esitelty kuvissa M–V. Jokaisesta tarkastelukohteesta on esitetty kaksi kuvaa. Ensimmäisessä kuvassa on esitetty leviämismallilaskelmilla saadut pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ja toisessa kuvassa WHO:n vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet. Rakennusmassoja ei ole huomioitu kuvissa näkyvällä tarkkuudella mallilaskelmissa. Rakennusmassat on esitetty taustalla, jotta mallituloksena saatuja leviämiskuvia olisi helpompi tulkita. Mallinnus on tehty avoimeen ympäristöön kehitetyllä mallilla, jossa rakennukset on huomioitu rosoisuusparametrissa.

Raportin liitteenä on vuonna 2014 tehdyn Keski-Pasilan alueen ilmanlaatuselvityksen tuloskuvat, joissa on esitetty pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ja WHO:n vuorokausiohjeeseen verrannolliset pitoisuudet maanpintatasossa.

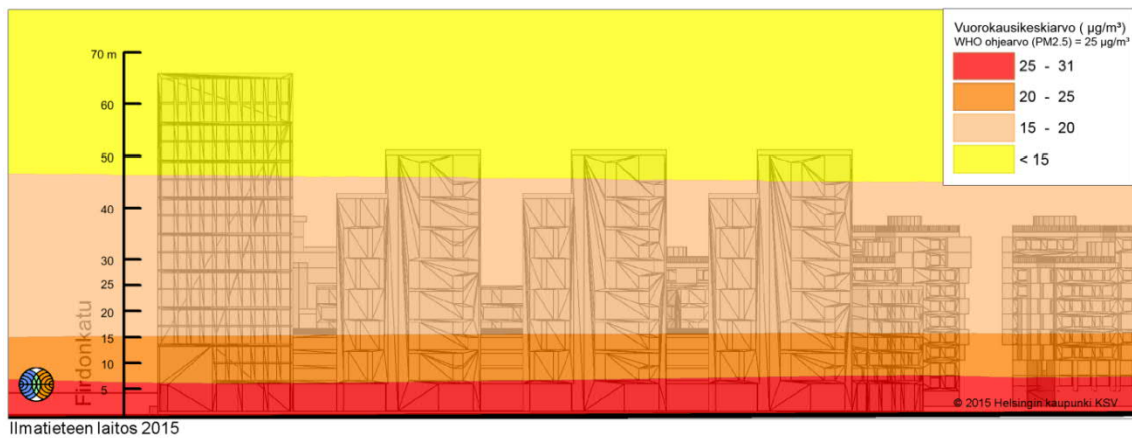
Pienhiukkasten osalta ei voida vuosikeskiarvopitoisuuden perusteella arvioida ohjeen ylittymisen todennäköisyyttä vastaavalla menetelmällä kuin typpidioksidipitoisuuksien osalta tehtiin.

Veturitie, julkisivu 1



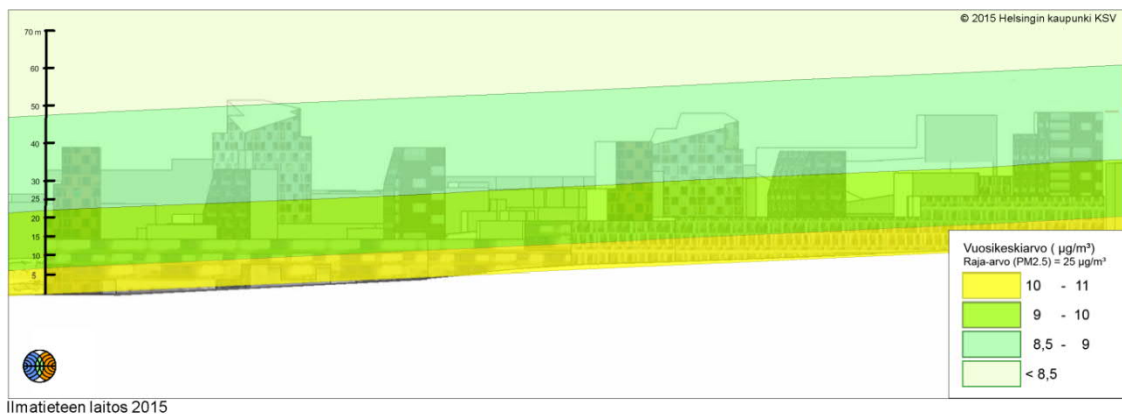
Kuva M. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Veturitien julkisivulla 1. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 1



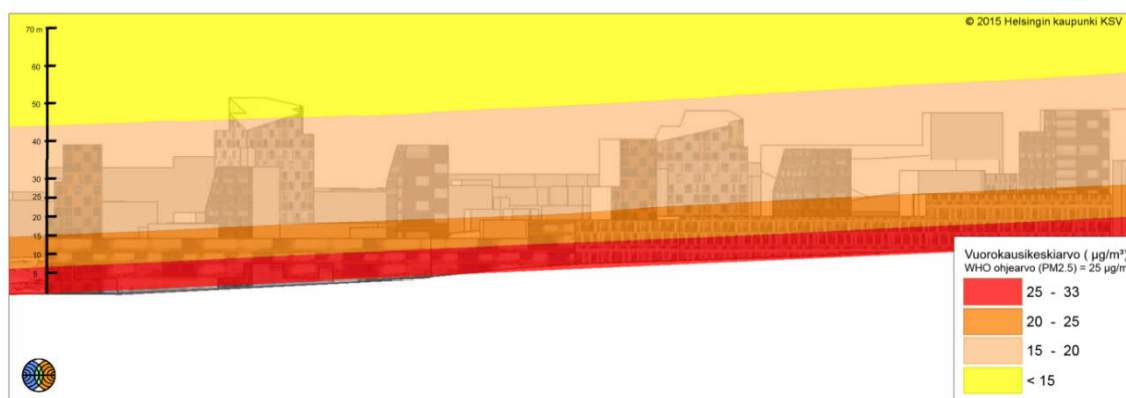
Kuva N. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuorokausiohjearvoon (WHO, 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet Veturitien julkisivulla 1. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 2



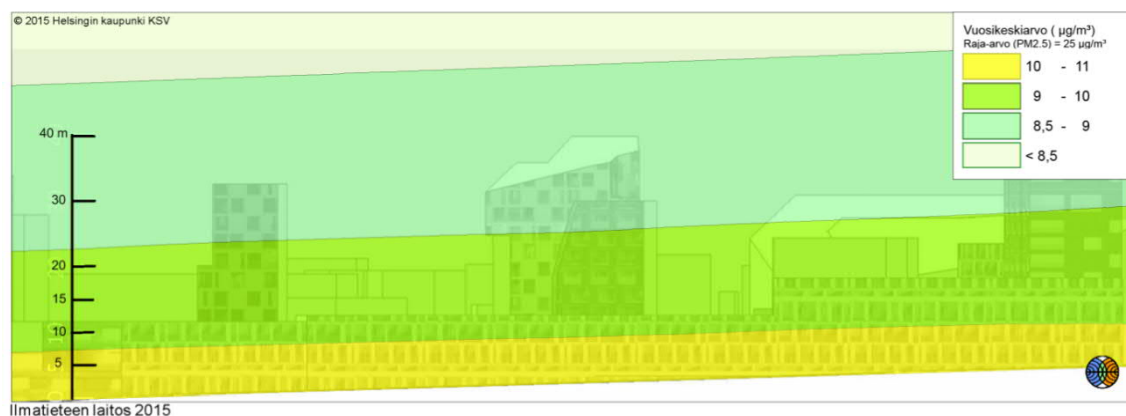
Kuva O. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Veturitien julkisivulla 2. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 2



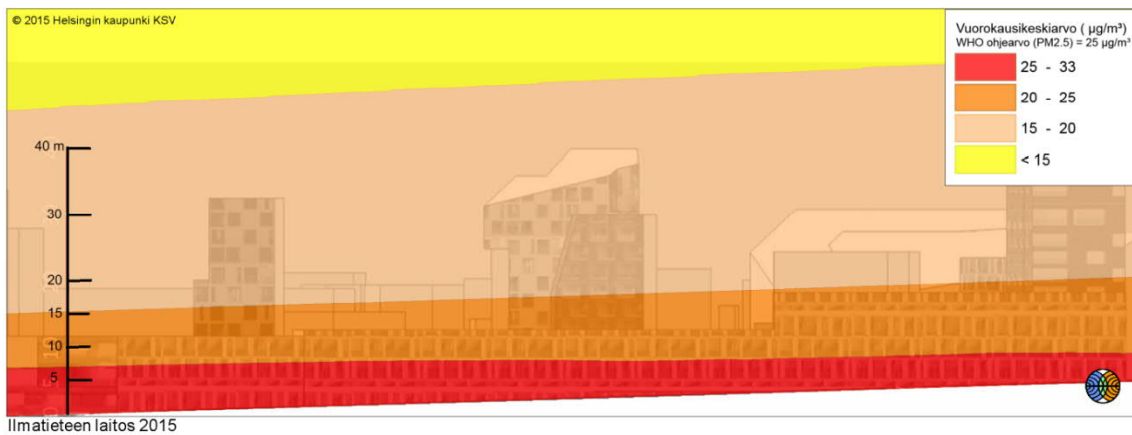
Kuva P. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) vuorokausiohjearvoon (WHO, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet Veturitien julkisivulla 2. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 3



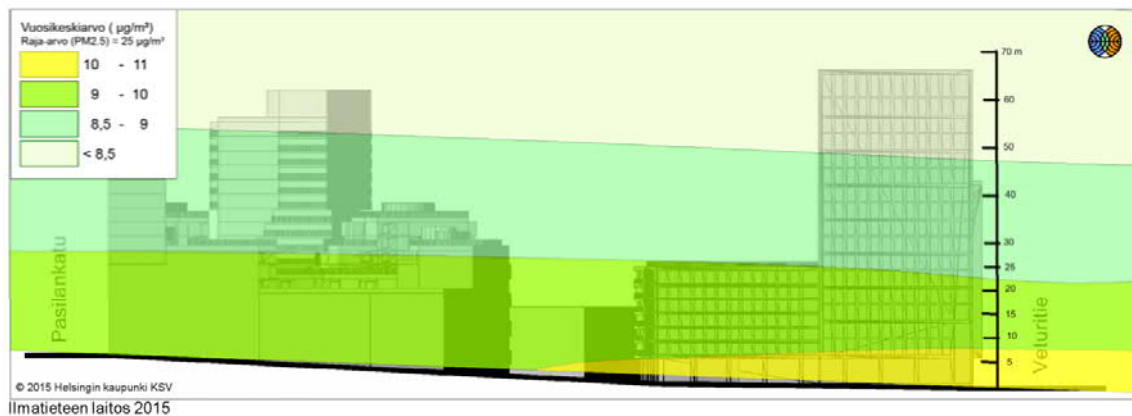
Kuva Q. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Veturitien julkisivulla 3. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Veturitie, julkisivu 3



Kuva R. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) vuorokausiohjearvoon (WHO, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet Veturitien julkisivulla 3. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Julkisivu Firdonkatu



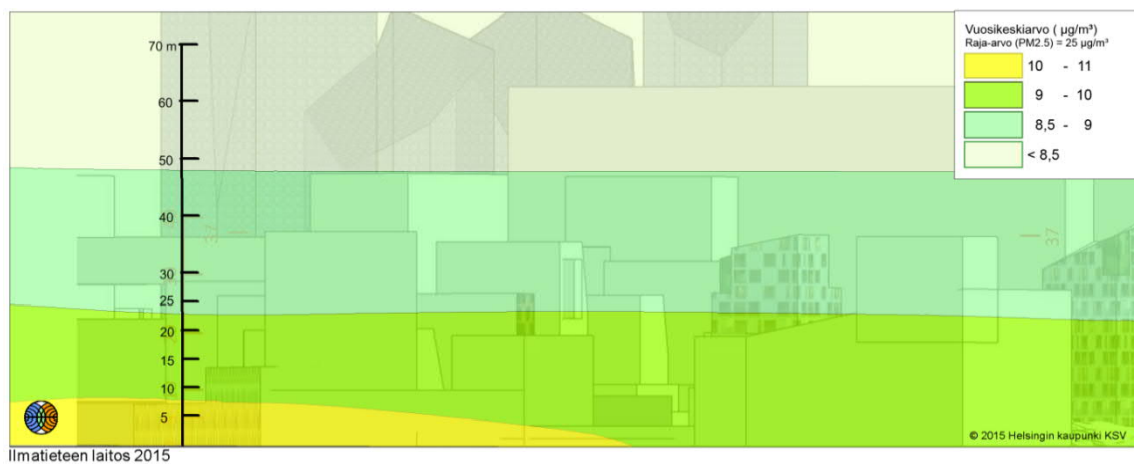
Kuva S. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Firdonkadulla. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Julkisivu Firdonkatu



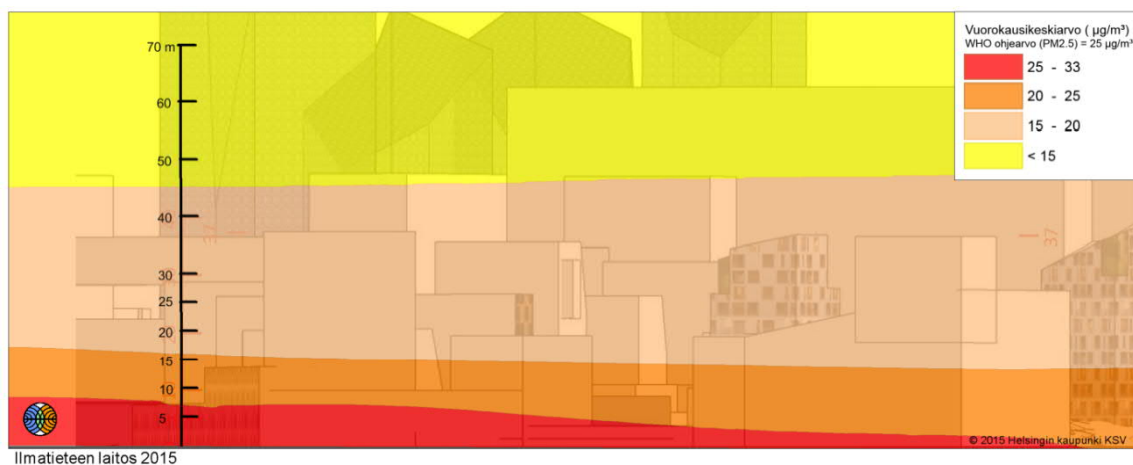
Kuva T. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) vuorokausiohjearvoon (WHO, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet Firdonkadulla. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Radiokatu



Kuva U. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Radiokadulla. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Radiokatu



Kuva V. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuorokausiohjearvoon (WHO, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet Radiokadulla. Taustalla näkyviä rakennusmassoja ei ole huomioitu mallinnuksessa kuvassa näkyvällä tarkkuudella.

Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet alittavat kaikissa tarkastelukohteissa selvästi vuosiraja-arvon $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ollen korkeimmillaan $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet muodostuvat Veturitien läheisyyteen. WHO:n vuosiohjearvo $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyy Veturitien julkisivuilla enimmillään noin 8 metrin korkeudella tienpinnantasosta. Vuosiohjearvo ylittyy myös paikoin Firdonkadulla ja Radiokadulla Veturitietä lähimpänä olevalla osuudella. WHO:n vuorokausiohjearvo $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (punainen väri) ylittyy tarkastelluissa kohteissa yleisesti myös teiden ulkopuolella alimmilla tarkastelukorkeuksilla. Pystysuunnassa vuorokausiohjearvo ylittyy enimmillään noin 7 metrin korkeudella tienpinnantasosta.

Kaukokulkeumalla on merkittävä vaikutus pienhiukkasten pitoisuuksiin Suomessa ja korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet havaitaan yleensä kaukokulkeumaepisodien aikana. Näissä tilanteissa pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvo ylittyy kaupunkiympäristöissä herkästi. Suurimmat pitoisuudet havaitaan, kun ilmavirtaukset ovat etelän tai idän suuntaisia (mm. Venäjän ja Itä-Euroopan metsäpalojen aiheuttamat kohonneet pienhiukkaspitoisuudet).

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä selvityksessä arvioitiin leviämismallilaskelmin liikenteen päästöjen vaikutusta Keski-Pasilan Ratapihakortteleiden ilmanlaatuun. Selvityksessä tarkasteltiin vuonna 2014 valmistuneen Keski-Pasilan ilmanlaatuselvitykseen (Lovén ym., 2014) pohjautuen epäpuhtauspitoisuuksien muodostumista Keski-Pasilan kaava-alueelle suunniteltujen rakennusten julkisivuilla. Mallilaskelmat tehtiin alueen suunnittelun ja kaavoitustyön tueksi.

Mallilaskelmissa on tarkasteltu typidioksidin (NO₂) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuuksia suunniteltujen rakennusten julkisivuilla Veturitien, Firdonkadun ja Radiokadun varrella. Laskelmissa on hyödynnetty aiemman Keski-Pasilan alueen ilmanlaatuselvityksen lähtötietoja, joita päivitettiin muutamien katuosuuksien osalta. Päästöt laskettiin Euro 4 -päästökertoimilla ja vuoden 2035 liikennemääräennusteella. Leviämislaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyllä viivalähdemallilla (CAR-FMI).

Epäpuhtauspitoisuuksia ulkoilmassa säädellään terveysvaikutusperusteisilla ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot tulisi ottaa huomioon esimerkiksi liikennesuunnittelussa, kaavoituksessa, rakennusten sijoittelussa ja teknisissä ratkaisuissa, jolloin pyritään etukäteen välttämään ihmisten pitkäaikainen altistuminen terveydelle haitallisen korkeille ilmansaasteiden pitoisuuksille. Terveysvaikutusperusteiset ilmanlaadun raja-arvot ovat ohje- ja raja-arvoja sitovampia, eivätkä ne saa ylittyä alueella, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä. Esimerkiksi autoliikenteelle varatuilla väylillä raja-arvot eivät kuitenkaan ole voimassa. Vuosikeskiarvopitoisuus kuvaa keskimääräistä epäpuhtauspitoisuustasoa parhaiten. Hetkelliset pitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi.

Mallilaskelmien tuloksia arvioitaessa on hyvä huomioida, että tulevaisuuden ennustamiseen sisältyy useita epävarmuustekijöitä ja siksi ennusteita arvioitaessa olisikin syytä huomioida ilmanlaadun kannalta epäedullisin mahdollinen ennustetilanne. Tässä mallinnuksessa ilmanlaadun kannalta epäedullisin tilanne on otettu huomioon käyttämällä vuoden 2035 liikennemääräennustetta ja nykytilanteeseen verrattuna hieman uudempaa ajoneuvokantaa edustavaa päästötasoa (Euro 4 -päästökertoimet). Todennäköistä on, että päästöt ja niiden aiheuttamat vaikutukset pienenevät tulevaisuudessa, kun ajoneuvojen moottoritekniikka kehittyy ja päästörajoitukset tiukkenevat.

Raportissa on mallilaskelmien tuloksena esitetty pitkän ajan keskiarvoa edustavia vuosikeskiarvopitoisuuskuvia sekä niiden perusteella tehty arvio typidioksidin ohje- ja raja-arvon ylittymisen todennäköisyydestä suunniteltujen rakennusten julkisivuilla. Arvioinnin perusteena on käytetty HSY:n tekemää tilastollista analyysiä pääkaupunkiseudun vuosien 2004–2013 typidioksidimittauksista. Tulokuvien taustana on esitetty suunnittelukuvia rakennusmassoista. Rakennusmassoja ei ole huomioitu kuvassa näkyvällä tarkkuudella mallinnuksessa. Rakennusmassat on esitetty kuvissa, jotta mallituloksia olisi helpompi tulkita. Mallinnuksessa rakennusten vaikutus päästöjen leviämiseen on huomioitu rosoisuusparametrissa. Todellisuudessa epäpuhtauspitoisuudet voivat rakennusten vaikutuksesta johtuen olla jonkin

verran mallinnettuja pitoisuuksia suurempia rakennusten väylän puoleisilla julkisivuilla ja pienempiä sisäpihan puolella.

Mallilaskelmien tulosten mukaan typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuus alittaa vuosiraja-arvon kaikkien tarkasteltujen julkisivujen kohdalla kaikilla eri korkeuksilla ollen korkeimmillaan $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Suurimmat vuosikeskiarvopitoisuudet muodostuvat Veturitien varrelle. Veturitien liikennemäärä on noin 45 000 ajoneuvoa vuorokaudessa (KAVL). Mallilaskelmien tulosten mukaan vuorokausiohjearvon ylittyminen ainakin kerran vuodessa on erittäin (100 %) todennäköistä Veturitiellä ja sen välittömässä läheisyydessä alimmilla tarkastelukorkeuksilla. Pystysuunnassa tarkasteltuna Veturitien läheisyydessä typpidioksidin vuorokausiohjearvon ylittyminen on erittäin todennäköistä enimmillään noin 6 metrin korkeudelle tienpinnantasosta. Kun etäisyys tienpinnantasosta on pystysuunnassa vähintään 13 metriä, on ylittyminen melko epätodennäköistä tarkastelluilla julkisivuilla.

Typpidioksidin vuorokausiohjearvon ylittyminen on yleistä kantakaupungin pääkatujen ympäristössä. Esimerkiksi HSY:n Vallilassa sijaitsevassa ilmanlaadun mittauspisteessä typpidioksidin vuorokausiohjearvo on ylittynyt vuonna 2011 helmi- ja huhtikuussa. Vuonna 2013 typpidioksidin vuorokausiohjearvo ei ylittynyt Vallilan mittausasemalla, mutta sen sijaan HSY:n Mannerheimintien mittauspisteessä typpidioksidin vuorokausiohjearvo ylittyi tammi-, helmi ja maaliskuussa. (HSY, 2012 ja 2013).

Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus alittaa selvästi vuosiraja-arvon kaikkien tarkasteltujen julkisivujen kohdalla kaikilla eri korkeuksilla ollen korkeimmillaan $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. WHO:n vuosiohjearvo $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyy Veturitien julkisivuilla enimmillään noin 8 metrin korkeudella tienpinnantasosta. WHO:n vuosiohjearvo ylittyy myös paikoin Firdonkadulla ja Radiokadulla Veturitietä lähimpänä olevalla osuudella. WHO:n vuorokausiohjearvo $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyy Ratapihakortteleiden alueella yleisesti myös teiden ulkopuolella alimmilla tarkastelukorkeuksilla. Pystysuunnassa vuorokausiohjearvo ylittyy enimmillään noin 7 metrin korkeudella tienpinnantasosta.

Raja- ja ohjearvoihin verrannollisia typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuuksia tarkasteltaessa suunnittelua ohjaavaksi tekijäksi nousee typpidioksidin vuorokausiohjearvon ylittyminen. Rakennusten raittiin ilman sisäänottojen sijoittelussa suositeltavaa olisi huomioida typpidioksidin ohjearvon ylittymisen todennäköisyys eri korkeustoilla siten, että ohjearvon ylittyminen olisi melko epätodennäköistä tai ei ylittyisi koskaan. Parvekkeet ja muut oleskelutilat olisi hyvä sijoittaa mahdollisimman etäälle Veturitien tienpinnantasosta. Sisäpihojen puolella pitoisuudet ovat tyypillisesti pienempiä kuin kadun puolella. HSY (ent. YTV) on tehnyt vuonna 2000 typpidioksidimittauksia Helsingin Pohjoisrannassa eri korkeuksilla 40 metriä korkean rakennuksen julkisivulla, kattotasolla ja sisäpihan puolella. Sisäpihalla pitoisuudet olivat selvästi pienempiä kuin kadun puolella (YTV, *Liikenteen jäljet*). Mittaustuloksia rakennusten kadun puoleisten julkisivujen ja sisäpihojen pitoisuuseroista erityyppisissä kaupunkiympäristöissä on vain vähän saatavilla. Näin ollen luotettavan arvion tekeminen rakennusten julkisivujen ja sisäpihojen todellisista pitoisuuksista on vaikeaa.

VIITELUETTELO

AIROLA, H. JA MYLLYNEN, M., 2015. Ilmanlaadun huomioon ottaminen maankäytön suunnittelussa, ELY-opas, luonnos, 2015.

DENBY, B., ET ALL., 2011. FAIRMODE, Result of Activities in the FAIRMODE Working Group 1 Version 4.6. ETC/ACM Technical Paper 2011/15. December 2011 European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation

HSY, Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla, vuosiraportit 2004–2013.

HÄRKÖNEN, J., Nikmo, J., Karppinen, A., and Kukkonen, J., 2001. A refined modelling system for estimating the emissions, dispersion, chemical transformation and dry deposition of traffic-originated pollution from a road. In: Cuvelier, C. et al., Seventh International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy, pp. 311-313.

KARPPINEN, A., 2001. Meteorological pre-processing and atmospheric dispersion modeling of urban air quality and applications in the Helsinki metropolitan area. Academic dissertation. Finnish Meteorological Institute, Contributions No. 33, Helsinki.

KAUHANIEMI, M., 2003. Usability of the Air Quality Model CAR-FMI in City Planning. Oulun yliopisto, Prosessi ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö 24.09.2003. 87 s. ja 13 liites.

LAPPI, S., LOVÉN, K., RASILA, T. JA PIETARILA, H., 2008. Pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismalliselvitys. Energiantuotannon, satamatoiminnan, laivaliikenteen, lentoliikenteen, lentoasematoiminnan ja autoliikenteen typenoksidi-, rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämislaskelmat. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki.

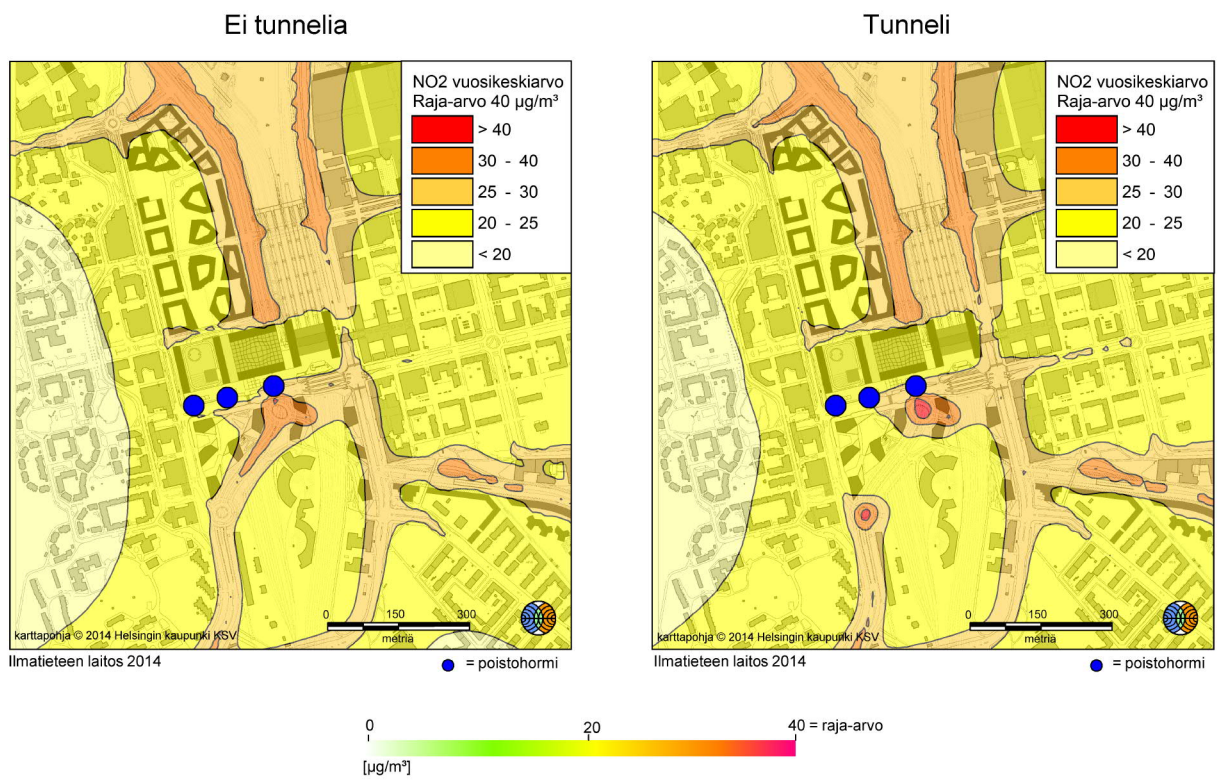
LOVÉN, K., RASILA, T., HANNUNIEMI, H. JA SALMI, J., 2014. Ilmalaatuserveys. Liikenteen ja pysäköintilaitoksen typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöjen leviämismallinnus Keski-Pasilan keskuksen alueella. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja Energia, Helsinki. 29 s. ja 10 liites.

Vna 38/2011. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu 20.1.2011.

YTV, (2000b). Liikenteen jäljet – Tietoa liikenteen ilmanlaatu- ja meluvaikutuksista asuinympäristössä. YTV Helsinki Metropolitan Area Council, 20 s. http://www.motiva.fi/files/2099/Liikenteen_jaljet.pdf.

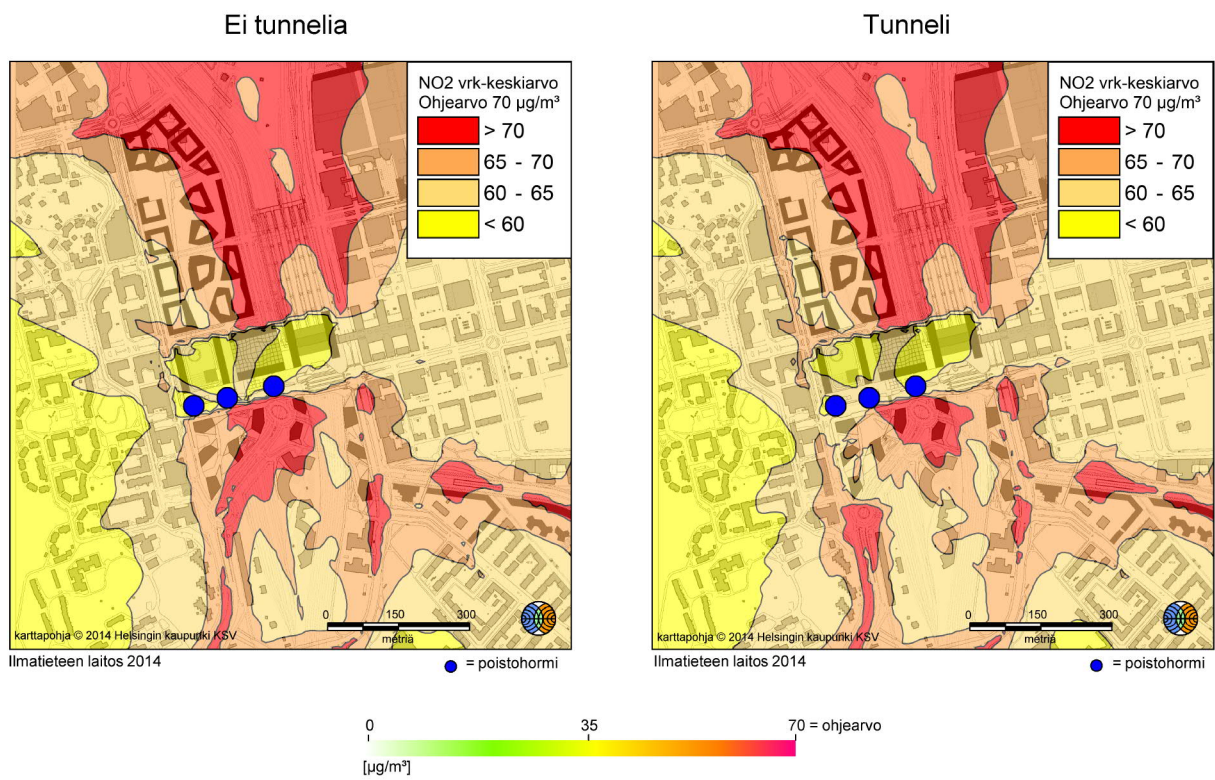
LIITESIVUT

KESKI-PASILAN KESKUS TRIPLA



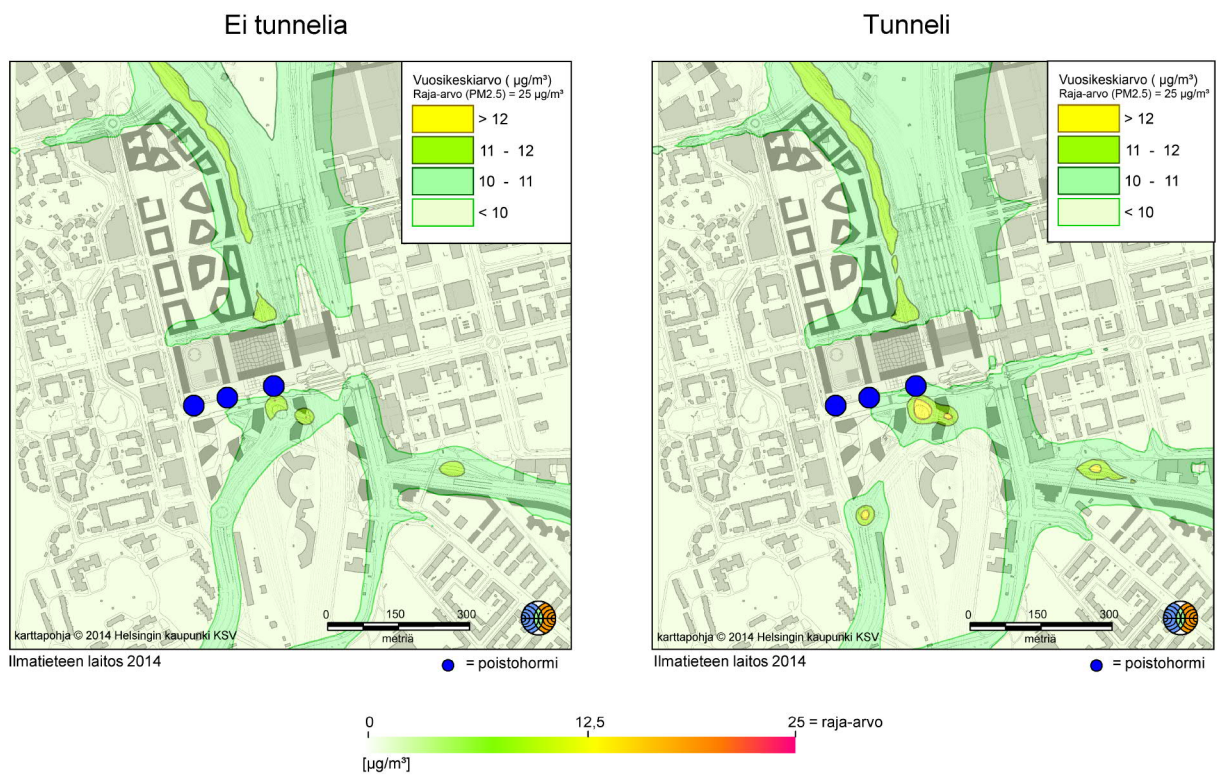
Kuva 3. Typpidioksidin (NO₂) korkein vuosi raja-arvoon verrannollinen pitoisuus [µg/m³].
Laskelmissa on mukana liikenteen ja pysäköintilaitoksen päästöt.

KESKI-PASILAN KESKUS TRIPLA



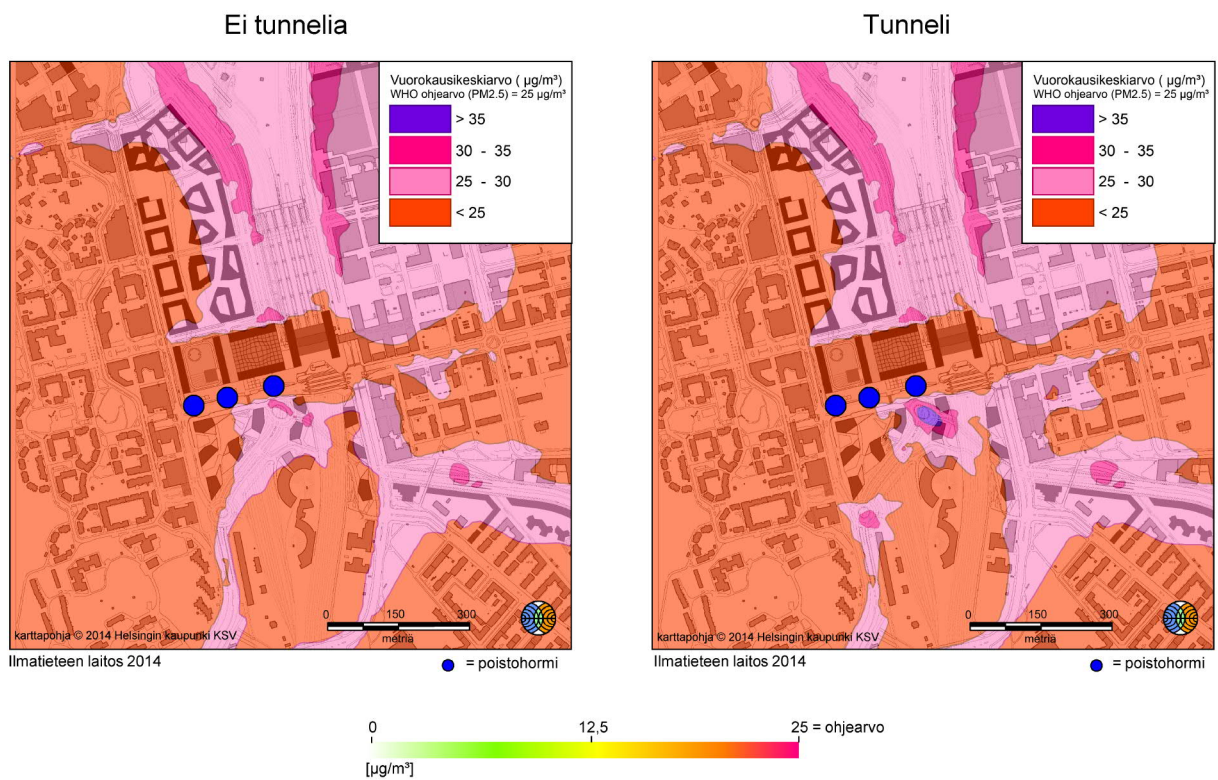
Kuva 4. Typpidioksidin (NO_2) korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].
Laskelmissa on mukana liikenteen ja pysäköintilaitoksen päästöt.

KESKI-PASILAN KESKUS TRIPLA




Kuva 5. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) korkein vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].
Laskelmissa on mukana liikenteen ja pysäköintilaitoksen päästöt.

KESKI-PASILAN KESKUS TRIPLA



Kuva 6. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus [µg/m³]. Laskelmissa on mukana liikenteen ja pysäköintilaitoksen päästöt.



Ilmatieteen laitos
Erik Palménin aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki
Puh. 029 539 1000
ilmatieteenlaitos.fi