



# ILMANLAATUSELVITYS

## Autoliikenteen päästöjen vaikutus ilmanlaatuun Turun Ratapihakorttelin lähialueella



# **ILMANLAATUSELVITYS**

**Autoliikenteen päästöjen vaikutus ilmanlaatuun  
Turun Ratapihakorttelin lähialueella**

**Päivitys 14.5.2020**

**Jatta Salmi  
Emmi Laukkanen  
Katja Lovén**

**Ilmatieteen laitos – Asiantuntijapalvelut  
Ilmanlaatu ja energia  
Helsinki 14.5.2020**

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>OSA I</b> .....	<b>4</b>
1 JOHDANTO.....	4
2 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT .....	4
2.1 Tarkastelukohteen sijainti.....	4
2.2 Liikennemäärät ja päästölaskenta.....	7
2.3 Mallilaskelmissa käytetty meteorologia .....	9
3 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN TULOKSET.....	10
3.1 Typpidioksidipitoisuudet (NO <sub>2</sub> ) .....	10
3.2 Pienhiukkaspitoisuudet (PM <sub>2,5</sub> ).....	14
3.3 Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet (PM <sub>10</sub> ) .....	17
4 ARVIO ILMANLAATUSELVITYKSEN MUUTTUNEIDEN LÄHTÖTIETOJEN VAIKUTUKSESTA ILMANLAATUSELVITYKSEN TULOSSIIN .....	21
5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	22
<b>OSA II</b> .....	<b>25</b>
6 TAUSTATIETOA ILMANLAADUSTA .....	25
6.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät .....	25
6.2 Typpidioksidi.....	26
6.3 Hiukkaset.....	26
6.4 Ilmansaasteiden terveysvaikutukset.....	28
7 ULKOILMANLAADUN RAJA- JA OHJEARVOT .....	29
8 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN YLEISKUVAUS.....	30
8.1 Liikenteen päästölaskenta.....	32
8.2 Suspensiopäästömalli.....	35
<b>VIITELUETTELO</b> .....	<b>36</b>

# OSA I

---

## 1 JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa arvioitiin leviämismallilaskelmilla autoliikenteen päästöjen vaikutusta ilmanlaatuun Turun keskustassa Ratapihan alueella. Ratapihan alueelle suunnitellaan monipuolista elämys- ja tapahtumakeskittymää sekä elämyksellisyyttä tukevia palveluita ja asumista. Leviämismalliselvityksen avulla arvioitiin ilmanlaatua Turun keskustassa ja selvitettiin alittuvatko ilmanlaadulle terveysperusteisesti asetetut ohje- ja raja-arvot nykytilanteessa sekä tulevaisuudessa Turun Ratapiha -hankkeen toteututtua korttelin alueella.

Tutkimuksessa tarkasteltiin ulkoilman typpidioksidin (NO<sub>2</sub>), pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) ja hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuuksia kahdessa eri skenaariossa: nykytilanteessa (2018) ja noin vuotta 2030 edustavassa ennusteskenaariossa. Pitoisuudet laskettiin Turun keskustan alueelle hengityskorkeudelle sekä suunniteltujen asuinrakennusten kohdalle erillisiin tarkastelupisteisiin. Tässä työssä on käytetty nykytilanteen päästökkenaariossa noin vuodelle 2018 arvioituja liikennemääriä ja vuoden 2017 ajoneuvokannan EURO-päästöluokkajakaumaa. Tulevan tilanteen päästökkenaariossa on käytetty vuodelle 2030 ennustettuja liikennemääriä ja vuoden 2017 ajoneuvokannan EURO-päästöluokkajakaumaa. Tulevaisuuden autoliikenteen päästöjen ennustamiseen sisältyy useita epävarmuustekijöitä. Mallinnuksessa ei otettu huomioon liikenteen ruuhkautumista, vaan liikennevirran oletettiin etenevän tasaista nopeutta nopeusrajoituksen mukaan.

Liikenteen päästöjen aiheuttamat typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet laskettiin Ilmatieteen laitoksella liikenteen päästöjen leviämisen mallintamiseen kehitetyllä leviämismallilla (CAR-FMI). Liikenteen aiheuttamien hengitettävien hiukkasten päästöjen laskennassa käytettiin lisäksi suspensiopäästömallia.

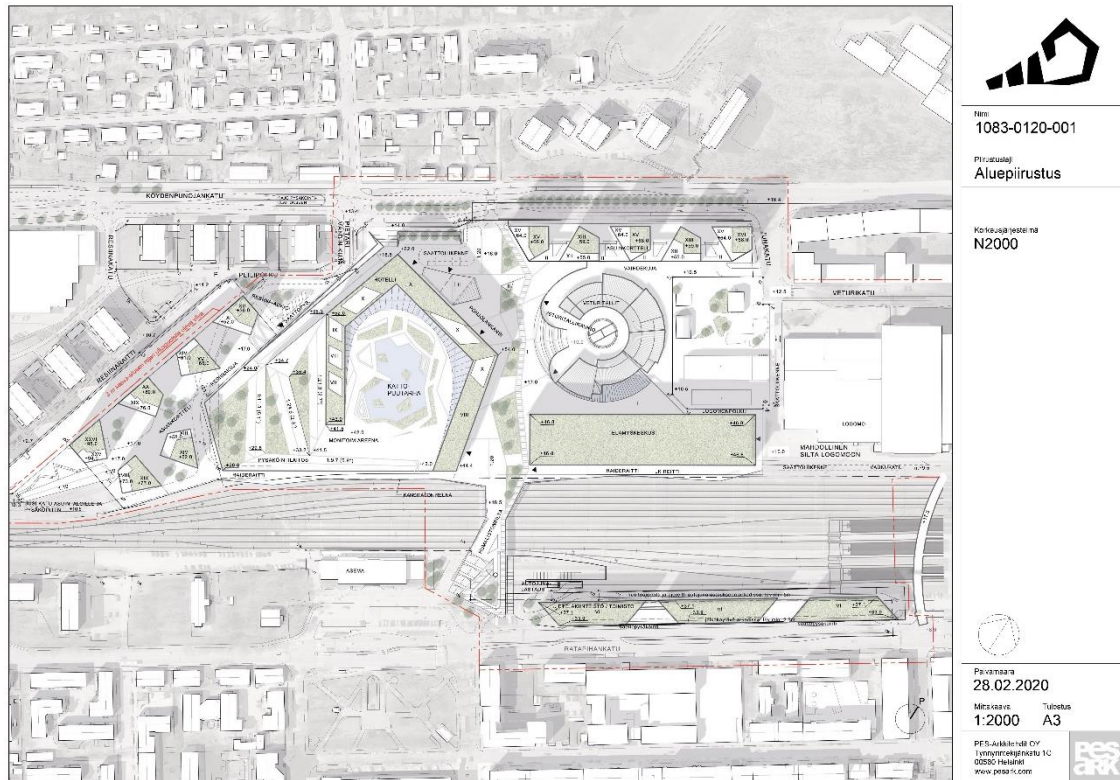
Ilmanlaatuselvityksen tilasi GSP Group Oy. Mallilaskelmien lähtötietoja toimittivat Turun kaupungin Kaupunkiympäristötoimiala, Strafica Oy, WSP Finland Oy, Granlund Oy sekä PES-Arkkitehdit Oy. Päästöjen leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut -yksikössä.

Tämä raportti julkaistiin alun perin 3.6.2019 ja sitä täydennettiin 9.10.2019 ja 22.11.2019 asiantuntija-arvioilla, joissa arvioitiin muuttuneiden lähtötietojen vaikutusta ilmanlaatuselvityksen tuloksiin. Tässä päivitettyssä raportissa (14.5.2020) on yhdistetty nämä kaikki aineistot yhteen ja vaihdettu raportin havainnekuvat vastaamaan Ratapihan alueen lopullisia rakennussuunnitelmia.

## 2 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT

### 2.1 Tarkastelukohteen sijainti

Tutkimuksessa tarkasteltiin autoliikenteen pakokaasupäästöjen ilmanlaatuvaikutuksia Turun keskustassa sijaitsevan Ratapihakorttelin alueella päästöjen leviämismallilaskelmien avulla. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty asemapiirros korttelista ja havainnekuvat siihen suunnitelluista rakennuksista.



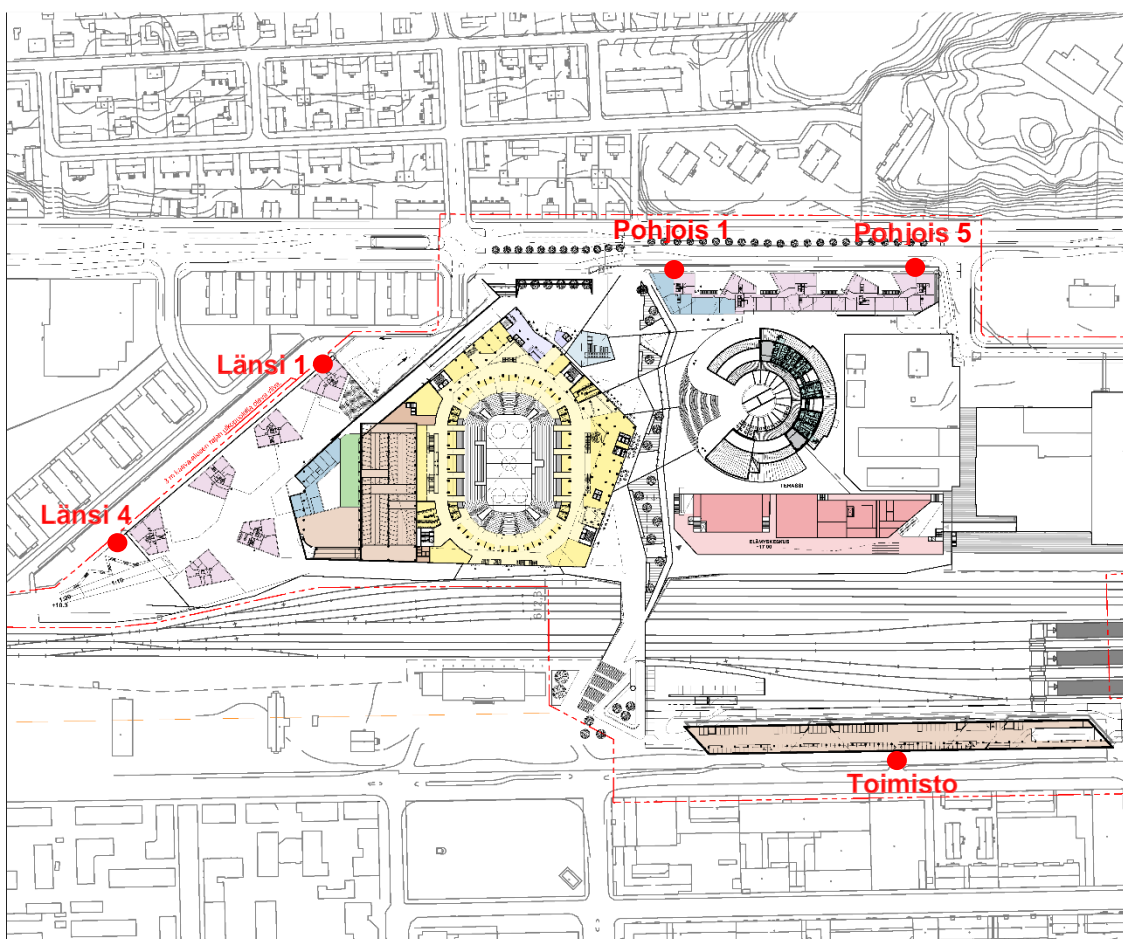
Kuva 1. Turun Ratapihakorttelin tulevien suunnitelmien aluepiirustus 28.2.2020 (Kuvan lähde: PES-Arkkitehdit Oy).



Kuva 2. Havainnekuva Turun Ratapihakorttelin tulevista suunnitelmista "Luoto", 28.2.2020 (Kuvan lähde: PES-Arkkitehdit Oy).

Leviämismallilaskelmien tutkimusalue oli kooltaan 3 km x 3 km, josta tuloksia on esitetty noin 2 km x 2 km alueelta. Laskentapisteikössä pisteiden välisiä etäisyyksiä oli tihennetty pitoisuuksien muodostumisen kannalta merkittävimmällä alueella eli teiden lähiympäristössä ja Ratapihakorttelin alueella. Laskentapisteikön pisteet olivat tiheimmillään 5 metrin etäisyydellä toisistaan ja harvimmillaan 100 metrin etäisyydellä toisistaan.

Mallilaskelmissa tarkasteltiin korttelin lähialueelle hengityskorkeudelle muodostuvia ulkoilman tyypidioksidipitoisuuksia, pienhiukkaspitoisuuksia ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia. Alueellisen tarkastelun lisäksi tarkasteltiin suunniteltujen rakennusten julkisivujen kohdalle eri korkeuksille muodostuvia pitoisuuksia. Näiden rakennusten sijainti on esitetty kuvassa 3. Pohjoisessa ja lännessä sijaitsevien kiinteistöjen alin maanpäällinen kerros on pysäköintitilaa ja muut kerrokset ovat asuinkäytössä. Talojen korkeus on 9–15 krs. Etelässä sijaitsevan kiinteistön kaikki kolme kerrosta ovat toimistokäytössä.

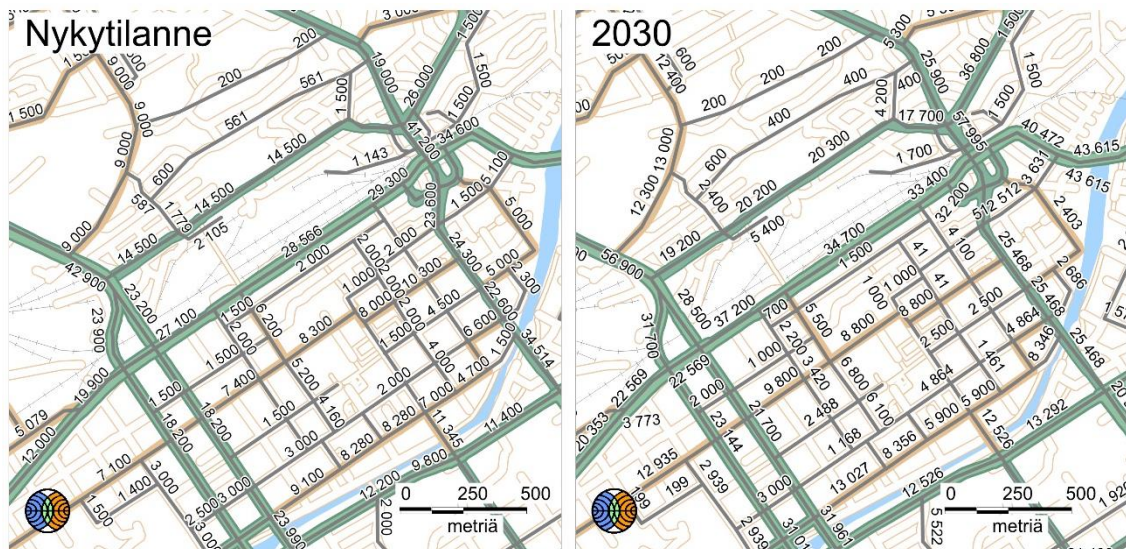


Kuva 3. Turun Ratapihakorttelin pitoisuuksien julkisivutarkastelujen sijaintikohteet. Pohjoisessa ja lännessä sijaitsevien kiinteistöjen alin maanpäällinen kerros on pysäköintitilaa ja muut kerrokset ovat asuinkäytössä, etelässä sijaitsevan kiinteistön kaikki kerrokset ovat toimistokäytössä (Kuvan lähde: PES-Arkkitehdit Oy 28.2.2020).

## 2.2 Liikennemäärät ja päästölaskenta

Liikenteen päästöt laskettiin ja mallinnettiin tiekohtaisina viivalähteinä noin 3 km etäisyydeltä tutkimuskohteesta. Liikenneväyliä kuvattiin peräkkäisinä lyhyinä viivoina, joista jokaisesta vapautuu ympäristöönsä erikseen laskettavan suuruinen päästö. Tieverkon liikenteen päästöt laskettiin Ilmatieteen laitoksella keskimääräisten vuorokausiliikennemäärien (KVL), ajoneuvojakauman, ajonopeuksien, raskaan liikenteen osuuksien ja liikenteen tuntikohtaisen vaihtelun perusteella.

Mallilaskelmin tarkasteltiin nykyisen tieverkoston kahta eri autoliikenteen päästötilannetta: nykytilannetta ja tulevaa vuoden 2030 ennustetilannetta. Nykytilanteen päästölaskennassa käytettiin vuotta 2018 edustavia liikennemääriä ja raskaan liikenteen määriä. Tulevassa tilanteessa käytettiin vuodelle 2030 ennustettuja liikennemääriä ja raskaan liikenteen määriä. Tulevaisuuden liikennemäärät ovat Ratapihan lähimmiltä kaduilta WSP:n 13.3.2019 tekemän ennusteen (2030 Nykyverkko Ratapihahanke) mukaisia ja muiden kauempana olevien teiden osalta Straficin tekemän vuoden 2030 ennusteen mukaisia. Tieosuuksien nopeusrajoitusten ja liikenteen aikavaihtelun oletettiin olevan samoja molemmissa laskentaskenaarioissa. Kuvassa 4 on esitetty ilmanlaatuselvityksessä käytetyt, päästölaskennan pohjana olleet keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL, ajoneuvoa vuorokaudessa) Turun keskustassa tutkimuskohteen ympäristössä nykytilanteessa ja vuoden 2030 tilanteessa.

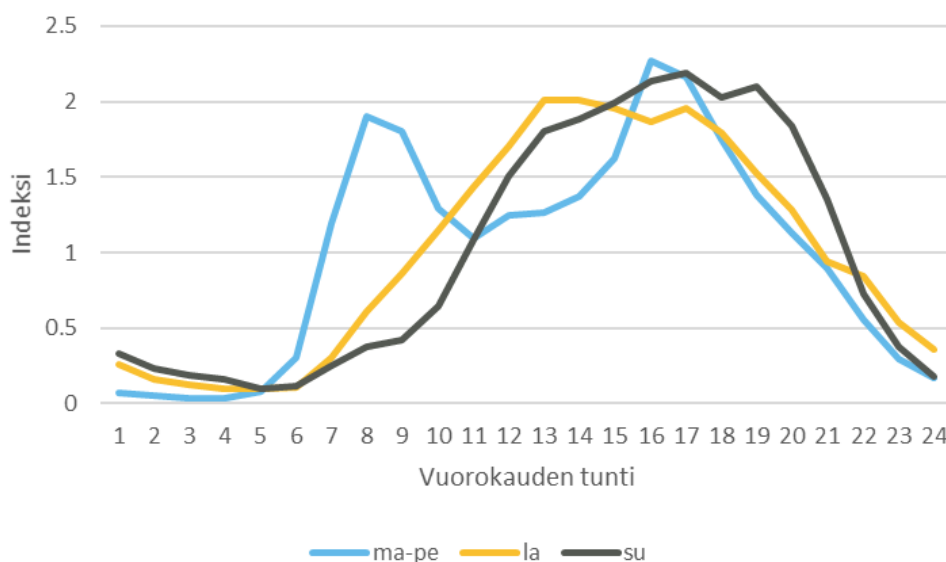


Kuva 4. Päästölaskennan pohjana käytetyt Turun Ratapihan alueen keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL, ajoneuvoa/vrk) nykytilanteessa ja vuoden 2030 tarkasteluskenaariossa WSP Finland Oy:n 13.3.2019 päivätyn aineiston "KVL 2030 nykyverkko Ratapihahanke" mukaisesti.

Autoliikenteen pakokaasupäästöjen leviämislaskelmat tehtiin käyttäen Euroopan ympäristöviraston (European Environmental Agency, EEA) määrittämiä nopeudesta ja ajoneuvojen päästoluokista (EURO-luokitus) riippuvia ajoneuvotyyppikohtaisia päästökertoimia (EEA, 2017). Ajoneuvojen jakaumana käytettiin Suomen vuoden 2016 ajoneuvojen EURO-luokittaisia ajosuoriteosuuksia VTT:n julkaiseman liikenteen päästöjen laskentajärjestelmän mukaisesti (VTT, 2018). Luokittelu kertoo, miten paljon vuodessa ajetaan kuhunkin eri päästoluokkaan kuuluvilla ajoneuvoilla. Tulevaisuuden autoliikenteen päästöjen ennustamiseen sisältyy useita epävarmuustekijöitä. Tässä

ilmanlaatuselvityksessä on käytetty myös tulevaisuuden skenaariossa vuotta 2016 edustavaa ajoneuvojen EURO-luokkajakaumaa, mikä on konservatiivinen arvio tulevaisuuden päästötilanteesta. Todennäköistä on, että päästöt ja niiden aiheuttamat vaikutukset pienenevät tulevaisuudessa nykytilanteeseen verrattuna, kun autokanta uudistuu ja ajoneuvojen moottoritekniikka kehittyä ja päästörajoitukset tiukkenevat.

Päästöjen ajallista vaihtelua kuvattiin liikennelaskennoista saatujen liikennemäärien vaihteluiden avulla. Liikennemäärinä käytettiin Liikenneviraston ylläpitämän Turun Kupittaalla sijaitsevan liikenteen automaattisen mittausaseman (LAM 235) aineistoa vuoden 2018 syyskuulta. Aineistosta hyödynnettiin päästölaskelmissa päivittäinen tuntivaihtelu eri viikonpäivinä sekä lauantain ja sunnuntain liikennemäärien suhde verrattuna arkipäiviin (kuva 5). Päästölaskelmissa liikenteen oletettiin olevan sujuvaa. Mikäli liikenteen nopeus on nopeusrajoitusta matalampi tai liikenne ruuhkautuu, liikenteen päästöt kasvavat, mutta tätä ei leviämismallilaskelmissa ole otettu huomioon.



Kuva 5. Liikennemäärien tunneittainen vaihtelu tarkastelualueella eri viikonpäivinä indeksillä kuvattuna.

Tieliikenteen päästöjen lisäksi mallilaskelmissa on huomioitu alueellinen typpidioksidin, otsonin ja pienhiukkasten taustapitoisuus Utössä sijaitsevan Ilmatieteen laitoksen taustailmanlaadun mittausaseman mittaustuloksista. Tausta-asemalta saadaan typenoksidien muutunnan kuvaamista varten tarvittava otsonin ja typenoksidien pitoisuus kaupungin ulkopuolella ennen paikallisten päästöjen aiheuttamaa otsonin ja typenoksidien ilmakemiallista muutunutta. Typpidioksidin taustapitoisuuden vuosikeskiarvo tarkastelujaksolla 2016–2018 Utössä oli enimmillään noin  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja pienhiukkasten noin  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja otsonin  $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Typpidioksidin, otsonin ja pienhiukkasten taustapitoisuuksina käytettiin pitoisuuksien kuukausittain laskettuja tunneittaisia keskiarvoja, joilla pyrittiin kuvaamaan taustapitoisuuksien vuorokauden sisäistä ja vuodenajoittaista vaihtelua (*Ilmanlaatuportaali, 2019*). Typenoksidipäästöjen muutunnan kuvaamiseen käytettiin otsonihavaintoja. Leviämismallilaskelmissa oletettiin autoliikenteen typenoksidipäästöistä ( $\text{NO}_x$ ) olevan keskimäärin 20 % typpidioksidia ( $\text{NO}_2$ ) ennen muutunutta (*Anttila, ym., 2011*).

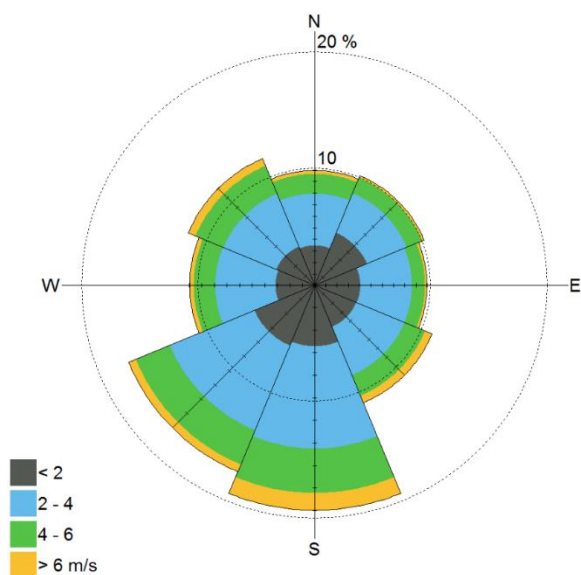


### 2.3 Mallilaskelmissa käytetty meteorologia

Leviämismallin tarvitseman meteorologisen aikasarjan muodostuksessa käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia, joka perustuu ilmakehän rajakerroksen parametrisointimenetelmään (Karppinen, 2001). Menetelmän avulla voidaan meteorologisten rutiinihavaintojen ja fysiikan perusyhtälöiden avulla arvioida rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan päästöjen leviämismallilaskelmissa. Menetelmässä huomioidaan tutkimusalueen paikalliset tekijät, kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (maanpinnan kyky heijastaa auringon säteilyä) eri maanpinnan laaduille.

Laskelmissa käytettiin kolmen vuoden pituista tutkimusalueen sääolosuhteita edustavaa meteorologista aineistoa. Laskelmissa käytettäväksi sääasemiksi valittiin tutkimusaluetta edustavimmat sääasemat, joilla mitataan kaikkia mallin tarvitsemia sääsuureita. Säähavainto- ja luotausaineistot täyttävät WMO:n ja ICAO:n laatuvaatimukset. Tuulen suunta- ja nopeustiedot muodostettiin kahden sääaseman havaintojen etäisyyspainotettuna tilastollisena yhdistelmänä. Lopputuloksena saatiin leviämismalleissa tarvittavien meteorologisten tietojen tunnitteiset aikasarjat.

Tutkimusalueen ilmastollisia olosuhteita edustava meteorologinen aikasarja muodostettiin Turun Artukaisen ja Turun Rajakaran sääasemien havaintotiedoista vuosilta 2016–2018. Sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Jokioisten luotaushavaintoja. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella on esitetty kuvassa 6. Tutkimusalueella etelä- ja lounaistuulet ovat vallitsevia ja muita tuulensuuntia esiintyy vähemmän.



Kuva 6. Keskimääräinen tuulen suunta- ja nopeusjakauma Turussa vuosina 2016–2018. Tuulitiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maan pinnasta.

### 3 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN TULOKSET

Mallilaskelmien tuloksina saadut typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuudet sekä hengitettävien hiukkasten pitoisuudet on esitetty havainnollisina karttakuvina, joissa ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia verrataan ilmanlaatulainsäädännössä annettuihin ohje- ja raja-arvoihin sekä WHO:n ohjearvoon. Tulokuvissa aluejakaumina esitetyt pitoisuudet kuvaavat mallilaskelmin saatuja enimmäispitoisuustasoja ulkoilmassa hengityskorkeudella. Kuvissa on mukana alueellinen taustapitoisuus.

Karttakuvissa on esitetty värillisinä aluejakaumina alueet, joilla tietyn pitoisuuden ylittyminen on pitkän havaintojakson aikana todennäköistä. Kartoissa esitetyt pitoisuuksien aluejakaumat eivät edusta koko tutkimusalueella yhtäkäää vallitsevaa pitoisuustilannetta, vaan ne kuvaavat kuhunkin laskentapisteeseen mallilaskelmissa saatua korkeinta pitoisuutta. Korkeimmat pitoisuudet voivat esiintyä eri laskentapisteissä eri ajanhetkinä.

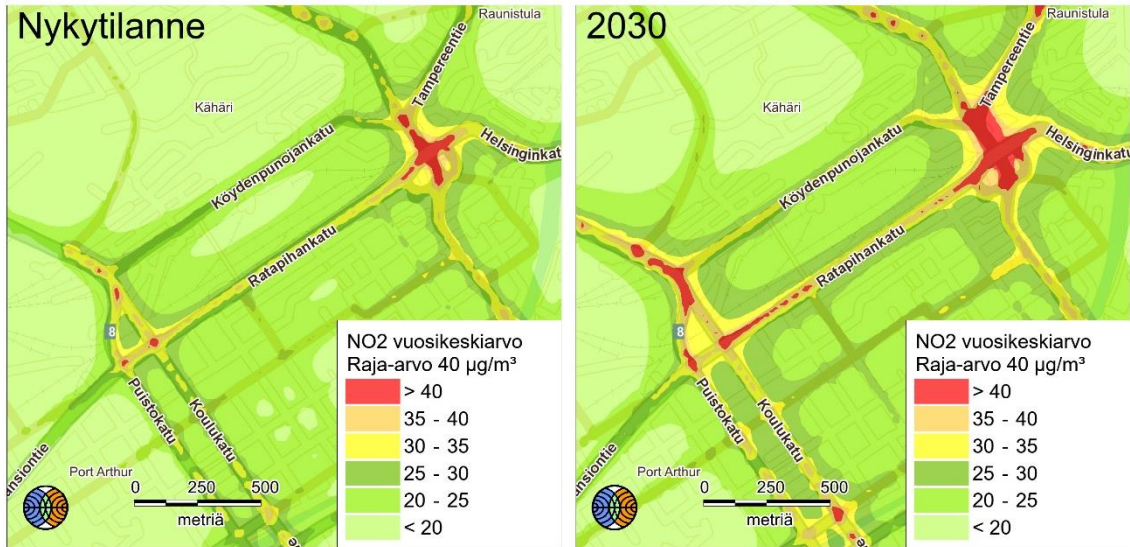
Vuosikeskiarvopitoisuus kuvaa alueen keskimääräistä ja vallitsevaa ilman epäpuhtauspitoisuustasoa parhaiten. Karttakuvissa esitetyt vuosikeskiarvopitoisuudet kuvaavat kolmen vuoden tarkastelujakson (vuodet 2016–2018) korkeinta vuosikeskiarvoa kussakin laskentapisteessä. Hetkelliset pitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi. Mallinnettuihin lyhytaikaispitoisuuksiin sisältyy enemmän epävarmuutta kuin vuosikeskiarvopitoisuuksiin ja lyhytaikaispitoisuuksien aluejakaumaan vaikuttavat voimakkaammin yksittäiset meteorologiset tilanteet. Karttakuvissa esitetyt vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet kuvaavat kolmen vuoden tarkastelujakson korkeinta vuorokausiohjearvoon verrannollista pitoisuutta kussakin laskentapisteessä.

#### 3.1 Typpidioksidipitoisuudet (NO<sub>2</sub>)

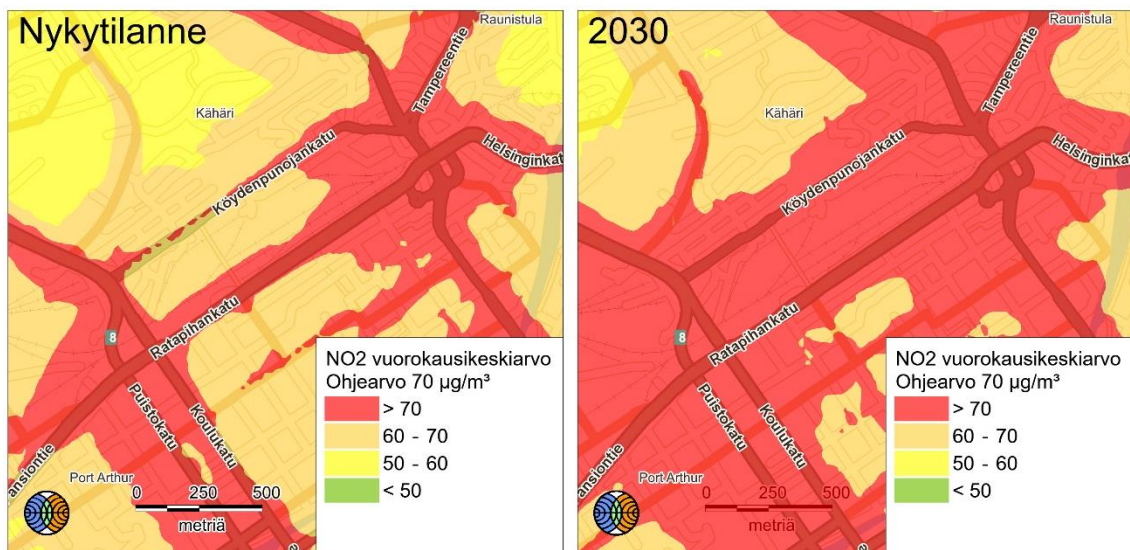
Leviämismallilaskelmien tuloksina saadut ulkoilman typpidioksidipitoisuudet Turun Ratapihakorttelin ympäristössä on esitetty kuvissa 7–8. Hengityskorkeudelle lasketut pitoisuudet ovat korkeimmillaan vilkkaasti liikenneöityjen katujen varsilla ja risteysalueilla. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa liikenneväylistä. Pitoisuustilanne on samankaltainen molemmissa tarkasteluvaihtoehdoissa, mutta tulevassa tilanteessa (vuonna 2030) raja-arvon ylitysalueet ja korkeimpien pitoisuuksien vyöhykkeet ovat hieman laajempia kuin nykytilanteessa, koska tulevassa tilanteessa liikennemäärät ovat ennusteen mukaan suurempia.

Typpidioksidipitoisuuden vuosiraja-arvon on mahdollista (40 µg/m<sup>3</sup>) ylittyä vilkkaimmilla ristysalueilla sekä nykytilanteessa että tulevassa tilanteessa. Laajimmat ylitysalueet esiintyvät risteysalueella, jossa Ratapihankatu, Köydenpunojankatu, Tampereentie (Valtatie 9) ja Helsinginkatu (Valtatie 1) risteävät, mutta raja-arvo ylittyy myös Ratapihankadun ja Puistokadun sekä Ratapihankadun ja Koulukadun risteyksissä. Raja-arvot eivät ole voimassa risteysalueilla tai liikenneväylillä.

Hetkelliset typpidioksidipitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi (kuva 8). Leviämismallilaskelmien mukaan typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ylittävät epäedullisissa meteorologisissa olosuhteissa ohjearvotason (70 µg/m<sup>3</sup>) laajoilla alueilla vilkkaimpien väylien varressa ja risteysalueilla ja typpidioksidipitoisuudet ovat lähellä ohjearvotasoa koko ydinkeskustan alueella. Pitoisuudet pienentyvät etäisyyden kasvaessa vilkkaimmista liikenneväylistä.



Kuva 7. Typpidioksidin ( $\text{NO}_2$ ) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ulkoilmassa hengityskorkeudella.

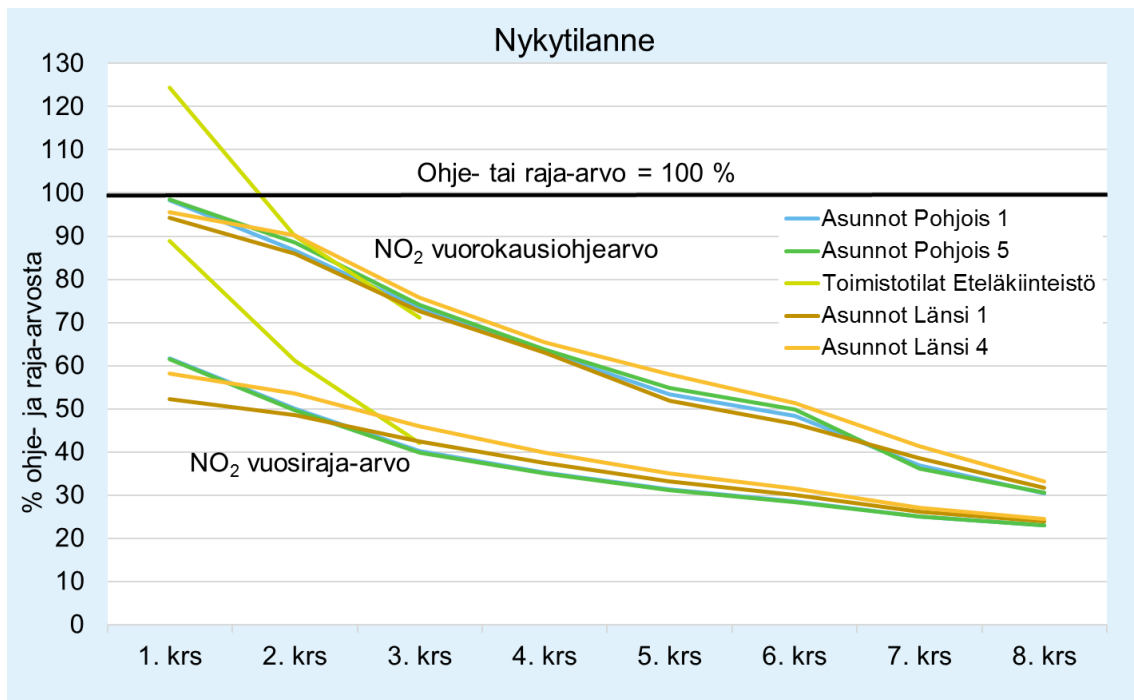


Kuva 8. Typpidioksidin ( $\text{NO}_2$ ) vuorokausiohjarvoon verrannolliset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ulkoilmassa hengityskorkeudella.

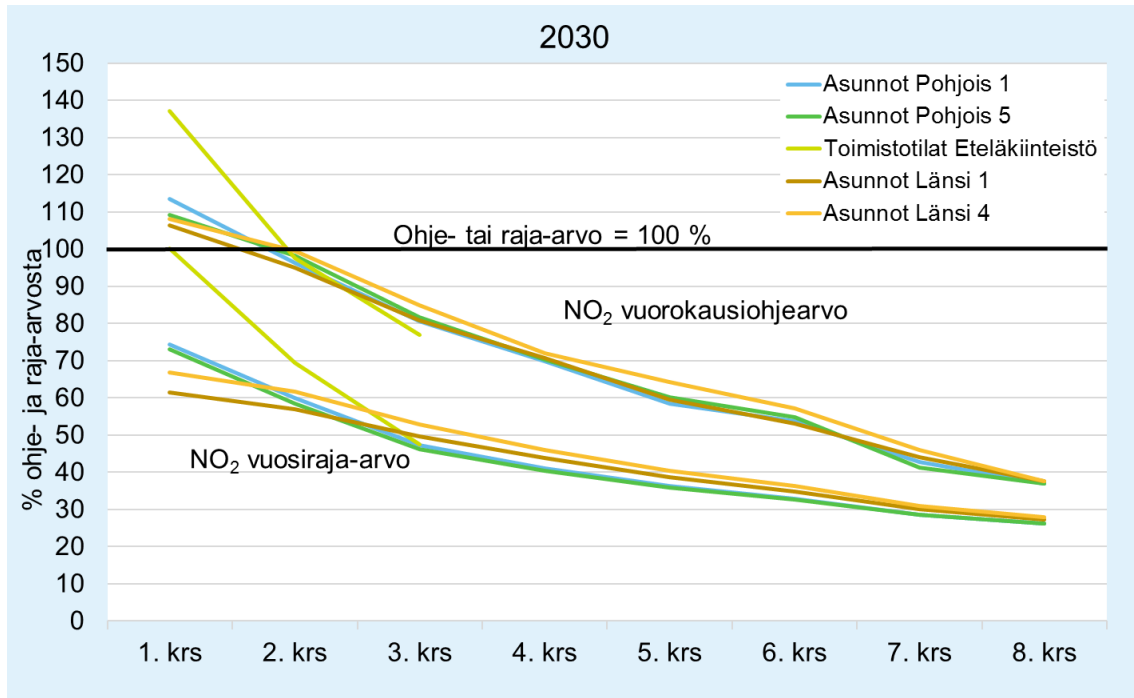
Autoliikenteen päästöjen vaikutus ulkoilman typpidioksidipitoisuuksiin on suurin hengityskorkeudella. Päästöjen sekoittumisen ja laimenemisen vuoksi pitoisuudet pienenevät sekä korkeammalle noustessa että kuljettaessa etäämmälle tiestä. Kuvassa 9 ja 10 on esitetty typpidioksidin vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjarvoon verrannollinen pitoisuus nykytilanteessa ja vuonna 2030 viidessä julkisivujen tarkastelupisteissä eri korkeuksilla maanpinnasta ylöspäin. Valitut tarkastelupisteet ovat kiinteistöjä, joiden alimmassa kerroksessa on pysäköintitilaa ja toisesta kerroksesta ylöspäin joko asuntoja tai toimistotiloja. Typpidioksidipitoisuuden vuosiraja-arvo ei ylitä kiinteistöjen kohdalla nykytilanteessa eikä tulevassa tilanteessa. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjarvo ylittyy nykytilanteessa ainoastaan

Eteläkiinteistön toimistorakennuksen kohdalla ja vuonna 2030 kaikkien tarkasteltujen kiinteistöjen kohdalla. Pitoisuudet kuitenkin pienenevät korkeammalle mentäessä, eikä ohjearvo ylitä enää toisen kerroksen korkeudella. Kuvaajissa on esitetty pitoisuudet 8. kerroksen korkeudelle asti. Tätä korkeammalla pitoisuudet ovat samaa tasoa tai pienempiä kuin 8. kerroksen korkeudella.

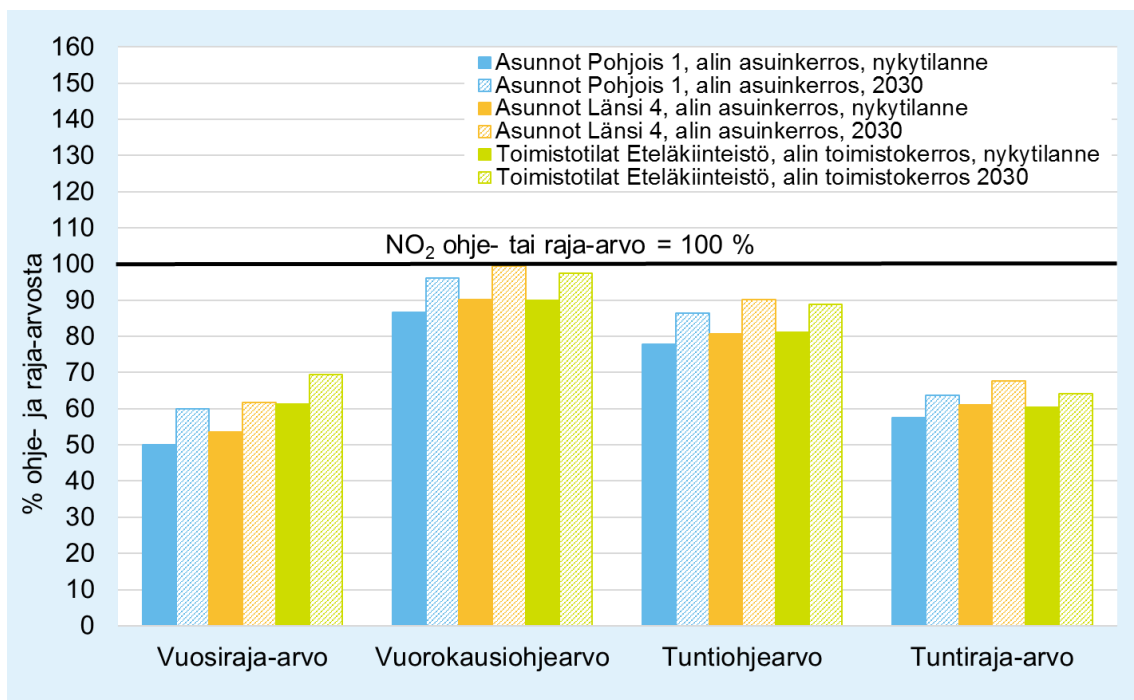
Kuvassa 11 on esitetty typpidioksidipitoisuuksien suhde raja- ja ohjearvoihin (% raja- tai ohjearvosta) Turun Ratapihan kiinteistöjen alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella nykytilanteessa ja vuonna 2030. Pitoisuudet alittavat typpidioksidin raja- ja ohjearvot sekä nykytilanteessa että tulevassa tilanteessa alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella.



Kuva 9. Typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) korkein vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus nykytilanteessa julkisivujen tarkastelupisteissä eri korkeuksilla maanpinnasta.



Kuva 10. Typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) korkein vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus vuonna 2030 julkisivujen tarkastelupisteissä eri korkeuksilla maanpinnasta.

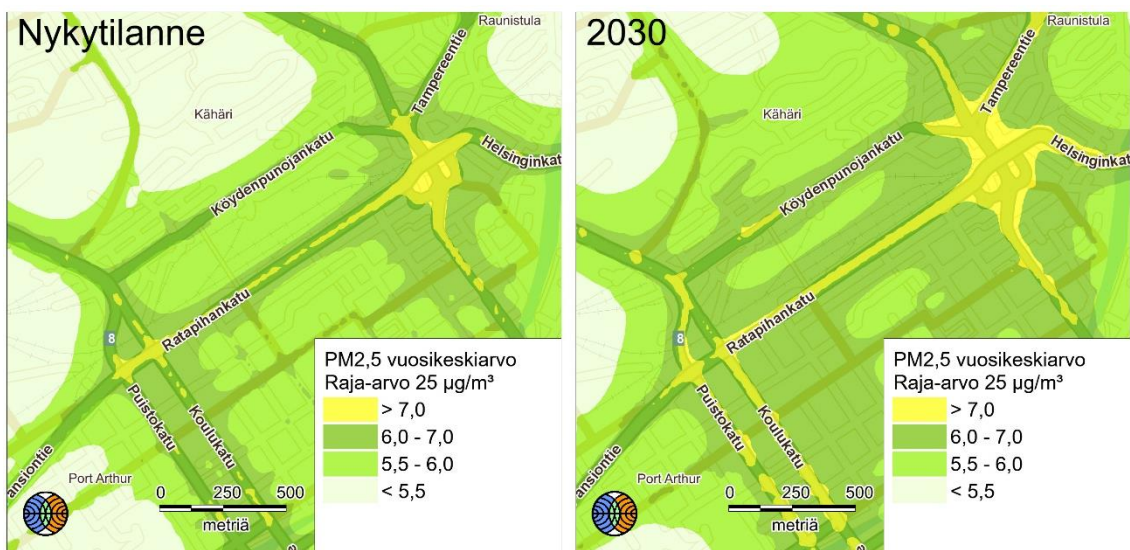


Kuva 11. Typpidioksidin raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet (% raja- tai ohjearvosta) Turun Ratapihan kiinteistöjen alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella nykytilanteessa ja vuonna 2030.

### 3.2 Pienhiukkaspitoisuudet (PM<sub>2,5</sub>)

Leviämismallilaskelmien tuloksina saadut ulkoilman pienhiukkaspitoisuudet Turun Ratapihakorttelin ympäristössä on esitetty kuvissa 12–13. Hengityskorkeudelle lasketut pitoisuudet ovat korkeimmillaan katujen varsilla ja risteysalueilla. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa liikenneväylistä. Pitoisuustilanne on samankaltainen molemmissa tarkasteluvaihtoehdoissa, mutta tulevassa tilanteessa (vuonna 2030) pitoisuudet ovat hieman korkeampia ja pitoisuuksien esiintymisvyöhykkeet hieman laajempia kuin nykytilanteessa, koska tulevassa tilanteessa liikennemäärät ja ovat suurempia.

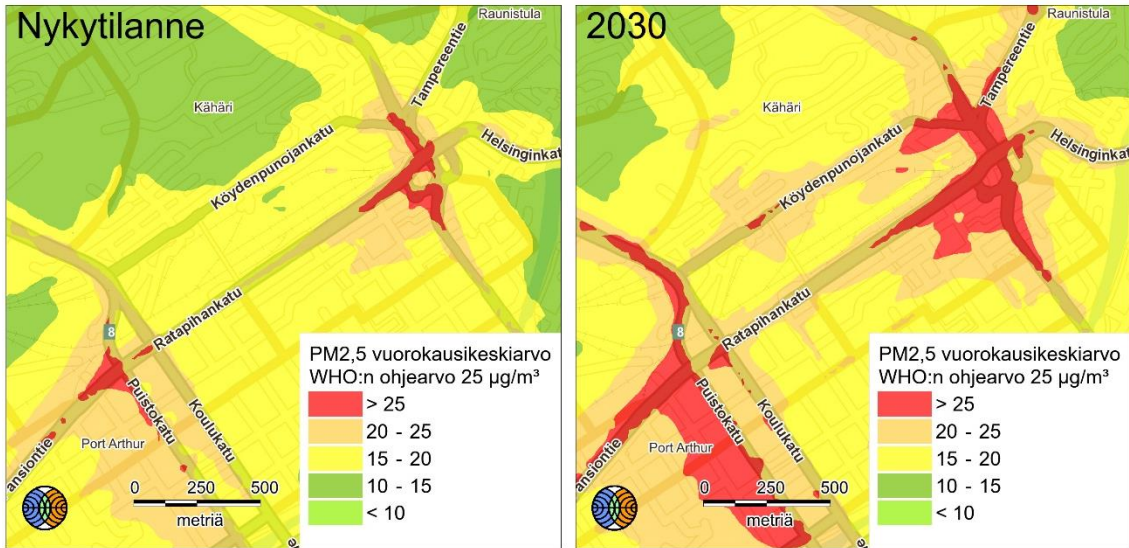
Pienhiukkaspitoisuuden vuosiraja-arvo ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) alittuu molemmissa tarkasteluvaihtoehdoissa. WHO:n suosituksenomainen vuosiohjearvo  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alittuu nykytilanteessa, mutta tulevassa tilanteessa korkeimmat yksittäisissä laskentapisteissä saadut pitoisuudet ovat tämän ohjearvon suuruisia. Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät risteysalueella, jossa Ratapihankatu, Köydenpunojankatu, Tampereentie (Valtatie 9) ja Helsinginkatu (Valtatie 1) risteävät. Ydinkeskustan ulkopuolelle siirryttäessä pitoisuudet putoavat nopeasti taustapitoisuuden tasolle. Pienhiukkaspitoisuuksien melko pieni vaihtelu eri ympäristöissä johtuu siitä, että suurin vaikutus pienhiukkaspitoisuustasoihin on alueellisella taustapitoisuudella. Autoliikenteen päästöt aiheuttavat paikallisesti muutaman mikrogramman lisän pienhiukkaspitoisuuksien vuosikeskiarvoon vilkkaiden teiden varsilla.



Kuva 12. Pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ulkoilmassa hengityskorkeudella.

Hetkelliset pienhiukkaspitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi (kuva 13). Laskelmien mukaan pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ylittävät korkeimmillaan ohjearvotason ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) vilkkaimpien väylien varressa ja risteysalueilla. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa liikenneväylistä. WHO:n määrittelemä ohjearvo on suosituksenomainen eikä ole osa Suomen ilmansuojelulainsäädäntöä. Pitoisuuksia

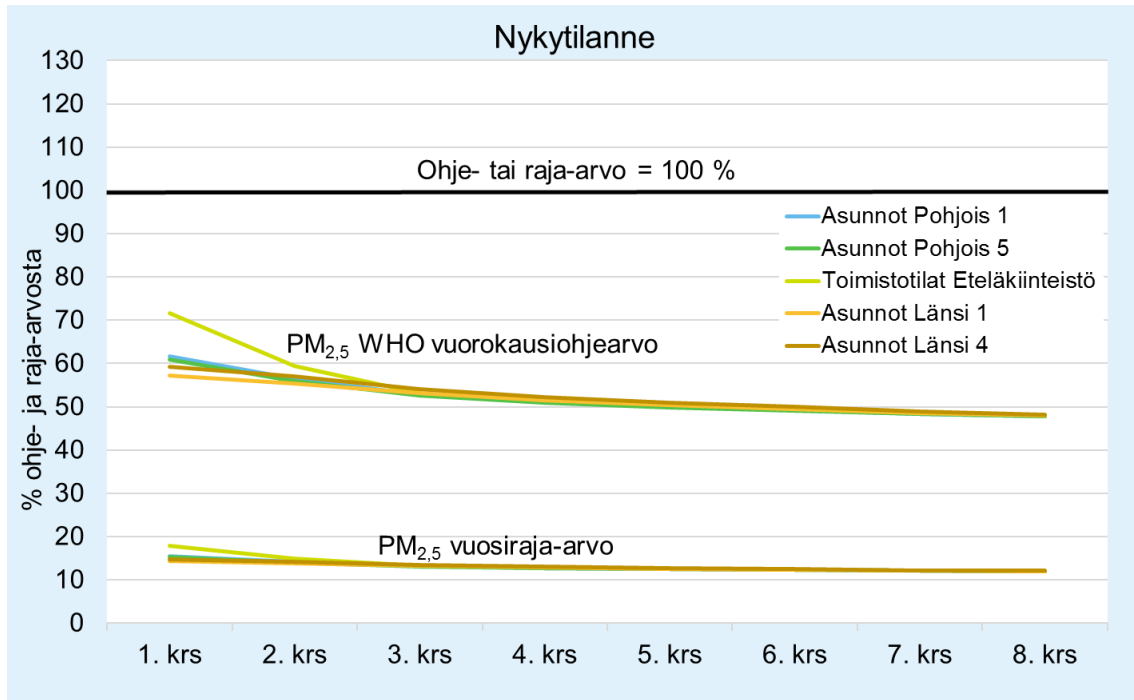
verrataan yleisesti WHO:n ohjearvoon, koska pienhiukkasten lyhytaikaispitoisuuksille ei ole Suomessa voimassaolevaa ohje- tai raja-arvoa. Kaukokulkeumalla on merkittävä vaikutus pienhiukkasten pitoisuuksiin Suomessa ja korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet havaitaan yleensä kaukokulkeumaepisodien aikana. Näissä tilanteissa pienhiukkaspitoisuuden WHO:n vuorokausiohjearvo ylittyy helposti koko Suomessa, jopa puhtailla tausta-alueillakin. Suurimmat pitoisuudet havaitaan yleensä, kun ilmavirtaukset ovat etelän tai idän suuntaisia (mm. Venäjän ja Itä-Euroopan metsäpalojen aiheuttamat kohonneet pienhiukkaspitoisuudet).



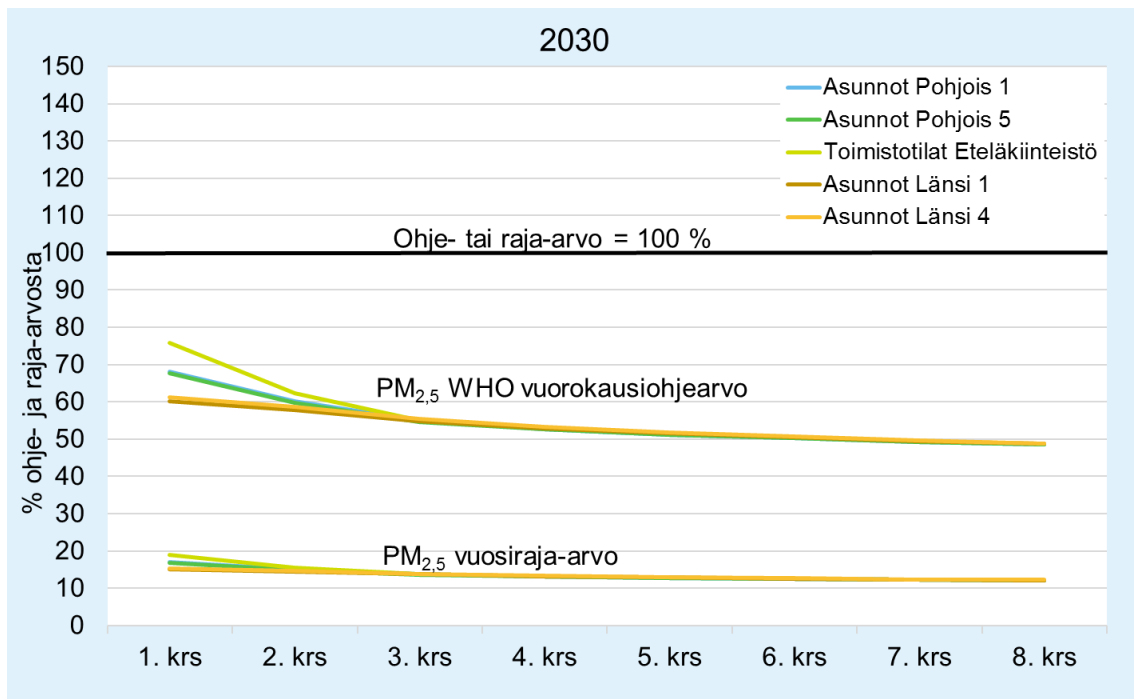
Kuva 13. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet (µg/m<sup>3</sup>) ulkoilmassa hengityskorkeudella.

Autoliikenteen päästöjen vaikutus ulkoilman pienhiukkaspitoisuuksiin on suurin hengityskorkeudella. Päästöjen sekoittumisen ja laimenemisen vuoksi pitoisuudet pienenevät sekä korkeammalle noustessa että kuljettaessa etäämmälle tiestä. Kuvissa 14 ja 15 on esitetty pienhiukkasten vuosiraja-arvoon ja WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus nykytilanteessa ja vuonna 2030 viidessä julkisivujen tarkastelupisteissä eri korkeuksilla maanpinnasta ylöspäin. Valitut tarkastelupisteet ovat kiinteistöjä, joiden alimmassa kerroksessa on pysäköintitilaa ja toisesta kerroksesta ylöspäin joko asuntoja tai toimistotiloja. Pienhiukkaspitoisuuden vuosiraja-arvo tai WHO:n vuorokausiohjearvo eivät ylity kiinteistöjen kohdalla nykytilanteessa tai tulevassa tilanteessa. Kuvaajissa on esitetty pitoisuudet 8. kerroksen korkeudelle asti. Tätä korkeammalla pitoisuudet ovat samaa tasoa tai pienempiä kuin 8. kerroksen korkeudella.

Kuvassa 16 on esitetty pienhiukkaspitoisuuksien suhde raja- ja ohjearvoihin (% raja- tai ohjearvosta) Turun Ratapihan kiinteistöjen alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella nykytilanteessa ja vuonna 2030. Pitoisuudet alittavat pienhiukkasten raja- ja ohjearvot sekä nykytilanteessa että tulevassa tilanteessa alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella.

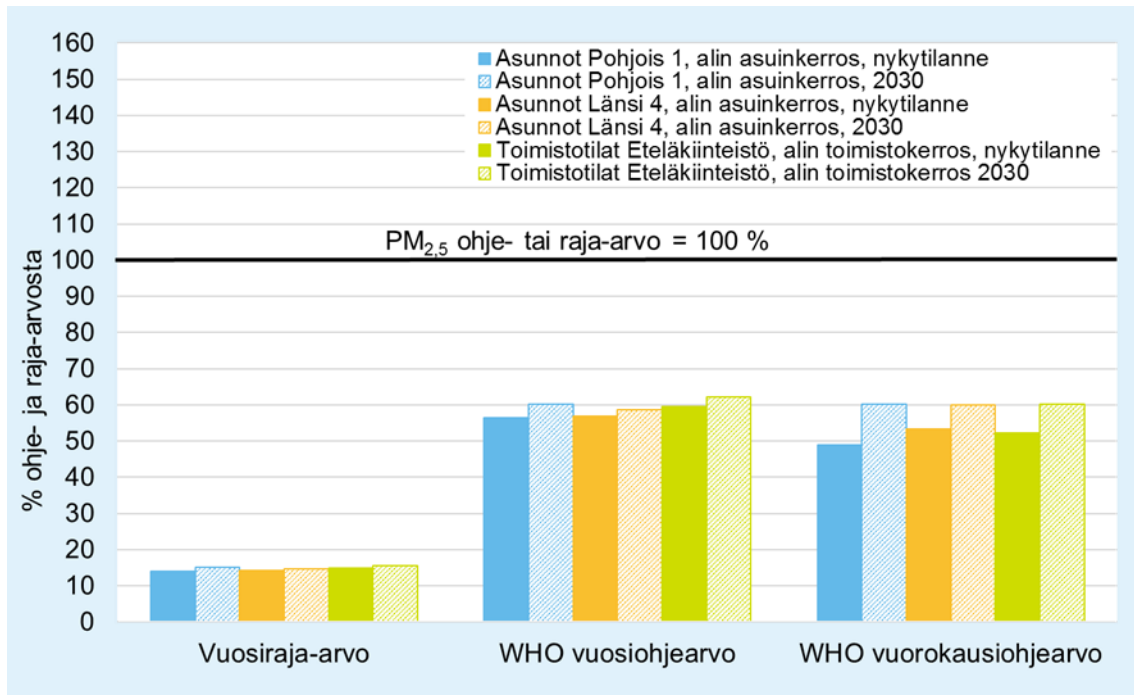


Kuva 14. Pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) korkein vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus nykytilanteessa julkisivujen tarkastelupisteissä eri korkeuksilla maanpinnasta.



Kuva 15. Pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) korkein vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus vuonna 2030 julkisivujen tarkastelupisteissä eri korkeuksilla maanpinnasta.





Kuva 16. Pienhiukkasten ( $PM_{2,5}$ ) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet (% raja- tai ohjearvosta) Turun Ratapihan kiinteistöjen alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella nykytilanteessa ja vuonna 2030.

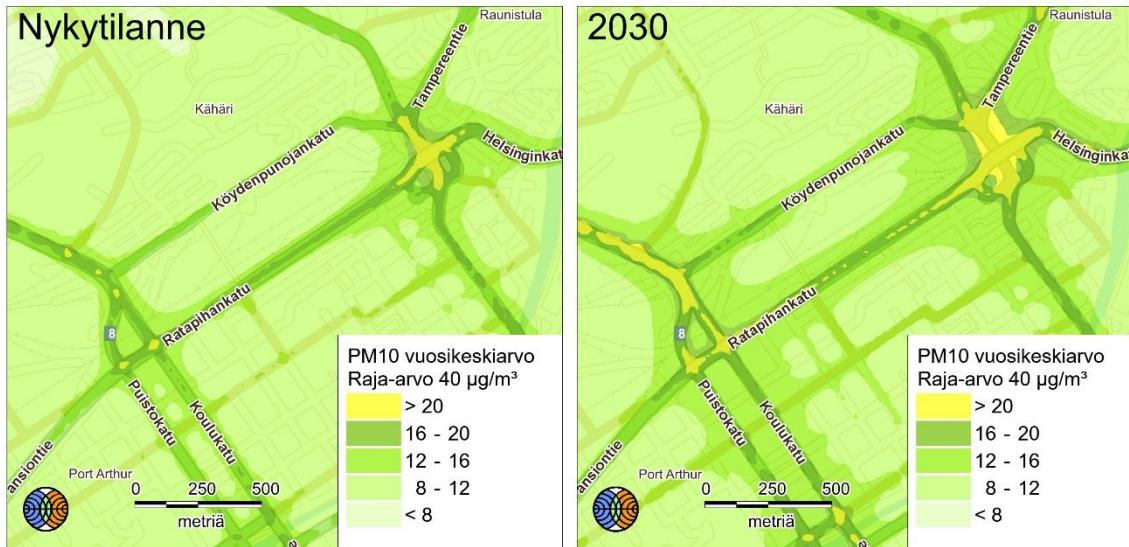
### 3.3 Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ( $PM_{10}$ )

Leviämismallilaskelmien tuloksina saadut ulkoilman hengitettävien hiukkasten pitoisuudet Turun Ratapihakorttelin ympäristössä on esitetty kuvissa 17–19. Hengityskorkeudelle lasketut pitoisuudet ovat korkeimmillaan katujen varsilla ja risteysalueilla. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa liikenneväylästä. Pitoisuustilanne on samankaltainen molemmissa tarkasteluvaihtoehdoissa, mutta tulevassa tilanteessa (vuonna 2030) pitoisuudet ovat hieman korkeampia ja pitoisuuksien esiintymisvyöhykkeet hieman laajempia kuin nykytilanteessa, koska tulevassa tilanteessa liikennemäärät ovat suurempia. Leviämismallilaskelmissa ei ole otettu huomioon katupölyä vähentäviä toimia.

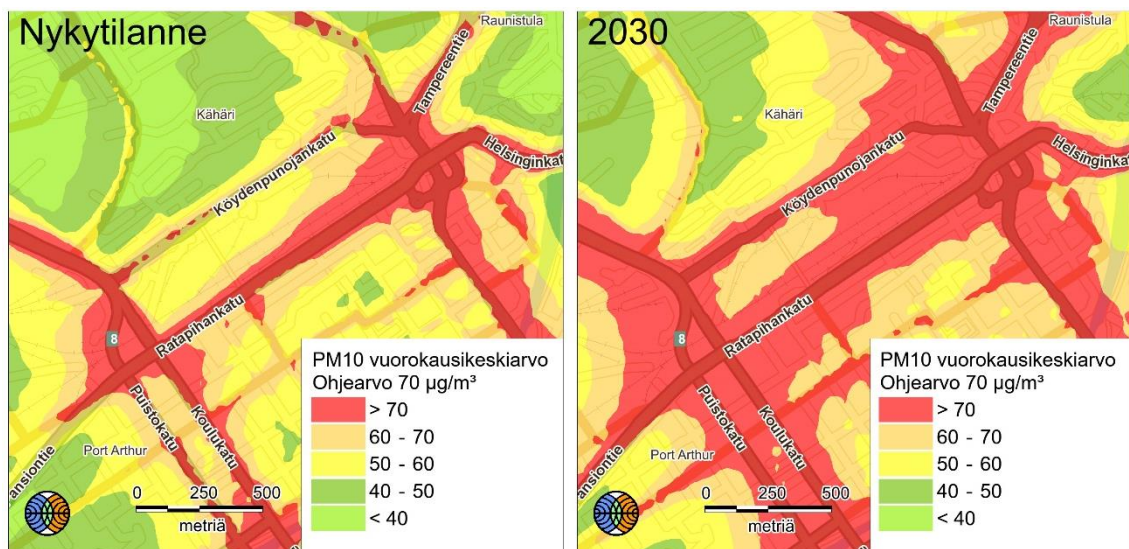
Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosiraja-arvo ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) alittuu molemmissa tarkasteluvaihtoehdoissa. Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät risteysalueella, jossa Ratapihankatu, Köydenpunojankatu, Tampereentie (Valtatie 9) ja Helsinginkatu (Valtatie 1) risteävät sekä Naantalintien (E8) varrella. Ydinkeskustan ulkopuolelle siirryttäessä pitoisuudet pienentyvät nopeasti taustapitoisuuden tasolle.

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ( $PM_{10}$ ) voivat epäedullisissa meteorologisissa olosuhteissa ylittää niiden vuorokausipitoisuudelle asetetun ohjearvon tai raja-arvon (kuvat 18 ja 19) tarkastellulla tutkimusalueella. Raja-arvot eivät ole voimassa risteysalueilla tai liikenneväylillä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat etenkin katupölykaudella vilkkaasti liikennöityjen väylien läheisyydessä. Katupölyä esiintyy tyypillisesti keväällä maaliskuusta huhtikuusta sekä loppusyksystä talvirengaskauden alettua.

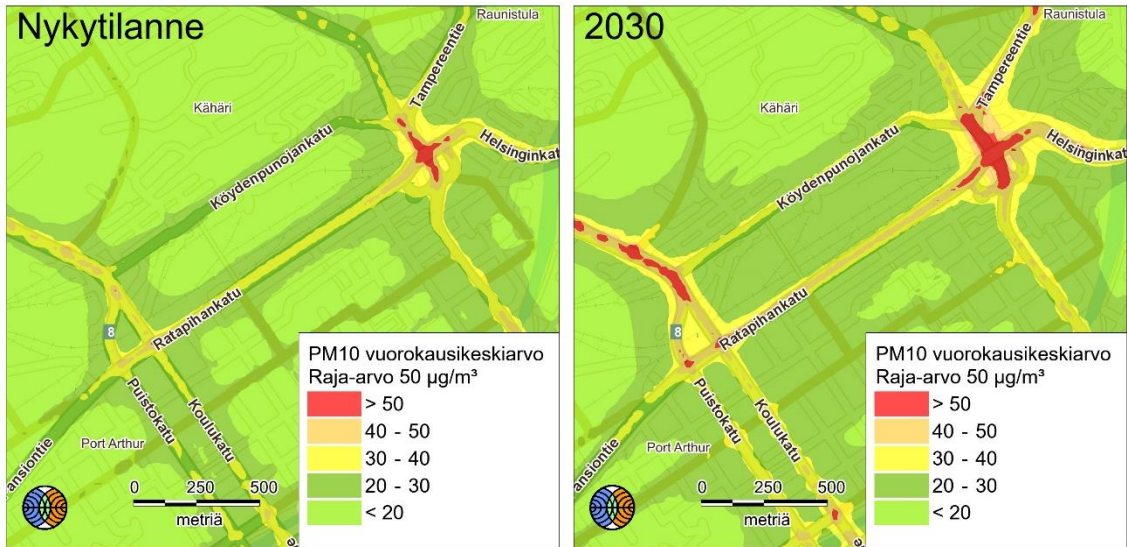
Suurin osa katupölystä on hienoksi jauhautunutta asfalttia ja hiekoitushiekkaa, mutta katupöly sisältää myös autojen renkaista, jarruista ja muista osista irtoavaa materiaalia sekä pakokaasusta peräisin olevia hiukkasia. Katupölyn ja korkeiden hiukaspitoisuuksien muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa katujen talvikunnossapidolla sekä oikea-aikaisella katujen siivouksella ja pölynsidonnalla.



Kuva 17. Hengitettävien hiukkasten ( $PM_{10}$ ) vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ulkoilmassa hengityskorkeudella.



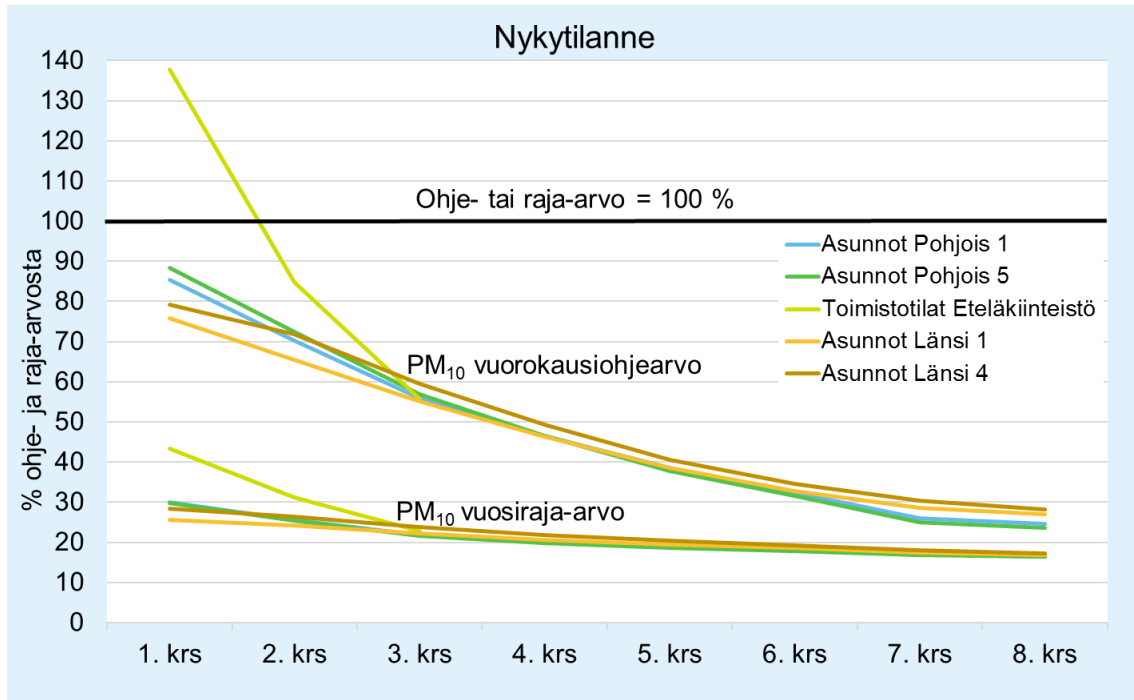
Kuva 18. Hengitettävien hiukkasten ( $PM_{10}$ ) vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ulkoilmassa hengityskorkeudella.



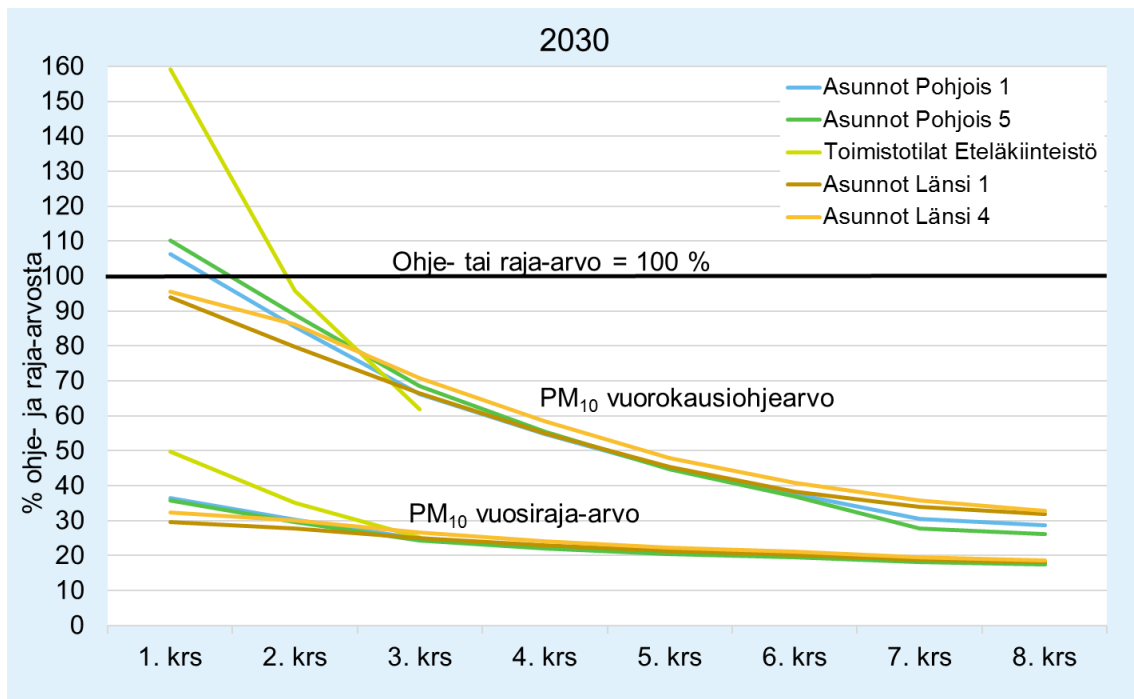
Kuva 19. Hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ) vuorokausiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ulkoilmassa hengityskorkeudella.

Autoliikenteen päästöjen vaikutus ulkoilman hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin on suurin hengityskorkeudella. Päästöjen sekoittumisen ja laimenemisen vuoksi pitoisuudet pienenevät sekä korkeammalle noustessa että kuljettaessa etäämmälle tiestä. Kuvissa 20 ja 21 on esitetty hengitettävien hiukkasten vuosiraja-arvoon sekä vuorokausiraja-arvoon ja -ohjearvoon verrannollinen pitoisuus nykytilanteessa ja vuonna 2030 viidessä julkisivujen tarkastelupisteissä eri korkeuksilla maanpinnasta ylöspäin. Valitut tarkastelupisteet ovat kiinteistöjä, joiden alimmassa kerroksessa on pysäköintitilaa ja toisesta kerroksesta ylöspäin joko asuntoja tai toimistotiloja. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosiraja-arvo tai vuorokausiraja-arvo eivät ylitä kiinteistöjen kohdalla nykytilanteessa tai tulevassa tilanteessa. Vuorokausiohjearvo sen sijaan ylittyy tulevassa tilanteessa ensimmäisen kerroksen korkeudella alueen pohjoisreunan kiinteistöjen kohdalla sekä Eteläkiinteistön toimistorakennusten kohdalla. Kuvaajissa on esitetty pitoisuudet 8. kerroksen korkeudelle asti. Tätä korkeammalla pitoisuudet ovat samaa tasoa tai pienempiä kuin 8. kerroksen korkeudella.

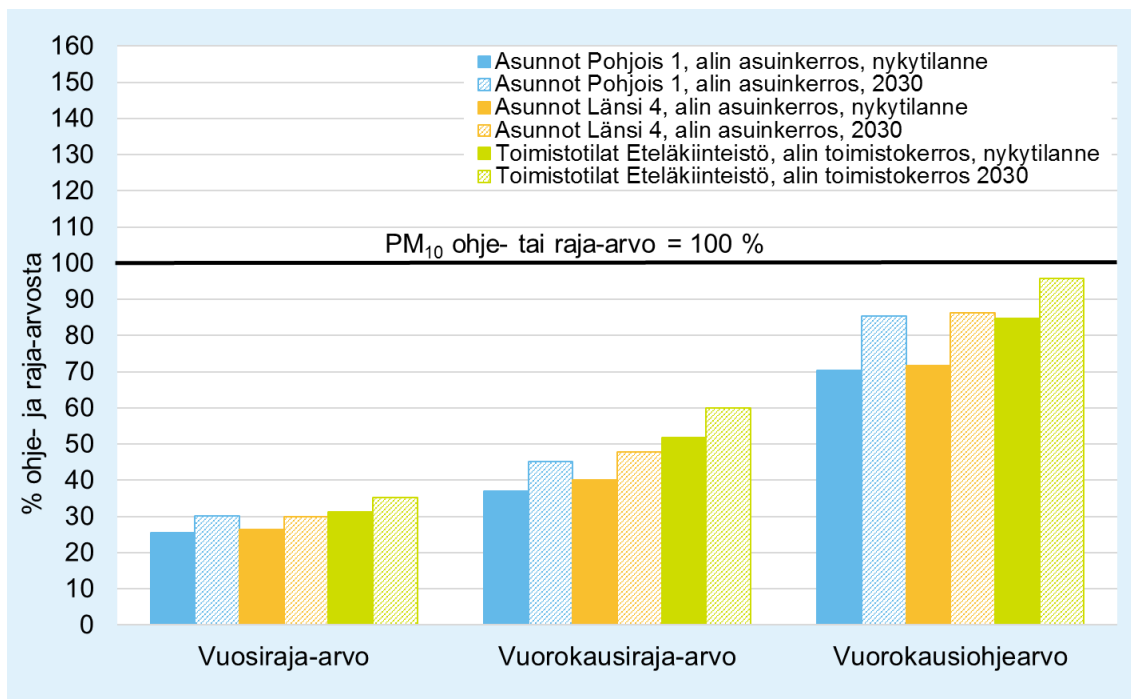
Kuvassa 22 on esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien suhde raja- ja ohjearvoihin (% raja- tai ohjearvosta) Turun Ratapihan kiinteistöjen alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella nykytilanteessa ja vuonna 2030. Pitoisuudet alittavat hengitettävien hiukkasten raja- ja ohjearvot sekä nykytilanteessa että tulevassa tilanteessa alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella.



Kuva 20. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) korkein vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus nykytilanteessa julkisivujen tarkastelupisteissä eri korkeuksilla maanpinnasta.



Kuva 21. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) korkein vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus vuonna 2030 julkisivujen tarkastelupisteissä eri korkeuksilla maanpinnasta.



Kuva 22. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) raja- ja ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet (% raja- tai ohjearvosta) Turun Ratapihan kiinteistöjen alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella nykytilanteessa ja vuonna 2030.

#### 4 ARVIO ILMANLAATUSELVITYKSEN MUUTTUNEIDEN LÄHTÖTIETOJEN VAIKUTUKSESTA ILMANLAATUSELVITYKSEN TULOKSIIN

Ilmanlaatuselvityksen viiden erillistarkastelupisteen sijaintipaikat valittiin alueelle suunniteltujen asuinrakennusten kohdille alun perin 23.5.2019 päivättyjen rakennussuunnitelmien mukaisesti. Rakennussuunnitelmat ovat kuitenkin suunnittelun edetessä tarkentuneet siten, että alueen länsireunalle, Resiinaraitin varrelle, tulee nyt kuusi tornitaloa viiden talon sijaan. Niiden talojen sijainnit, joiden julkisivujen kohdalle ilmanlaatuselvityksessä on laskettu pitoisuuksia, eivät kuitenkaan ole muuttuneet merkittävästi. Tarkasteluissa käytetty leviämismalli ei ota tarkasti huomioon rakennusten muotoja tai sijaintia. Näin ollen tässä raportissa esittyjen tarkastelupisteiden Länsi 1 ja Länsi 4 pitoisuuksien (kuvaajat 14–16 ja 20–22) voidaan edelleen todeta kuvaavan hyvin länsireunan asuinrakennusten julkisivuille eri korkeuksille syntyviä pitoisuuksia. Rakennusten kerroslukumäärät (korkeudet) ovat myös kasvaneet alkuperäisistä suunnitelmista (9–15 krs). Ilmanlaatuselvityksen tulosten kannalta rakennusten lopullisella korkeudella ei ole merkitystä, koska typidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet pienentyvät ylöspäin mentäessä ja rakennusten ylimpien kerrosten korkeudella pitoisuudet ovat joka tapauksessa hyvin pieniä.

Tulevan tilanteen ilmanlaatuselvityksessä autoliikenteen päästölaskennan pohjana käytettiin vuodelle 2030 ennustettuja liikennemääriä, jotka olivat peräisin WSP Finland Oy:n 13.3.2019 päivätystä liikenteen ennusteaineistosta ”KVL 2030 nykyverkko Ratapihanhanke”. Liikenne-ennusteet päivittyivät kuitenkin 19.6.2019, 5.11.2019 ja 23.1.2019. Korttelia pohjoisesta rajaavalla Köydenpunojankadulla liikennemäärä kasvoi enimmillään noin 1 900 ajoneuvoa vuorokaudessa, ilmanlaatuselvityksessä käytetystä liikennemäärästä 20 300 ajon/vrk, viimeisimmässä ennusteessa käytettyyn liikennemäärään 22 220 ajon/vrk. Korttelia etelästä rajaavalla

Ratapihankadulla liikennemäärä puolestaan kasvoi enimmillään 960 ajoneuvoa vuorokaudessa (34 700 ajon/vrk → 38 160 ajon/vrk). Muutoksia voidaan pitää kohtuullisen pieninä suhteessa arvioituihin kokonaisliikennemääriin, eikä niillä katsota olevan merkittävää vaikutusta tässä raportissa ilmanlaadusta tehtyihin johtopäätöksiin ja suosituksiin.

Mallilaskelmat on tehty tulevan tilanteen skenaariolle olettaen, että vuonna 2030 olisi käytössä sama ajoneuvokanta ja ajoneuvojakauma sekä niitä edustavat päästöt kuin nykytilannetta edustavana vuonna 2018. Tulevaisuuden osalta on huomioitu vain liikennemäärien muutoksen (kasvun) vaikutus tieliikenteen päästöihin. Todellisuudessa kuitenkin autoliikenteen päästöt pienenevät tulevaisuudessa ajoneuvokannan uusiutuessa ja vähäpäästöisempien tekniikoiden (mm. sähköautot) käyttöönoton ja yleistymisen myötä. Näin ollen, koska mallilaskelmat on tehty pakokaasupäästöjen kannalta pahimmalle mahdolliselle skenaariolle, ei liikennemääräennusteiden muutoksella Ratapihahankkeen lähikaduilla ole pitoisuustulosten kannalta merkittävää vaikutusta. Myös katupölyn (PM<sub>10</sub>) osalta liikennemäärämuutoksen voidaan arvioida olevan vähäinen liikenteen kokonaismäärään nähden.

Ilmanlaatuselvityksessä käytettiin ennustetilannetta, jossa oli arvioitu tulevia liikennemääriä nykyisellä tieverkolla. Niissä liikenne-ennusteissa, joissa otettiin huomioon myös liikenneverkon kehittyminen ("KVL 2030 Ratapihahanke kehitetty verkko"), liikennemäärät olivat Ratapihakorttelin lähikaduilla selvästi pienempiä kuin nykyverkolle tehdyssä ennusteessa. Näin ollen ilmanlaatuselvitys on tehty mahdollisimman konservatiivisella ennusteella, joka antaa tuloksena enimmäistason, jolla autoliikenteen aiheuttamat pitoisuudet enintään ovat jos liikennemäärät kasvavat nykyisellä tieverkolla eikä mitään päästökehitystä tulevaisuudessa tapahdu.

Tapahtumaliikenteen aiheuttamaa hetkellistä autoliikenteen lisäystä alueelle ei ole otettu näissä mallilaskelmissa huomioon vaan leviämislaskelmat perustuvat keskimääräisiin autoliikenteen määriin vuorokaudessa (KVL) ja niiden aiheuttamiin päästöihin. Nyt käytetyllä leviämismallilla ei saada todenmukaisesti kuvattua hetkellistä ja satunnaista liikennemäärän kasvua ja sen vaikutusta pitoisuuksiin. Mallilaskelmien tulokset ovat myös sitä epävarmempia, mitä lyhyempiä ajanjaksoja tarkastellaan, mistä syystä kaupunkisuunnittelua ohjaavina arvoina ei yleensä käytetä hetkellisiä maksimiarvoja tai tuntiohjearvoon verrannollisia pitoisuuksia.

Edellä mainitut seikat huomioiden voidaan todeta, että lähtötiedot ovat muuttuneet ilmanlaatuselvityksen näkökulmasta vain vähän eikä 3.6.2019 valmistuneita ilmanlaatuselvityksen mallilaskelmia tarvitse päivittää uusien lähtötietojen takia. Alkuperäinen autoliikenteen päästöjen leviämismalliselvitys antaa riittävät tiedot alueen tulevasta ilmanlaadun keskimääräisestä kehityksestä.

## 5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä ilmanlaatuselvityksessä arvioitiin leviämismallilaskelmin autoliikenteen päästöjen vaikutusta ilmanlaatuun Turun Ratapihakorttelin alueella nykytilanteessa ja tulevassa vuoden 2030 ennustetilanteessa. Selvityksessä tarkasteltiin ulkoilman typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia korttelin alueella ja sen lähiympäristössä hengityskorkeudella. Lisäksi tarkasteltiin pitoisuuksien pystysuuntaista jakautumista viiden eri kiinteistön julkisivujen kohdalla. Pitoisuuksia verrattiin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin.

Leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella liikenteen päästöjen leviämisen mallintamiseen kehitetyllä leviämismallilla (CAR-FMI). Leviämismallinnuksen lähtökohtana olivat nykytilanteen ja vuoden 2030 ennusteen mukaiset liikennemäärät sekä nykytilanteen mukainen ajoneuvokanta. Raskaan liikenteen osuuksien ja tieosuuksien nopeusrajoitusten oletettiin olevan tulevassa tilanteessa nykytilanteen mukaiset. Mallilaskelmissa otettiin huomioon autoliikenteen päästöjen aiheuttamien pitoisuuksien lisäksi alueellinen taustapitoisuus. Mallinnuksessa käytettiin taustapitoisuutena Ilmatieteen laitoksen Utön taustailmanlaadun mittausaseman vuosien 2016–2018 havaintoja. Myös meteorologinen aineisto on koostettu Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemien vuosien 2016–2018 mittaushavainnoista.

Epäpuhtauksien pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Ilmanlaadun ohjearvot tulisi ottaa huomioon esimerkiksi liikennesuunnittelussa, kaavoituksessa, rakennusten sijoittelussa ja teknisissä ratkaisuissa, jolloin pyritään etukäteen välttämään ihmisten altistuminen terveydelle haitallisen korkeille ilmansaasteiden pitoisuuksille. Terveysvaikutusperusteiset ilmanlaadun raja-arvot ovat ohjearvoja sitovampia, eivätkä ne saa ylittyä alueella, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä. Risteysalueilla ja autoliikenteelle varatuilla väylillä raja-arvot eivät kuitenkaan ole voimassa.

Korkeimmat typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet havaitaan tyypillisesti vilkkaasti liikennöidyillä väylillä ja niiden lähiympäristössä sekä risteysalueilla. Mallilaskelmissa korkeimmat pitoisuudet esiintyivät Ratapihakorttelin koillispäädyssä risteysalueella, jossa Ratapihankatu, Köydenpunojankatu, Tampereentie (Valtatie 9) ja Helsinginkatu (Valtatie 1) risteävät. Korkeita pitoisuuksia esiintyi myös korttelin lounaispäädyssä risteysalueella, jossa Naantalin pikatie (E8), Köydenpunojankatu, Ratapihankatu, Puistokatu ja Koulukatu risteävät. Tutkimusalueen suurimmat vuorokausittaiset liikennemäärät olivat mallilaskelmissa näillä kahdella risteysalueella. Nykytilanteessa liikennemäärä oli enimmillään noin 43 000 ajoneuvoa/vrk ja tulevassa tilanteessa noin 60 000 ajoneuvoa/vrk. Päästöjen ilmaan sekoittumisen ja laimenemisen vuoksi pitoisuudet pienenevät, kun etäisyys liikenneväylästä kasvaa sekä maanpinnan tasossa että ylöspäin mentäessä. Rakennuskohteissa pitoisuudet ovat korkeimmillaan maanpinnan tasossa ja 1. kerroksen korkeudella ja pienenevät kerroskorkeuden kasvaessa sitä enemmän mitä korkeammasta rakennuksesta on kyse.

Mallilaskelmien tulosten mukaan on mahdollista että typpidioksidipitoisuuden vuosiraja-arvo ylittyy Turun Ratapihakorttelin läheisyydessä vilkkaimmilla ristysalueilla sekä nykytilanteessa että tulevassa tilanteessa. Raja-arvot eivät ole voimassa risteysalueilla tai liikenneväylillä. Vuosikeskiarvopitoisuus kuvaa alueen keskimääräistä ja vallitsevaa ilman epäpuhtauspitoisuustasoa parhaiten. Hetkelliset typpidioksidipitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi. Leviämismallilaskelmien mukaan typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet ylittivät korkeimmillaan ohjearvotason laajoilla alueilla vilkkaimpien väylien varressa ja risteysalueilla ja pitoisuudet olivat lähellä ohjearvotasoa koko ydinkeskustan alueella. Pitoisuuksia tarkasteltiin myös Ratapihan alueelle suunniteltujen rakennusten julkisivujen kohdilla eri korkeuksilla maanpinnasta ylöspäin, viidessä tarkastelupisteessä. Pitoisuudet alittivat typpidioksidin raja- ja ohjearvot sekä nykytilanteessa että tulevassa tilanteessa alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella. Laskelmien mukaan typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvo ylittyisi tulevassa tilanteessa alimman kerroksen pysäköintitilan korkeudella, jossa raja- ja ohjearvojen ei katsota olevan voimassa.

Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet alittivat leviämismallilaskelmien mukaan vuosiraja-arvon ja WHO:n vuosiohjearvon Turun Ratapihan ympäristössä kaikilla tarkastelukorkeuksilla sekä nykytilanteessa että tulevassa tilanteessa. WHO:n ohjearvo pienhiukkaspitoisuuksien vuorokausikeskiarvolle ylittyi mallinnustulosten mukaan vilkkaimpien väylien varrella ja risteysalueilla. Ratapihan alueelle suunniteltujen rakennusten julkisivujen kohdilla raja-arvot ja WHO:n ohjearvot alittuisivat. Pienhiukkaspitoisuuksien melko pieni vaihtelu johtuu siitä, että suurin vaikutus pienhiukkaspitoisuustasoihin on alueellisella taustapitoisuudella, joihin liikenne aiheuttaa vain pienen pitoisuuslisän.

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet alittivat mallilaskelmien mukaan vuosiraja-arvon mutta vuorokausiraja-arvo ylittyisi alueen vilkkaimpien väylien varsilla ja risteysalueilla sekä nykytilanteessa että tulevassa tilanteessa. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso ylittyy kaupunkien liikenneympäristössä herkästi katupölyepisodien aikana etenkin keväisin. Pitoisuudet alittaisivat mallilaskelmien mukaan hengitettävien hiukkasten raja- ja ohjearvot alimman asuin- tai toimistokerroksen korkeudella sekä nykytilanteessa että tulevassa tilanteessa. Laskelmien mukaan toimistorakennusten ja pohjoiseen suunniteltujen asuinrakennusten kohdalla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuorokausiohjearvo ylittyisi alimman kerroksen pysäköintitilan korkeudella, jossa raja- ja ohjearvojen ei kuitenkaan katsota olevan voimassa.

Tässä ilmanlaatuselvityksessä on käytetty tulevan tilanteen tarkastelussa konservatiivista lähestymistapaa, jossa tulevan tilanteen mallinnuksen pohjana on käytetty nykytilanteen ajoneuvojakaumaa ja päästökertoimia sekä tulevan tilanteen liikennemääräennustetta. Tulevaisuuden osalta on siis huomioitu vain liikennemäärien muutoksen (kasvun) vaikutus tieliikenteen päästöihin. Tällä tavalla saadaan leviämismallin tuloksena enimmäistaso, jolla autoliikenteen aiheuttamat pitoisuudet enintään ovat, jos mitään päästökemistä ei tulevaisuudessa tapahdu ja ainoastaan liikennemäärät ja liikenneverkko muuttuvat.

Tulevaisuuden autoliikenteen päästöjen ennustamiseen sisältyy useita epävarmuustekijöitä. Todennäköistä on, että päästöt ja niiden aiheuttamat vaikutukset pienenevät tulevaisuudessa, kun ajoneuvojen moottoritekniikka kehittyi, päästörajoitukset tiukenevat, autokanta pikkuhiljaa uusiutuu ja vähäpäästöisemmät tekniikat (mm. sähköautot) yleistyvät. Huomionarvoista on, että moottoritekniikan kehitys ei vaikuta katupölyn muodostukseen ja hengitettävien hiukkasten kohonneisiin pitoisuuksiin liikenneympäristössä. Pölyhaittojen ehkäisemiseksi tulee jatkossakin kiinnittää huomiota katujen ja teiden talvikunnossapitoon, oikea-aikaiseen hiekoitushiekan poistoon sekä tehostettuun pölynsidontaan katupölykaudella.

Nyt tehtyjen päästöjen leviämismallilaskelmien mukaan liikenteen aiheuttamien typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet alittivat niille asetetut raja-arvot, ohjearvot sekä pienhiukkasten WHO:n ohje-arvot Turun Ratapihakorttelin alueelle suunniteltujen rakennusten alimpien asuin- ja toimistokerrosten korkeudella nykytilanteessa ja tulevassa tilanteessa. On kuitenkin mahdollista, että liikenteen päästöjen aiheuttamat typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet saattavat ylittää niille asetetut raja- ja ohjearvot hengityskorkeudella, mistä syystä rakennusten alin maanpäällinen kerros on järkevää hyödyntää pysäköintitilana kuten nyt suunnitelmissa on tehty.



## OSA II

---

### 6 TAUSTATIETOA ILMANLAADUSTA

#### 6.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät

Ilmanlaatua heikentävien ilmansaasteiden suurimpia päästölähteitä Suomessa ovat liikenne, energiantuotanto, teollisuus ja puun pienpoltto. Ilmansaasteita kulkeutuu Suomeen myös kaukokulkeumana maamme rajojen ulkopuolelta. Ilmansaasteiden päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan ilmakehän rajakerrokseksi. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat ympäröivään ilmaan ja ilmansaasteiden pitoisuudet laimenevat. Päästöt voivat levitä liikkuvien ilmamassojen mukana laajoille alueille. Tämän kulkeutumisen aikana ilmansaasteet voivat reagoida keskenään sekä muiden ilmassa olevien yhdisteiden kanssa muodostaen uusia yhdisteitä. Ilmansaasteet poistuvat ilmasta sateen huuhtomina (märkälaskema), kuivalaskeumana erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutoksen kautta.

Ilmansaasteiden leviäminen tapahtuu pääosin ilmakehän alimmassa osassa, rajakerroksessa. Sen korkeus on Suomessa tyypillisesti alle kilometri, mutta varsinkin kesällä se voi nousta yli kahteen kilometriin. Matalimmat rajakerroksen korkeudet havaitaan yleensä talvella kovilla pakkasilla. Rajakerroksen korkeus määrää ilmatilavuuden, johon päästöt voivat välittömästi sekoittua. Rajakerroksen tuuliolosuhteet määräävät karkeasti ilmansaasteiden kulkeutumis suunnan, mutta rajakerroksen ilmavirtausten pyörteisyys ja kerroksen korkeus vaikuttavat merkittävästi ilmansaasteiden sekoittumiseen ja pitoisuuksien laimenumiseen kulkeutumisen aikana. Leviämisen kannalta keskeisiä meteorologisia tekijöitä ovat tuulen suunta ja nopeus, ilmakehän stabiilisuus ja sekoituskorkeus. Ilmakehän stabiilisuudella tarkoitetaan ilmakehän herkkyyttä pystysuuntaiseen sekoittumiseen. Stabiilisuuden määrää ilmakehän pystysuuntainen lämpötilarakenne sekä mekaaninen turbulenssi eli alustan kitkan synnyttämä ilman pyörteisyys.

Inversiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa ilmakehän lämpötila nousee ylöspäin mentäessä. Erityisesti maanpintainversion aikana ilmanlaatu voi paikallisesti huonontua nopeasti. Maanpintainversiossa maanpinta ja sen lähellä oleva ilmakerros jäähtyy niin, että kylmempi ilma jää ylempänä olevan lämpimämmän ilman alle. Kylmä pintailma ei raskaampana pääse kohoamaan yläpuolellaan olevan lämpimän kerroksen läpi, ja ilmakehän pystysuuntainen liike estyy. Inversiokerroksessa tuuli on hyvin heikkoa ja ilmaa sekoittava pyörteisyys on vähäistä, minkä vuoksi ilmansaasteet laimenevat huonosti. Inversiotilanteissa pitoisuudet kohoavat taajamissa etenkin liikenne ruuhkien aikana, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakerrokseen päästölähteiden lähelle.

## 6.2 Typpidioksidi

Typen yhdisteitä vapautuu päästölähteistä ilmaan typen oksideina eli typpimonoksidina (NO) ja typpidioksidina (NO<sub>2</sub>). Näistä yhdisteistä terveysvaikutuksiltaan haitallisempaa on typpidioksidi, jonka pitoisuuksia ulkoilmassa säädellään ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoilla. Typpidioksidin määrään ilmassa vaikuttavat myös kemialliset muutuntareaktiot, joissa typpimonoksidi hapettuu typpidioksidiksi.

Ulkoilman typpidioksidipitoisuuksille altistuminen on suurinta kaupunkien keskustojen ja taajamien liikenneympäristöissä. Typpidioksidipitoisuudet kohoavat tyypillisesti ruuhka-aikoina. Korkeimmillaan typpidioksidipitoisuudet ovat erityisesti tyyninä ja kylminä talvipäivinä, jolloin myös energiantuotannon päästöt ovat suurimmillaan. Taajamien ja kaupunkien korkeimmat typpidioksidipitoisuudet aiheuttaa pääasiassa ajoneuvoliikenne, vaikka energiantuotannon ja teollisuuden aiheuttamat päästöt (pistemäiset päästölähteet) olisivat määrällisesti jopa suurempia autoliikenteeseen verrattuna. Ihmiset altistuvat helposti liikenteen päästöille, sillä autojen pakokaasupäästöt vapautuvat hengityskorkeudelle.

Typpidioksidin vuosiraja-arvo 40 µg/m<sup>3</sup> alittuu nykyisin Suomessa. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet viime vuosina suurimmissa kaupungeissa keskimäärin 15–25 µg/m<sup>3</sup>. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli 30 µg/m<sup>3</sup>. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin 5–20 µg/m<sup>3</sup> mittausympäristöstä riippuen. Typpidioksidin tuntipitoisuudet voivat kohota yli raja-arvotason (200 µg/m<sup>3</sup>) yksittäisillä mittausasemilla muutamina tunteina vuodessa. Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Puhtailla tausta-alueilla typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin 1,5–4 µg/m<sup>3</sup> ja Pohjois-Suomessa noin 1 µg/m<sup>3</sup> (*Ilmatieteen laitos, 2019*).

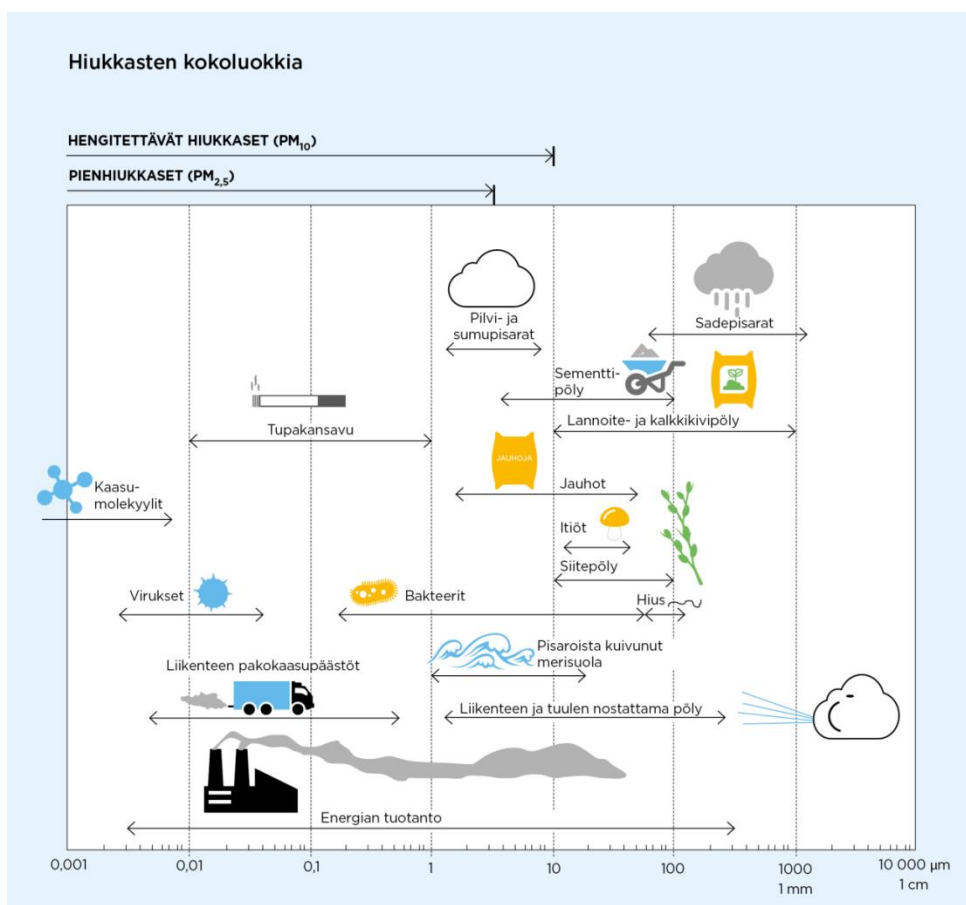
## 6.3 Hiukkaset

Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään haitallisimpana ilmaperäisenä ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa suurelta osin peräisin liikenteen ja tuulen nostattamasta katupölystä (ns. resuspensio) eli epäsuorista päästöistä. Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös ihmisperäiset suorat hiukkaspäästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista, autojen pakokaasuista ja puun pienpoltosta. Nämä hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia. Hiukkasiin on sitoutunut myös erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetyjä ja raskasmetalleja.

Ulkoilman hiukkasten koko on yhteydessä niiden aiheuttamiin erilaisiin vaikutuksiin. Suurempien hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista. Terveysvaikutuksiltaan haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syvälle ihmisten hengitysteihin. Hengitettävillä hiukkasilla, joiden halkaisija on alle 10 mikrometriä (PM<sub>10</sub>), on annettu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitushiekka ja asfalttipöly nousevat ilmaan kuivilta kaduilta liikenteen nostattamana. Pienhiukkaset, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä (PM<sub>2,5</sub>), ovat pääasiassa peräisin suorista autoliikenteen ja teollisuuden

päästöistä ja kaukokulkeumasta, jonka lähde voi olla esimerkiksi metsä- ja maastopalot. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 23.

Suurimmat hiukaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunki-keskustoissa. Suomessa hiukaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuusta huhtikuuhun, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat talven aikana kertynyttä katupölyä ilmaan. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuuksille asetettu raja-arvotaso ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ylittyy mittausasemilla tyypillisesti noin 0–25 kertaa vuoden aikana. Vuorokausiraja-arvotason ylityksiä saa olla mittausasemalla 35 kappaletta vuodessa, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on ylittynyt vain Helsingin keskustassa, viimeksi vuonna 2006. Katupölyn muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa oikea-aikaisella katujen siivouksella ja kunnossapidolla sekä pölynsidonnalla. Pölyhaittojen ehkäisemiseksi tulee jatkossakin kiinnittää huomiota katujen ja teiden talvikunnossapitoon, oikea-aikaiseen hiekoitushiekan poistoon sekä tehostettuun pölynsidontaan etenkin katupölykaudella. Myös rakennustyömaiden ja muiden pölyävien toimintojen pölyntorjuntaan ja mahdolliseen pölynsidontaan tulee kiinnittää huomiota kaikkina vuodenaikoina.



Kuva 23. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä ( $\mu\text{m}$ ). Mikro ( $\mu$ ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa.  $1 \mu\text{m}$  on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alittuu Suomessa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat olleet viime vuosina suurimmissa kaupungeissa noin  $10\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuuksilla vuosipitoisuudet voivat olla yli  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa vuosikeskiarvot ovat noin  $6\text{--}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mittausympäristöstä riippuen. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja Pohjois-Suomessa noin  $3\text{--}5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Ilmatieteen laitos, 2019*).

Pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvolle määritetty raja-arvo  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alittuu selvästi kaikkialla Suomessa. Viime vuosina pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuus on ollut pääkaupunkiseudun kaupunkialueilla noin  $5\text{--}8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja muilla kaupunkialueilla noin  $3\text{--}7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pitoisuuserot erityyppisten mittausympäristöjen välillä ovat muutamia mikrogrammoja. Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin  $4\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja Pohjois-Suomessa noin  $2\text{--}3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (*Ilmatieteen laitos, 2019*). Pienhiukkasten taustapitoisuudesta valtaosa on kaukokulkeutunutta hiukkasainesta. Kaukokulkeuma muodostaa huomattavan osan myös kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuuksista.

#### 6.4 Ilmansaasteiden terveysvaikutukset

Ilmansaasteiden terveyshaitat ovat seurausta altistumisesta ulkoilmassa oleville haitallisille aineille. Altistuminen on sitä suurempaa mitä korkeampia hengitysilmän pitoisuudet ovat ja mitä kauemmin ihminen hengittää saastunutta ilmaa. Pitkäaikainen altistuminen ilmansaasteille on terveysvaikutusten kannalta haitallisempaa kuin lyhytaikainen altistuminen.

Ilmansaasteiden arvioidaan aiheuttavan Suomessa noin 1 600 ennen aikaista kuolemantapausta vuodessa (*Hänninen ym. 2016*). Lisäksi ilmansaasteet aiheuttavat haittoja lisääntyneen sairastamisen takia. Haitalliset vaikutukset ilmenevät siitä huolimatta, että ilmanlaadun raja- tai ohjearvot eivät Suomessa ylity laajassa mitassa. Terveyshaitat aiheutuvat suurelta osin pienhiukkasista ja pienemmältä osin hengitettävistä hiukkasista sekä typpidioksidista. Yksilöiden herkkyys ilmansaasteille vaihtelee. Herkkiä väestöryhmiä ovat kaikenikäiset astmaatit, ikääntyneet sepelvaltimotautia ja keuhkohtaumatautia sairastavat sekä lapset. Talvisin pakkasen voi pahentaa ilmansaasteista aiheutuvia oireita.

Tieteellinen näyttö pienhiukkasten haitallisista terveysvaikutuksista on erittäin laaja. Hiukkaset kulkeutuvat ilman mukana kaikkiin osiin hengitysteitä, jolloin ne aiheuttavat sekä suoria vaikutuksia keuhkoissa että siirtyvät osin verenkiertoon ja edelleen kehon muihin osiin kuten sydänlihakseen ja aivoihin. Hiukkaset lisäävät sydän- ja verenkiertoelimestön sairauksia ja lisäävät kuolleisuutta. Muiden ilmansaasteiden vaikutukset ovat myös vakavia mutta niiden kansanterveydelliset haitat ovat pienhiukkasiin verrattuna vähäisempiä.

## 7 ULKOILMANLAADUN RAJA- JA OHJEARVOT

Leviämismallilaskelmilla tai ilmanlaadun mittauksilla saatuja ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia voidaan arvioida vertaamalla niitä ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. EU-maissa voimassa olevat raja-arvot ovat sitovia ja ne eivät saa ylittyä alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä. Raja-arvot eivät ole voimassa esimerkiksi teollisuusalueilla tai liikenneväylillä, lukuun ottamatta kevyen liikenteen väyliä. Kansalliset ilmanlaadun ohjearvot eivät ole yhtä sitovia kuin raja-arvot, mutta niitä käytetään esimerkiksi kaupunkisuunnittelun tukena ja ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa. Tavoitteena on ennalta ehkäistä ohjearvojen ylittyminen sekä taata hyvän ilmanlaadun säilyminen.

Raja-arvot määrittelevät ilmansaasteille sallitut korkeimmat pitoisuudet. Raja-arvoilla pyritään vähentämään tai ehkäisemään terveydelle ja ympäristölle haitallisia vaikutuksia. Raja-arvon ylittyessä kunnan on tiedotettava väestöä ja tehtävä ohjelmia ja suunnitelmia ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi ulkoilman typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet eivät saisi ylittää taulukon 1 raja-arvoja alueilla, joilla ihmiset saattavat altistua ilmansaasteille.

Taulukko 1. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetut ulkoilman typpidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuuksia koskevat raja-arvot (*Vna 79/2017*).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon las- kenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenteri- vuodessa
Typpidioksidi ( $\text{NO}_2$ )	1 tunti	200 <sup>1)</sup>	18
	kalenterivuosi	40 <sup>1)</sup>	–
Pienhiukkaset ( $\text{PM}_{2,5}$ )	kalenterivuosi	25 <sup>2)</sup>	–
Hengitettävät hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ )	24 tuntia	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>2)</sup>	35
	kalenterivuosi	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>2)</sup>	–

<sup>1)</sup> Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

<sup>2)</sup> Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Ilmanlaadun ohjearvot on otettava huomioon suunnittelussa ja niitä sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ympäristölupaharkinnassa. Ohjearvojen soveltamisen avulla pyritään ehkäisemään ilmansaasteiden aiheuttamia terveysvaikutuksia. Suomessa voimassa olevat ulkoilman typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot on esitetty taulukossa 2. Lisäksi taulukossa esitetään WHO:n suosituksenomaiset ohjearvot pienhiukkasten vuorokausipitoisuudelle ja vuosipitoisuudelle (*WHO, 2006*).

Taulukko 2. Ulkoilman typpidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot (*Vnp 480/1996, WHO, 2006*).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi ( $\text{NO}_2$ )	150 <sup>1)</sup>	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 <sup>1)</sup>	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Pienhiukkaset ( $\text{PM}_{2.5}$ )	25 <sup>2)</sup>	Suurin vuorokausikeskiarvo
	10 <sup>2)</sup>	Vuosikeskiarvo
Hengitettävät hiukkaset ( $\text{PM}_{10}$ )	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

<sup>1)</sup> Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

<sup>2)</sup> WHO

## 8 LEVIÄMISMALLILASKELMIEN YLEISKUVAUS

Ilmansaasteiden leviämismalleilla tutkitaan eri ilmansaasteiden kulkeutumista ilmakehässä ja ilmansaasteiden pitoisuuksien muodostumista tutkimusalueelle. Malleihin sisältyy usein myös laskentamenetelmiä, joiden avulla voidaan kulkeutumisen lisäksi tarkastella ilmansaasteiden muuntumista ja kemiallisia reaktioita ilmakehässä sekä poistumista ilmakehästä laskeumana. Tässä tutkimuksessa käytettiin Ilmatieteen laitoksella kehitettyjä leviämismalleja tieliikenteen päästöjen leviämisen kuvaamiseen ja ilmanlaatuvaikutusten arvioimiseen.

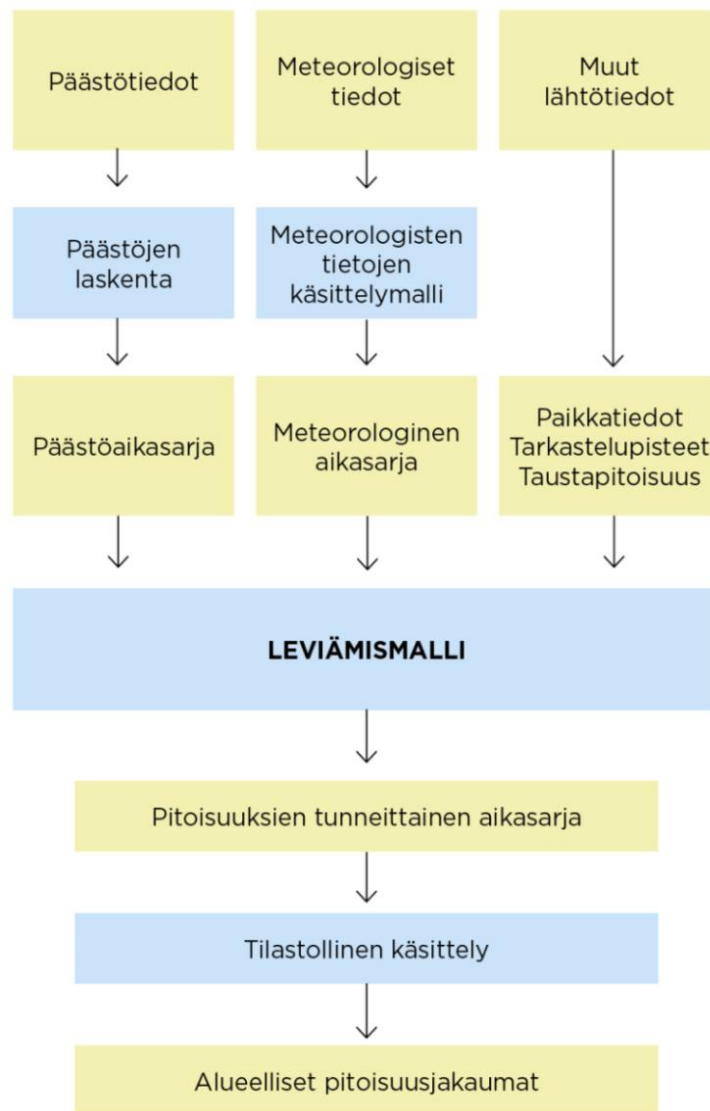
Ilmatieteen laitoksen leviämismalleja on kehitetty pitkäjänteisesti yli kolmenkymmenen vuoden ajan tavoitteena tuottaa luotettavaa tietoa ilmanlaadusta erityisesti Suomen olosuhteissa mm. kaupunki- ja liikennesuunnittelun ja ilmansuojelutoimenpiteiden suunnittelun tueksi sekä pitoisuuksien ja väestön altistumisen arvioimiseksi. Mallien toimintaa on kehitetty lukuisissa tutkimusprojekteissa ja verifiointitutkimusten mukaan mallinnusten tulokset on todettu hyvin yhteensopiviksi Suomen taajamien ja teollisuusympäristöjen ilmanlaadun mittaustulosten kanssa. Nykyisissä Ilmatieteen laitoksen leviämismalleissa kuvataan tarkasti päästökohdassa tapahtuvaa mekaanista ja lämpötilaeroista johtuvaa nousulisää, lähimpien esteiden aiheuttamaa savupainumaa, ilmassa tapahtuvia päästöaineiden kemiallisia prosesseja sekä ilmansaasteiden poistumamekanismeja ilmakehästä. Malleihin sisältyy laskentamenetelmä typenoksidien kemialliselle muutunnalle. Liikenteen ja energiantuotannon typenoksidipäästöt koostuvat typpidioksidista sekä typpimonoksidista, jota on valtaosa päästöistä. Osa typpimonoksidista hapettuu ilmassa terveydelle haitallisemmaksi typpidioksidiksi.

Tässä selvityksessä käytetyllä leviämismallilla voidaan arvioida ilmansaasteiden pitoisuuksia ja laskeumaa päästölähteiden lähialueilla. Autoliikenteen päästöjen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia arvioitiin viivalähdemallilla CAR-FMI (Contaminants in the Air from a Road; *Karppinen, 2001; Härkönen ym., 2001*). Kaaviokuva leviämismallin toiminnasta on esitetty 24.

Leviämismallien lähtötiedoiksi tarvitaan tietoja päästöistä ja niiden lähteistä, mittaamalla ja mallittamalla saatuja tietoja ilmakehän tilasta sekä tietoja ilmansaasteiden taustapitoisuudesta tutkimusalueella. Lisäksi lähtötiedoiksi tarvitaan erilaisia

paikkatietoja, kuten tietoja maanpinnan muodoista ja maanpinnan laadusta sekä tietoa päästölähteiden sijainnista. Liikenteen päästölaskennassa otetaan huomioon liikennemäärät ja niiden tunneittainen vaihtelu, erityyppisten ajoneuvojen osuudet liikennemääristä, liikennevirtojen nopeudet ja ajoneuvoikohtaiset nopeusriippuvaliset päästökertoimet. Pistemäisten lähteiden päästöjen laskennassa otetaan huomioon lähdekohtaiset päästöt, savukaasujen ominaisuudet ja laitoksen tekniset tiedot. Leviämislaskelmia varten muodostetaan kaikille eri päästölähteille päästöraikasjarjat, joissa on jokaiselle tarkastelujakson tunnille (1–3 vuotta, 8 760–26 304 tuntia) laskettu päästömäärä erikseen eri ilmansaasteille.

Leviämismallin tarvitseman meteorologisen aikasarjan muodostuksessa käytetään Ilmatieteen laitoksella kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia, joka perustuu ilmakehän rajakerroksen parametrisointimenetelmään (*Rantakrans, 1990; Karppinen, 2001*). Menetelmän avulla voidaan meteorologisten rutiinihavaintojen ja fysiikan perusyhtälöiden avulla arvioida rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan ilmansaasteiden leviämismallilaskelmissa. Tarvittavat mittaustiedot saadaan Ilmatieteen laitoksen havaintotietokantaan tallennetuista sää-, auringonpaiste- ja radioluotaushavainnoista. Menetelmässä otetaan huomioon tutkimusalueen paikalliset tekijät, kuten leviämisalustan rosoisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (maanpinnan kyky heijastaa auringon säteilyä) eri maanpinnan laaduille. Laskelmissa käytetään yleensä 1–3 vuoden pituista tutkimusalueen sääolosuhteita edustavaa meteorologista aineistoa. Laskelmissa käytettäväksi sääasemiksi valitaan tutkimusaluetta lähimpänä sijaitsevat sääasemat, joilla mitataan kaikkia mallin tarvitsemia suureita. Tuulen suunta- ja nopeustiedot muodostetaan kahden tai useamman sääaseman havaintojen etäisyyspainotettuna tilastollisena yhdistelmänä. Lopputuloksena saadaan leviämismalleissa tarvittavien meteorologisten tietojen tunneittaiset aikasarjat.



Kuva 24. Kaaviokuva Ilmatieteen laitoksella kehitetyn leviämismallin CAR-FMI toiminnasta.

Leviämismallit laskevat ilmansaasteiden pitoisuuksia tarkastelujakson jokaiselle tunnille laskentapisteikköön, joka muodostetaan kullekin tutkimusalueelle sopivaksi. Mallin tuottamasta tunneittaisesta pitoisuusaikasarjasta lasketaan edelleen ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin verrannollisia tilastollisia suureita, jotka on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Näin mallilaskelmasta saatuja pitoisuusarvoja voidaan suoraan verrata ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin.

### 8.1 Liikenteen päästölaskenta

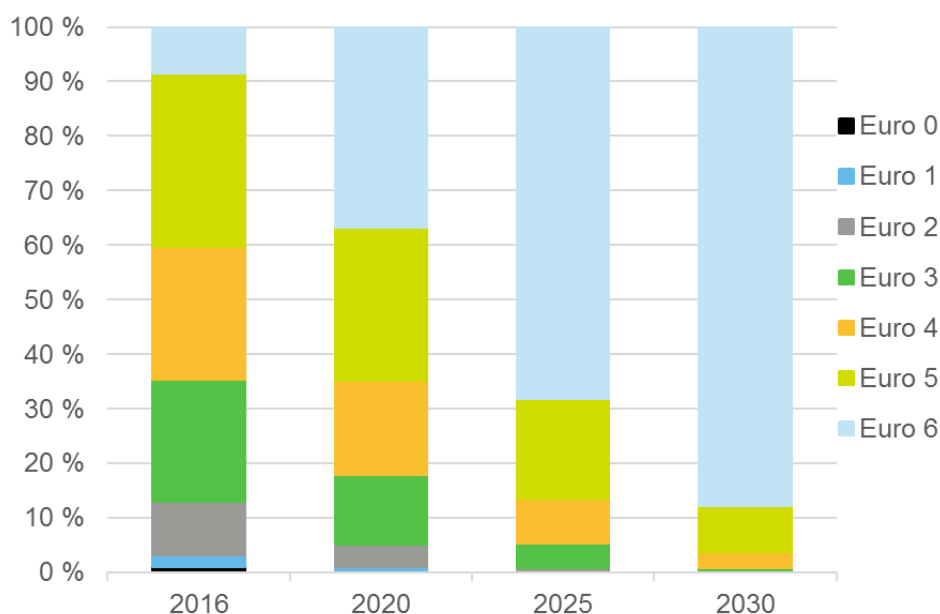
Liikenteen päästölaskennan pohjatietona sovelletaan Euroopan ympäristöviraston määrittämiä tieliikenteen päästökertoimia (EEA, 2017). Nämä päästökertoimet riippuvat ajoneuvojen moottoriteknologiasta ja ajoneuvojen EURO-päästöluokista sekä ajonopeudesta. Kertoimet on määritetty yksityiskohtaisesti eri ajoneuvotyypeille, niiden katu- ja maantieajolle tasaiselle nopeudella sekä ruuhka-aikaan suoritettavalle ajolle.



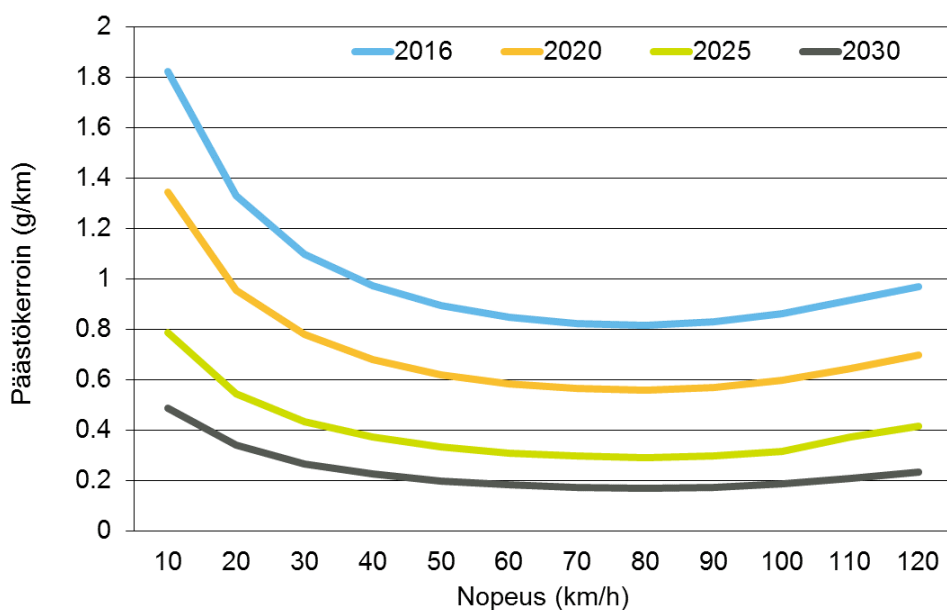
Näistä kertoimista on tätä työtä varten keskiarvoistettu Suomen ajoneuvokantaa edustavat päästökertoimet.

Suomen autokantaa edustavat EURO-päästöluokittaiset ajosuoriteosuudet on esitetty VTT:n julkaiseman liikenteen laskentajärjestelmä LIPASTO:n ALIISA-autokantamallissa. Tämä malli tarjoaa vuosittain päivittyvät nykytilannetta edustavat arvot (nyt käytössä vuosi 2017) ja ennusteet vuosille 2020, 2025 ja 2030 koko Suomen autokannan EURO-päästöluokittaisille ajosuoriteosuuksille (kuva 25). Ennusteet pohjautuvat Liikenneviraston ja VTT:n ennusteisiin ajosuoritejakaumista ja autokannan kehityksestä. Ne edustavat perustilannetta, jossa otetaan huomioon vain jo päätetyt autokannan kehitykseen vaikuttavat valtakunnantason toimenpiteet (esim. muutokset verotuksessa). On kuitenkin mahdollista, etteivät VTT:n tuottamat ennusteet toteudu täysimääräisenä ja autokannan uudistuminen on ennustettua hitaampaa.

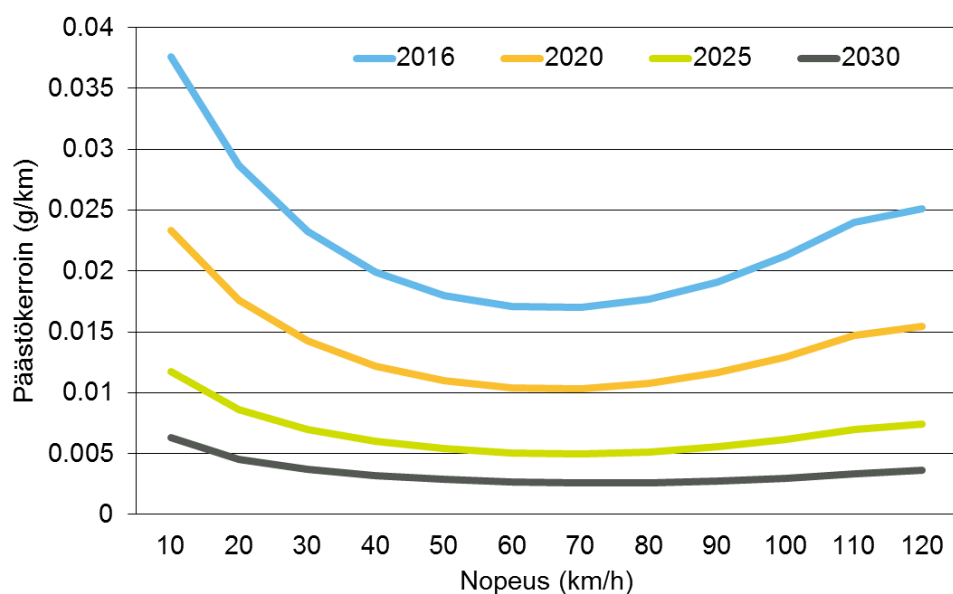
Kuvissa 26 ja 27 on esitetty Suomen koko ajoneuvokannan keskimääräiset päästökertoimet vuosille 2017–2030. Kertoimet ottavat huomioon ajoneuvotyyppien keskimääräiset suhteelliset osuudet Suomessa. Kertoimet kohdennetaan kunnittain ajoneuvotyyppien suhteellisilla suoriteosuuksilla katu- tai tieosuuksien mukaan VTT:n ALIISA-laskentajärjestelmän mukaisesti. Ajoneuvotyyppien suhteellisten suoriteosuuksien ei oleteta muuttuvan eri vuosien päästöskenaarioissa. Päästökertoimen pieneneminen vuodesta 2017 vuoteen 2030 selittyy autokannan uusiutumisella ja sillä, että uusilla vähäpäästöisemmillä ajoneuvoilla ajetaan tulevaisuudessa suhteessa suurempi osa ajosuoritteesta. Tulevaisuuden ennusteisiin kuitenkin liittyy runsaasti epävarmuustekijöitä. Tekemällä päästöjen leviämismallit useilla eri vuosien päästötasoilla, saadaan aikaiseksi vaihteluväli, jolla autoliikenteen päästöjen aiheuttamat pitoisuudet tulevaisuudessa todennäköisesti esiintyvät. Tekemällä myös tulevaisuutta ennustavat päästöjen leviämismallit nykyhetken päästökertoimilla saadaan tuloksena enimmäistaso, jolla autoliikenteen aiheuttamat pitoisuudet enintään ovat jos mitään päästökaiketystä ei tapahdu.



Kuva 25. ALIISA-Autokantamallin kaikkien ajoneuvojen EURO-päästöluokittaiset suoritejakaumat Suomessa vuosina 2016–2030 (VTT, 2018).



Kuva 26. Autoliikenteen päästölaskelmissa käytettävät ajoneuvojen keskimääräiset nopeusriippuvat **typenoksidien (NO<sub>x</sub>)** päästökertoimet. Kertoimien pohjana ovat EEA:n päästökertoimet (EEA, 2017) painotettuna ajosuoritteiden EURO-päästöluokkajakaumilla ja koko Suomen keskimääräisillä ajosuoriteosuuksilla vuonna 2017 ja ennustettuna vuosille 2020–2030 (VTT, 2018).



Kuva 27. Autoliikenteen päästölaskelmissa käytettävät ajoneuvojen keskimääräiset nopeusriippuvat **pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>)** päästökertoimet. Kertoimien pohjana ovat EEA:n päästökertoimet (EEA, 2017) painotettuna ajosuoritteiden EURO-päästöluokkajakaumilla ja koko Suomen keskimääräisillä ajosuoriteosuuksilla vuonna 2017 ja ennustettuna vuosille 2020–2030 (VTT, 2018).

## 8.2 Suspensiopäästömalli

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien laskelmissa käytettiin lisäksi suspensiopäästömallia, jolla kuvataan katujen pölyämisen vaikutusta hiukkaspäästöön (*Kauhaniemi ym., 2011*). Suspensiopäästömalli perustuu Ruotsin Ilmatieteen laitoksen (SMHI) kehittämään hiukkaspäästömalliin (*Omstedt ym., 2005*). Mallia on kehitetty soveltumaan myös katupölyennusteiden laskemiseen.

Katujen pölyämisestä ilmaan vapautuvan päästön määrää arvioidaan tiepölyhiukkasten suspensiopäästökertoimien ja liikennemäärien avulla. Suspensiopäästökerroin muodostuu referenssikertoimesta sekä tien pölymäärään vaikuttavista tekijöistä. Referenssikerroin on erilainen eri vuodenajoille (kesä/talvi), eri hiukkastyypeille ( $PM_{10}/PM_{2.5}$ ) ja eri liikenneympäristöille. Tässä työssä on käytetty Omstedtin ym. (2005) Tukholmaan määrittämiä  $PM_{10}$ -referenssikertoimia: kesä 200  $\mu\text{g}/\text{ajoneuvo}/\text{m}$  ja talvi 1 200  $\mu\text{g}/\text{ajoneuvo}/\text{m}$ .

Tienpinnan kosteus säätelee hiukkasten nousemista tienpinnalta ilmaan. Suspensiopäästömalli arvioi tien pinnan kosteutta sademäärän, haihdunnan ja valunnan avulla. Mallissa kuvitteellinen tien pölykerros kasvaa kosteissa olosuhteissa nastarenkaiden aiheuttaman tien kulumisen ja hiekoituksen vuoksi, sillä pöly ei pääse vapautumaan ilmaan sateisina aikoina. Kuivana kautena liikenteen ja tuulen aiheuttama turbulenssi nostaa hiukkaset ilmaan pienentäen näin pölykerrosta. Tien pölykerros pienenee myös sateen aiheuttaman huuhtoutumisen seurauksena. Tien kulumisesta aiheutuvan pölykerroksen paksuus riippuu nastarenkaiden käytön määrästä. Suomessa nastarenkaiden osuus talvirenkaista on arvioitu olevan noin 80 % marras-huhtikuussa (*Kupiainen, 2007*). Suspensiopäästömallissa nastarenkaiden osuuden oletetaan kasvavan lineaarisesti nolasta maksimiin loka-marraskuun aikana ja vähenevän kohti nollaa huhtikuun aikana. Tien hiekoituksesta aiheutuva pölykerros määräytyy mallissa meteorologisten muuttujien mukaan. Pölykerros kasvaa päivinä, jolloin on liukkaat olosuhteet. Liukkaat olosuhteet määritetään mitatun lämpötilan, kastepistelämpötilan ja sademäärän avulla.

Lopullinen suspensiosta aiheutuva tieosakohtainen hiukkaspäästö ( $\mu\text{g}/\text{m}/\text{s}$ ) saadaan kertomalla suspensiopäästökerroin liikennemäärällä.  $PM_{10}$ -päästön leviäminen ympäristöönsä lasketaan edelleen CAR-FMI -viivalähdemallilla. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että suspensiopäästömalli ei huomioi teiden suolausta, puhdistamista eikä pölyn sidontaa.

## VIITELUETTELO

*Anttila, P., Tuovinen, J.-P. ja Niemi, J., 2011.* Primary NO<sub>2</sub> emissions and their role in the development of NO<sub>2</sub> concentration in a traffic environment. *Atmospheric Environment* 45 (2011) 986-992.

*EEA, 2017.* Exhaust emissions from road transport. Kappale teoksessa: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guide book 2016, last update June 2017. EEA Report No 21/2016. European Environment Agency, Denmark. ISBN 978-92-9213-806-6

*Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H., Asikainen, A., Rumrich, I., 2016.* Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra\\_16\\_2016.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra_16_2016.pdf)

*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.

*Ilmatieteen laitos, 2019.* Ympäristönsuojelun tietojärjestelmän ilmanlaatuosa, tarkistetut mittauksilukokset. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

*Kauhaniemi, M., Kukkonen, J., Härkönen, J., Nikmo, J., Kangas, L., Omstedt, G., Ketzel, M., Kousa, A., Haakana, M. and Karppinen, A., 2011.* Evaluation of a road dust suspension model for predicting the concentrations of PM<sub>10</sub> in street canyon in Helsinki. *Atmospheric Environment*, 45, 3646-3654.

*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.

*Kupiainen, K., 2007.* Road dust from pavement wear and traction sanding, Finnish Environment Institute, Monographs of the Boreal Environment Research No. 26, ISBN 978-952-11-2555-3, ISBN 978-952-11-2556-0, 52 pp.

*Omstedt, G., Bringrejt, B., Johansson, C., 2005.* A model for vehicle-induced non-tailpipe emissions of particles along Swedish roads. *Atmospheric Environment*, Vol. 39, issue 33, 6088–6097.

*Rantakrans, E., 1990.* Uusi menetelmä meteorologisten tietojen soveltamiseksi ilman epäpuhtauksien leviämismalleissa. *Ilmansuojelu-uutiset* 1/90, s. 18–20.

*VTT, 2018.* Teknologian tutkimuskeskus VTT. LIPASTO liikenteen päästöt <http://lipasto.vtt.fi/>

*Vna 79/2017.* Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Julkaistu 1.2.2017.

*Vnp 480/1996.* Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjeistoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista. Annettu 19.6.1996.

*WHO, 2006.* WHO Air quality guidelines. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global update 2005. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.



ILMATIETEEN LAITOS

**ILMATIETEEN LAITOS**

puh. 029 539 1000

Ilmanlaatu ja Energia

[ilmanlaatupalvelut@fmi.fi](mailto:ilmanlaatupalvelut@fmi.fi)

[www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut](http://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatupalvelut)

**WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI**

