



ILMANLAATUSELVITYS

LIIKENTEEN JA PYSÄKÖINTILAITOSTEN PÄÄSTÖJEN VAIKUTUS ILMANLAATUUN ESPOON TAPIOLAN KESKUKSEN ALUEELLA



ILMANLAATUSELVITYS

**Liikenteen ja pysäköintilaitosten päästöjen vaikutus ilmanlaatuun
Espoon Tapiolan keskuksen alueella**

**Birgitta Komppula
Katja Lovén**



Kuva: Sito Oy

**ILMATIETEEN LAITOS – ILMANLAATU JA ENERGIA
ASiantuntijapalvelut
Helsinki 17.5.2016**

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2.1	Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät.....	4
2.2	Typpidioksidi	4
2.3	Hiukkaset	5
2.4	Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot.....	7
3	MENETELMÄT	8
3.1	Leviämismallilaskelmien kuvaus	8
4	TUTKIMUSALUE JA LÄHTÖTIEDOT	10
5	TULOKSET	16
5.1	Typpidioksidipitoisuudet	16
5.2	Pienhiukkaspitoisuudet	20
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	25
	VIITELUETTELO.....	27

1 JOHDANTO

Tämän selvityksen tarkoituksena oli arvioida leviämismallilaskelmin liikenteen ja pysäköintilaitosten päästöjen vaikutusta ilmanlaatuun Espoon Tapiolan keskuksen alueella. Ilmanlaatuselvitys toteutettiin alueen kaavoituksen tueksi. Työ on päivityslaskelma aikaisemmin Ilmatieteen laitoksella tehdyille Tapiolan alueen ilmanlaatuselvityksille (*Salmi ja Loven, 2011; Salmi ja Lappi, 2008*). Merkittävimmät muutokset edellisiin mallinnuksiin nähden ovat pidempi Merituulentien katettu alue sekä pidemmälle tulevaisuuteen (vuoteen 2035) ulottuvat liikennemääräennusteet.

Selvityksessä mallinnettiin lähialueen maanpintaliikenteen sekä Tapiolan Keskuspysäköinnin (TKP) ja Tapionaukion pysäköintilaitoksen (TAPPY) maanalaisen autoliikenteen aiheuttamia ilmanlaatuvaikutuksia. Selvityksessä laskettiin autoliikenteen päästöjen aiheuttamia typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuuksia Tapiolan keskuksen ympäristössä. Lisäksi tarkasteltiin pitoisuuksia eri korkeuksilla asuinrakennusten kohdilla yhdeksässä erillisessä tarkastelupisteessä. Tutkimuksessa käytettiin osittain samoja lähtötietoja kuin ilmanlaatuselvityksessä *Salmi ja Lovén, 2011*. Pysäköintilaitosten osalta käytettiin samoja liikennemääriä ja päästötietoja (Euro 4 -päästötasoa) kuin edellisessä selvityksessä.

Tutkimuksessa käytetyt typenoksidi- ja pienhiukkaspäästötiedot laskettiin uudempaa ajoneuvokantaa (Euro 4) edustavilla autoliikenteen ajoneuvotyyppikohtaisilla ja nopeusriippuvaisilla päästökertoimilla. Laskelmat tehtiin käyttäen vuoden 2035 ennusteliikennemääriä. Liikenteen ja pysäköintilaitosten päästöjen aiheuttamat pitoisuudet mallinnettiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyillä leviämismalleilla (CAR-FMI ja UDM-FMI).

Ilmanlaatuselvityksen tilasi Sito Oy, joka myös toimitti lähtötietoina käytetyt ennusteliikennemäärätiedot sekä alueen suunnittelukuvat. Päästöjen leviämismallilaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut -yksikössä.

2 TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

2.1 Ilmanlaatuun vaikuttavat tekijät

Ilmanlaatua heikentävien ilmansaasteiden suurimpia päästölähteitä Suomessa ovat liikenne, energiantuotanto, teollisuus ja puun pienpoltto. Ilmansaasteita kulkeutuu Suomeen myös kaukokulkeutuna maamme rajojen ulkopuolelta. Ilmansaasteiden päästöistä suurin osa vapautuu ilmakehän alimpaan kerrokseen, jota kutsutaan 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 (märkälaskeuma), kuivalaskeutuna erilaisille pinnoille tai kemiallisen muutoksen kautta.

Ilmansaasteiden leviäminen tapahtuu pääosin ilmakehän alimassa 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 laimenemiseen 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 liikenneluuhkien aikana, koska ilmansaasteet kerääntyvät matalaan ilmakehään päästölähteiden lähelle.

2.2 Typpidioksidi

Typen yhdisteitä vapautuu päästölähteistä ilmaan typen oksideina eli typpimonoksidina (NO) ja typpidioksidina (NO₂). 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 tiyminä

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.

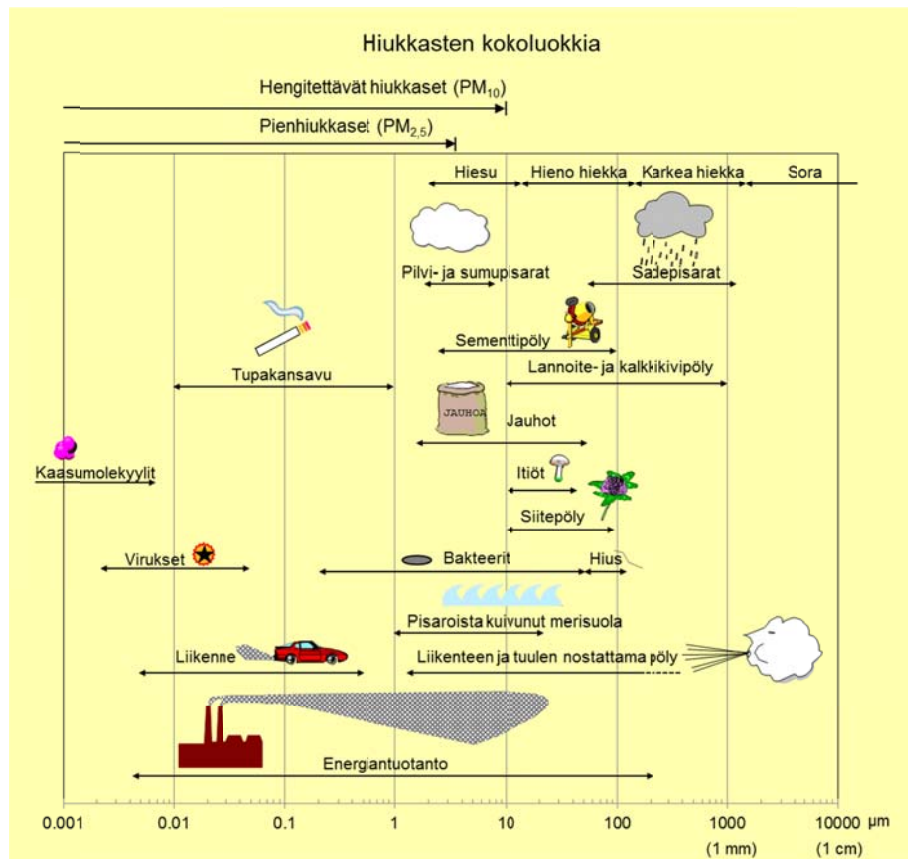
Typpidioksidille herkimpiä väestöryhmiä ovat lapset ja astmaatikoita, joiden hengitysoireita kohonneet pitoisuudet voivat lisätä suhteellisen nopeasti. Pakkaskaudella tapahtuva typpidioksidipitoisuuden kohoaminen on erityisen haitallista astmatikoille, koska jo puhtaan kylmän ilman hengittäminen rasituksessa aiheuttaa useimmille astmatikoille keuhkoputkien supistusta ja typpidioksidi pahentaa tästä aiheutuvia oireita kuten hengenahdistusta ja yskää.

Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat suurimmissa kaupungeissa keskimäärin 20–30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vilkkaimmilla teillä ja katukuiluosuusilla pitoisuudet voivat olla lähellä vuosiraja-arvoa 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienissä ja keskisuurissa kaupungeissa typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat yleensä noin 10–20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Komppula ym., 2014). Typpidioksidin tuntipitoisuudet voivat kohota yli raja-arvotason (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) suurimpien kaupunkien vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla muutamia kertoja vuodessa (Ilmanlaatuportaali, 2015). Ylitystunteja saa olla vuodessa 18 kpl, ennen kuin raja-arvo katsotaan ylittyneeksi. Puhtailla tausta-alueilla typpidioksidin vuosikeskiarvot ovat olleet Etelä-Suomessa noin 2–6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.3 Hiukkaset

Ulkoilman hiukkaset ovat nykyisin merkittävimpiä ilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä Suomen kaupungeissa. Pienhiukkasia pidetään länsimaissa haitallisimpana ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa suurelta osin peräisin liikenteen ja tuulen nostattamasta katupölystä (ns. resuspensio) eli epäsuorista päästöistä. Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös nk. suorat hiukkaspäästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista, autojen pakokaasuista ja puun pienpoltosta. Suorat hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia. Hiukkasiin on sitoutunut myös erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiiliveityjä 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. Hengitettävälle hiukkasille, joiden halkaisija on alle 10 mikrometriä (PM_{10}), on annettu ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitus-hiekka ja asfalttipöly nousevat ilmaan kuivilta kaduilta liikenteen nostattamana. Pienhiukkaset, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä ($\text{PM}_{2,5}$), ovat pääasiassa peräisin suorista autoliikenteen ja teollisuuden päästöistä ja kaukokulkeumasta, jonka lähde voi olla esimerkiksi metsä- ja maastopalot. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa A.



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

Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Suomessa hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuussa, kun maanpinnan kuivuessa tuuli ja liikenne nostattavat katupölyä ilmaan. Liikenteen vaikutukset korostuvat matalan päästökorkeuden vuoksi. Hengitettävillä hiukkasilla annettu vuorokausioksearvo ylittyy keväisin yleisesti Suomen kaupungeissa. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettu raja-arvo on sen sijaan ylittynyt viime vuosina vain Helsingin keskustassa. Vuosikeskiarvopitoisuudelle annettu raja-arvo alittuu Suomessa. Suurimpien kaupunkien keskusta-alueilla on mitattu useina vuosina yli $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot voivat ylittää $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Komppula ym., 2014). Puhtailla tausta-alueilla vuosikeskiarvopitoisuudet ovat olleet Etelä-Suomessa noin $9\text{--}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pienhiukkaspitoisuuden ($\text{PM}_{2.5}$) vuosikeskiarvolle määritetty raja-arvo $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittuu kaikkialla Suomessa. Korkeimmillaan vuosipitoisuus on ollut Helsingin vilkkaasti liikennöidyillä keskusta-alueilla noin $12\text{--}14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maaseututausta-alueilla pitoisuustaso on Etelä-Suomessa noin $7\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Keski-Suomessa noin $4\text{--}7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Pohjois-Suomessa noin $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuuserot erityyppisten mittausympäristöjen välillä ovat melko pieniä: kaupunkiympäristön päästölähteet kohottavat vuositasolla pitoisuuksia liikennelyympäristöissä noin $3\text{--}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja kau-

punkitausta-alueilla noin 1–2 µg/m³ taustapitoisuuksista. Pienhiukkasten taustapitoisuudesta valtaosa on kaukokulkeutunutta hiukkasainesta. Kaukokulkeuma muodostaa huomattavan osan myös kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuuksista (Alaviippola ja Pietarila, 2011).

2.4 Ilmanlaadun 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 pienhiukkasten 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 38/2011).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo µg/m ³ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)
Typpidioksidi (NO ₂)	1 tunti	200 ¹⁾	18
	kalenterivuosi	40 ¹⁾	–
Pienhiukkaset (PM _{2,5})	kalenterivuosi	25 ²⁾	–

¹⁾ Tulokset ilmaistaan lämpötilassa 293 K ja paineessa 101,3 kPa.

²⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Typenoksidipitoisuuksien (NO_x) vuosikeskiarvoon perustuva kriittinen taso 30 µg/m³ on annettu kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi ja se on voimassa laajoilla maa- ja metsätalousalueilla ja luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

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 pitoisuuksia koskevat ilmanlaadun ohjearvot on esitetty taulukossa 2. Lisäksi taulukossa esitetään WHO:n suositustenomaiset 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293 K, 101,3 kPa)	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO_2)	150	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$)	25 (WHO)	Suurin vuorokausikeskiarvo
	10 (WHO)	Vuosikeskiarvo

3 MENETELMÄT

3.1 Leviämismallilaskelmien kuvaus

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.

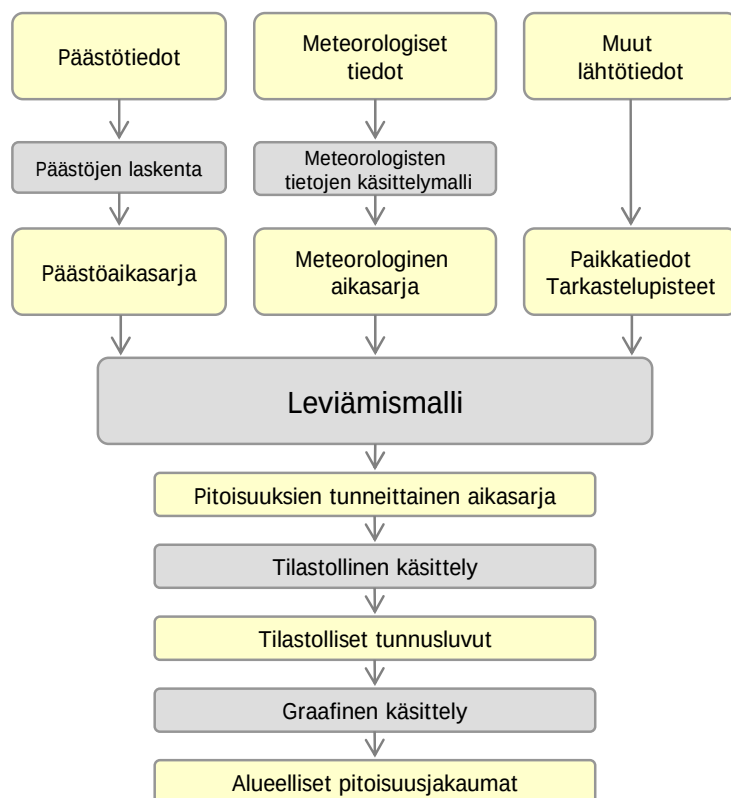
Ilmatieteen laitoksen leviämismalleja on kehitetty pitkäjänteisesti yli kolmenkymmenen vuoden ajan tavoitteena tuottaa luotettavaa tietoa ilmanlaadusta erityisesti Suomen olosuhteissa mm. kaupunki- ja liikennesuunnittelun ja ilmansuojelutoimenpiteiden suunnittelun tueksi sekä pitoisuuksien ja väestön 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 muuttunnalle. 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 kuvassa B.

Leviämismallien lähtötiedoiksi tarvitaan tietoja päästöistä ja niiden lähteistä, mitaamalla 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 liikennemäärästä, liikennevirtojen nopeudet ja ajoneuvokohtaiset nopeusriippuvaliset päästökertoimet. Pistemäisten lähteiden päästöjen laskennassa otetaan huomioon lähdekohtaiset päästöt, savukaasujen ominaisuudet ja laitoksen tekniset tiedot. Leviämislaskelmia varten muodostetaan kaikille eri päästölähteille päästöaikasarjat, joissa on jokaiselle tarkastelujakson tunnille (1–3 vuotta, 8 760–26 304 tuntia) laskettu päästö määrä 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 laaduilla. Laskelmissa käytetään yleensä 1–3 vuoden pituisia 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.

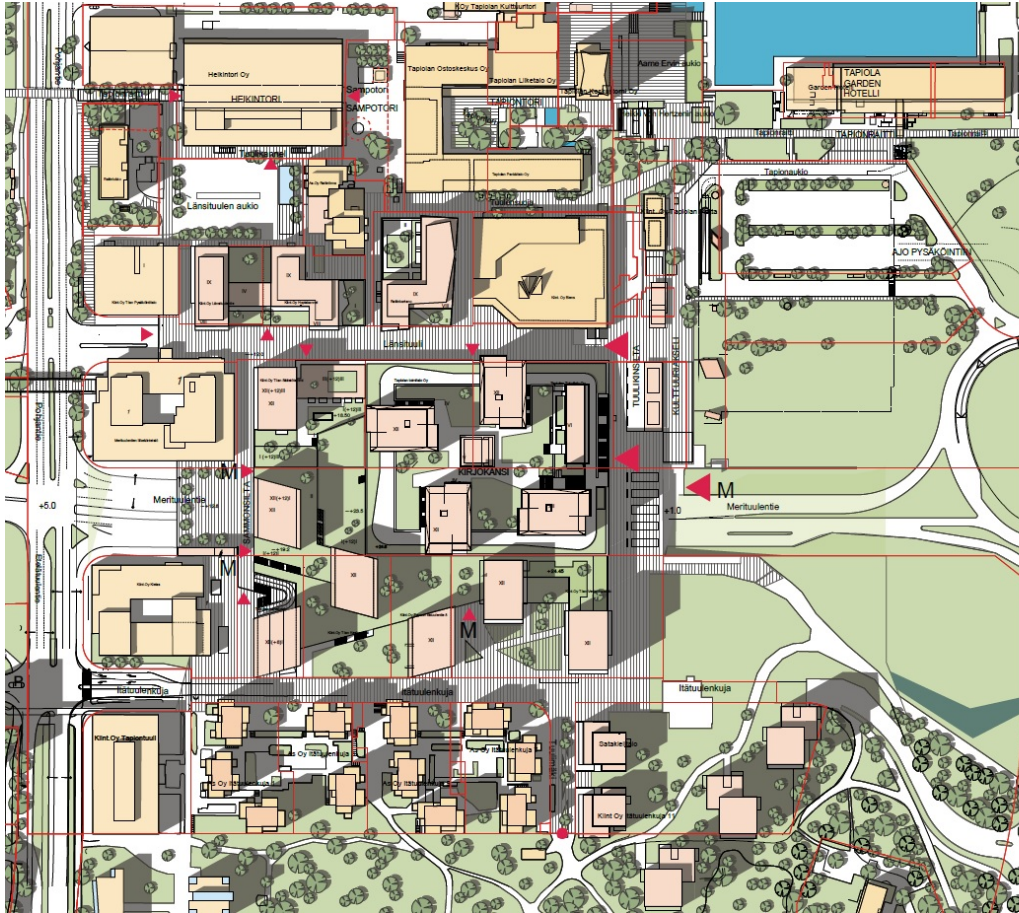


Kuva B. Kaaviokuva Ilmatieteen laitoksella kehitetyn leviämismallin, viivalähdemallin (CAR-FMI) ja kaupunkimallin (UDM-FMI) toiminnasta.

Leviämismallit laskevat ilmansaasteiden pitoisuuksia tarkastelujakson jokaiselle tunnille laskentapisteikköön, joka muodostetaan kullekin tutkimusalueelle sopivaksi. Laskentapisteitä on yleensä useita tuhansia, ja niiden etäisyys toisistaan vaihtelee muutamasta kymmenestä metristä satoihin metreihin riippuen tutkimusalueen koosta ja tarkasteltavista kohteista. Mallin tuottamasta pitoisuusaikasarjasta laskeaan ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin verrannollisia tilastollisia suureita, jotka esitetään raportissa mm. pitoisuuksien aluejakaumakuvina ja taulukkoina.

4 TUTKIMUSALUE JA LÄHTÖTIEDOT

Tutkimuksessa tarkasteltiin liikenteen ja pysäköintilaitosten päästöjen ilmanlaatuvaikutuksia Espoon Tapiolan keskuksen alueella tulevassa tilanteessa vuonna 2035. Viitesuunnitelma Tapiolan alueen kehittymisestä on esitetty kuvassa C. Uusimmissa suunnitelmissa Merituulentien katetaan noin 240 m pituudelta, kun kannen pituus aikaisemmassa ilmanlaatuselvityksessä oli noin 210 m. Myös Itätuulentie katetaan ja se muutetaan läpikulkutiekse. Länsituulentielle ei liikennöidä vuoden 2035 suunnitelmissa enää oman maanpäällisen liittymän kautta, joten Länsituulentie on jätetty pois mallilaskelmista. Kansien alta kulkevan liikenteen päästöt johdettiin mallilaskelmassa ulkoilmaan kansien molemmista päistä.



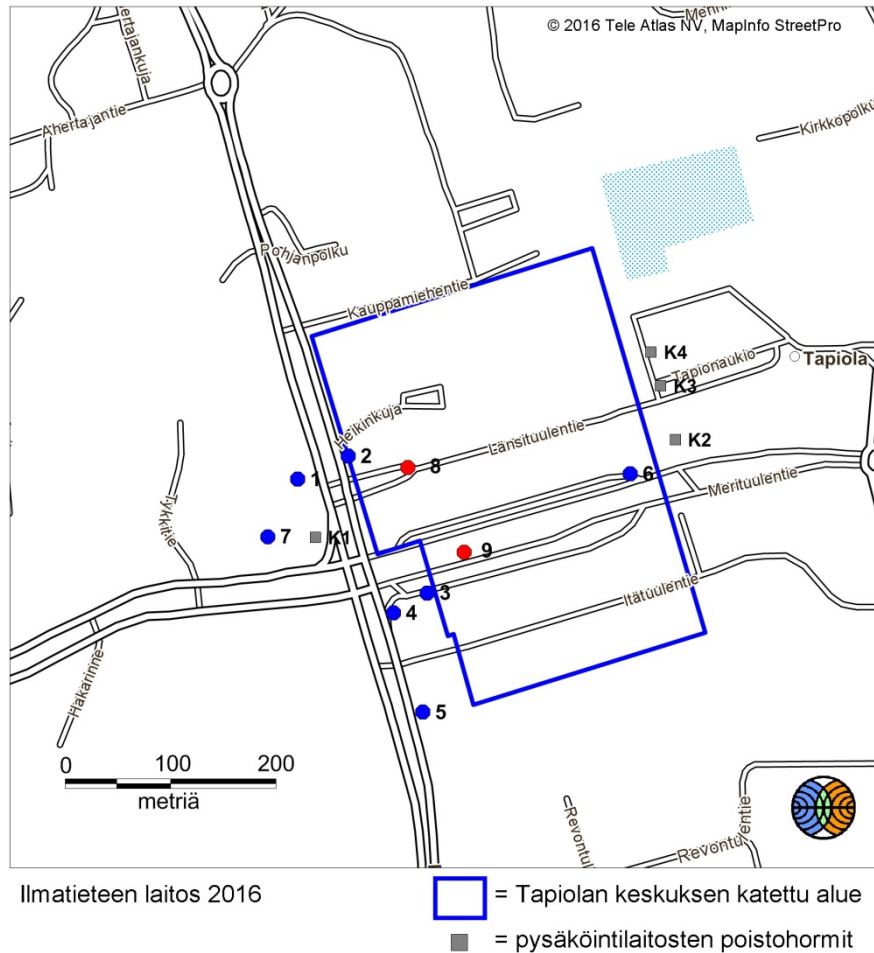
Kuva C. Tapiolan viitesuunnitelma vuodelle 2020 (Sito Oy). Keltaisella on merkitty nykyiset rakennukset ja oranssilla uudisrakennukset.

Espoon Tapiolan alueelle rakennetaan kaksi maanalaista pysäköintilaitosta: Tapiolan Keskuspysäköinti (TKP) ja Tapiolaukion pysäköintilaitos (TAPPY). Pysäköintilaitosten liikennemäärät ja Euro 4 -tason päästöt huomioitiin kuten edellisessä mallinnuksessa. TKP:n arvioitu henkilöautoliikennemäärä oli 5 336 autoa/vrk ja TAPPY:n 1 530 autoa/vrk ja lisäksi mallinnuksessa huomioitiin huoltoajoliikenne. Maanalaisten pysäköintilaitosten päästöt johdettiin ulos neljästä poistoilmahormista (K1–K4). Hormin K1 korkeus oli 8 m ja se oli yksinomaan TKP:n käytössä. Hormien K2–K4 korkeus oli 5 m ja ne olivat yhteisiä molemmille pysäköintilaitoksille. Tapiolan keskuksen katettu alue ja pysäköintilaitosten poistohormien sijainnit on esitetty kuvassa D.

Selvityksessä laskettiin leviämismallilaskelmin typpidioksidi- ja pienhiukkaspitoisuudet Tapiolan keskukseen maanpintatasolle. Pitoisuudet laskettiin noin 3 500 pisteeseen noin 3 km × 3 km kokoiselle alueelle. Laskentapisteköiden pisteet olivat tiheimmillään 25 metrin etäisyydellä toisistaan ja harvimmillaan tutkimusalueen reunoilla 100 metrin etäisyydellä toisistaan.

Lisäksi tarkasteltiin pitoisuuksia yhdeksässä erillisessä tarkastelupisteessä valittujen asuinrakennusten maanpintatason, ensimmäisen kerroksen ja kattotason

korkeudella. Tarkastelupisteiden sijainnit ja korkeudet on esitetty kuvassa D ja sen alapuolella.



Kuva D. Tapiolan keskuksen katetun alueen, pysäköintilaitosten poistohormien (K1–K4) ja tarkastelupisteiden (numerot 1–9) sijainnit Tapiolan keskuksen alueella. Siniset pallot kuvaavat edellisessä selvityksessä käytettyjä tarkastelupisteitä ja punaiset uusia tarkastelupisteitä.

Piste	Maanpintataso (m)	1. kerros (m)	Kattotaso (m)
1	0	4	20
2	0	4	41
3	0	4	20
4	0	4	35
5	0	4	20
6	0	4	45
7	0	3	6
8	0	11,5	32,5
9	0	11,5	29,5

Koko tutkimusalueen liikenteen päästöt laskettiin ja mallinnettiin tiekohtaisina viivalähteinä. Liikenneväylää kuvattiin peräkkäisinä lyhyinä viivoina, joista jokaises-

ta vapautuu ympäristöönsä erikseen laskettavan suuruinen päästö. Autoliikenteen päästöt laskettiin Ilmatieteen laitoksella tieverkon keskimääräisten arkivuorokausiliikennemäärien, raskaiden ajoneuvojen määrien, ajonopeuksien ja liikenteen tunneittaisen vaihtelun perusteella. Päästöt laskettiin ajoneuvotyyppikohtaisten päästökertoimien avulla, jotka perustuvat VTT:n (Teknologian tutkimuskeskus VTT) päästölaskelmiin (LAURIKKO, 1998; LIPASTO, 2010) ja CAR-FMI -mallia varten kehitettyihin ajoneuvojen nopeudesta riippuviin päästökerroinfunktioihin.

Mallilaskelmin tarkasteltiin vuotta 2035 edustavia liikennemääriä. Autoliikenteen pakokaasupäästöjen leviämismallilaskelmat tehtiin käyttäen Euro 4 -päästötason nopeudesta riippuvia ajoneuvotyyppikohtaisia päästökertoimia. Taulukossa 3 on esitetty eri päästötasoja (Euro 0 – Euro 5) edustavien henkilöautojen (bensini- ja dieselkäyttöiset) suoriteosuudet vuonna 2011. Euro 4 -päästötason voidaan katsoa edustavan nykyistä tai hieman uudempaa autokantaa ja ajoneuvosuoritteiden päästötasoa (vuosimallit 2006–2009). Euro 4 on päästötaso, jossa oletetaan autokannan uusiutuneen siinä määrin, että kaikkien liikennöivien ajoneuvojen päästötaso vastaisi vuosina 2006–2009 valmistuneiden autojen päästötasoa (VTT, LIPASTO).

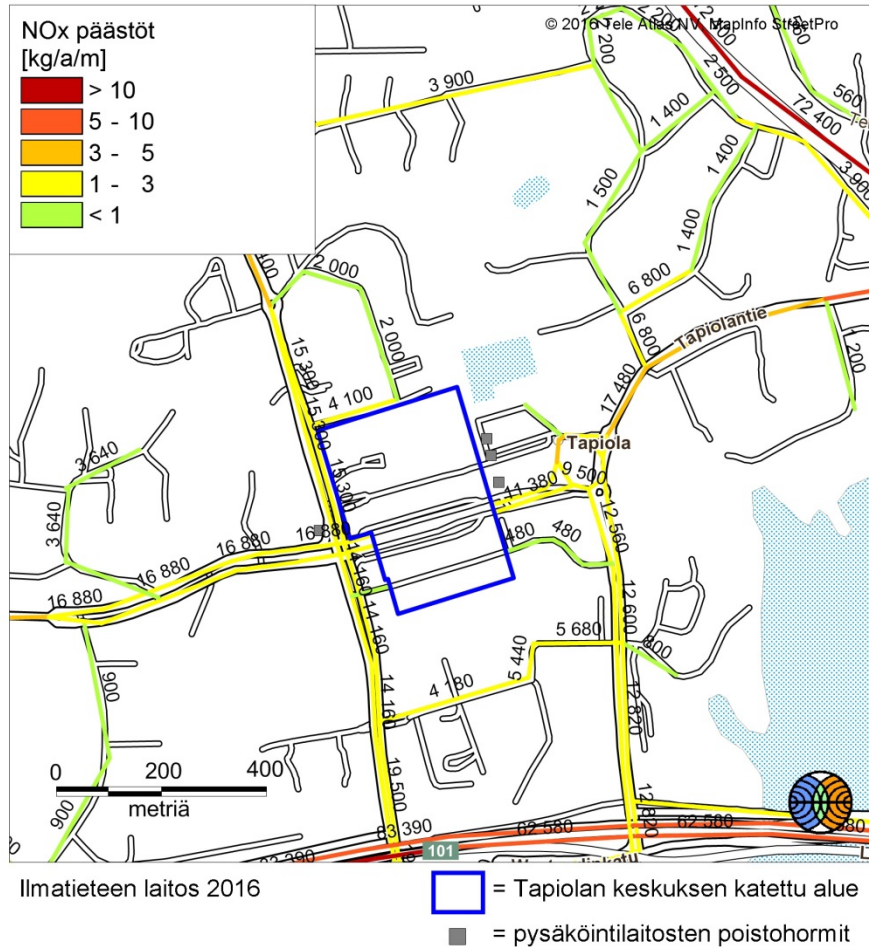
Taulukko 3. Eri päästötasoa edustavien henkilöautojen (bensini- ja dieselkäyttöiset) suoriteosuudet (%) vuonna 2011 (Lähde: LIPASTO 2012 laskentajärjestelmä, VTT).

Päästötaso	Luokkaan kuuluvat ajoneuvot	Ajosuorite (%) bensiniikäyttöiset	Ajosuorite (%) dieselikäyttöiset
Euro 0	ei katalysaattoria, vuosimallit ennen 1990	9	0
Euro 1	vuosimallit 1991–1996	13	7
Euro 2	vuosimallit 1997–2000	20	13
Euro 3	vuosimallit 2001–2005	31	25
Euro 4	vuosimallit 2006–2009	20	40
Euro 5	vuosimalli 2010 ja sitä uudemmat	7	16

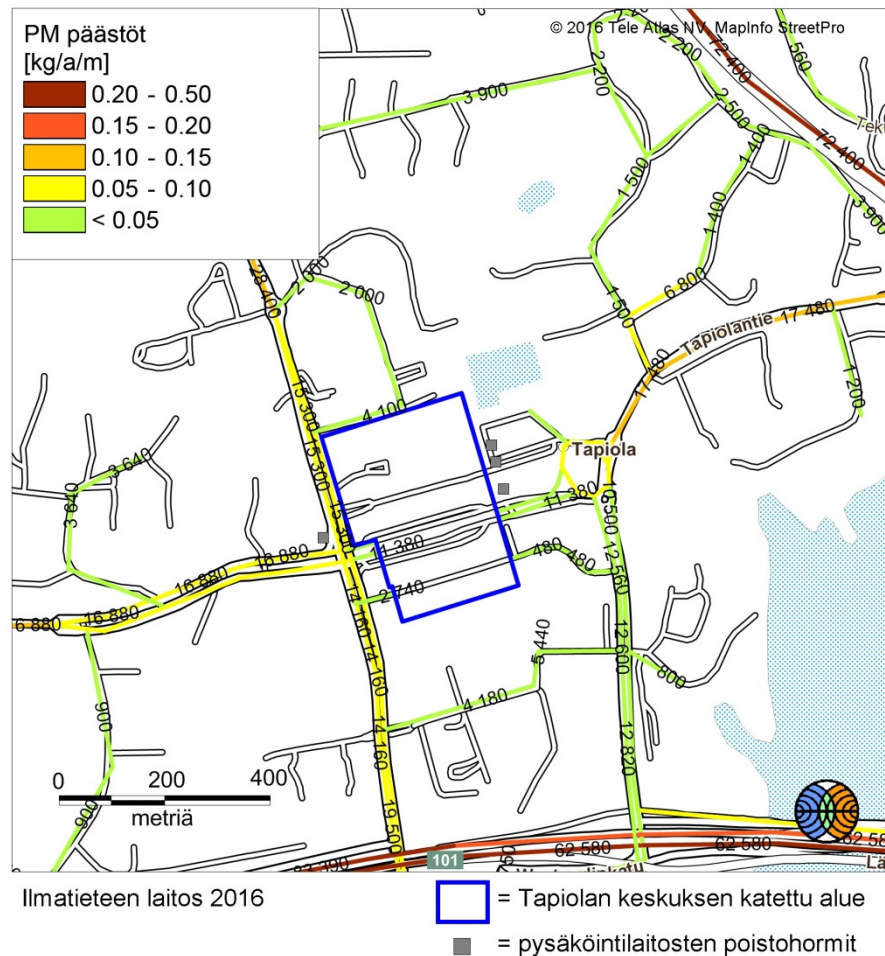
Henkilöautojen ajoneuvojakaumana mallinnuksessa käytettiin vuotta 2016 edustavia suoriteosuuksia VTT:n julkaiseman LIISA 2012 raportin mukaisesti. Valtaosa henkilöautoista oli katalysaattorilla varustettuja bensiniikäyttöisiä ajoneuvoja, joiden osuus oli 58 % ajosuoritteesta. Katalysaattorittomia bensiniikäyttöisiä ajoneuvoja ei arvioitu enää olevan vuonna 2035. Dieselikäyttöisten henkilöautojen osuus oli 42 %. Dieselikäyttöisten ajoneuvojen ajosuoritteiden muutoksen ennustaminen on vaikeaa, sillä siihen vaikuttavat merkittävästi mm. verotukselliset ohjauskeinot. Raskaiden ajoneuvojen osuus oli Länsiväylällä ja Kehä I:llä 12 % ja muilla teillä 8 %. Raskaiden ajoneuvojen osuudet olivat samoja kuin edellisessä mallinnuksessa.

Laskelmissa huomioitiin tieliikenteen päästöt noin 3 km × 3 km suuruiselta alueelta Espoosta sekä alueellinen taustapitoisuus, jotta mallilaskelmin saadut pitoisuudet vastaisivat mahdollisimman hyvin todellisia epäpuhtauksien pitoisuustasoja. Tutkimusalueen ulkopuolelta pääkaupunkiseudun liikenteen päästöt huomioitiin karkeammalla tasolla käyttäen Helsingin Seudun Ympäristöpalveluiden (HSY) vuodelle 2005 laskemia päästöjä, jotka skaalattiin vastaamaan Euro 4 -päästötasoa.

Tarkastelualueen liikenteen typenoksidipäästöt olivat Euro 4 -päästökertoimilla laskettuna 175 t/a. Vastaavasti hiukkaspäästöt olivat Euro 4 -päästökertoimilla laskettuna noin 4 t/a. Pysäköintilaitosten liikenteen aiheuttamat typenoksidipäästöt olivat 3,7 t/a ja hiukkaspäästöt 0,5 t/a Euro 4 -päästötasolla. Lisäksi huomioitiin tarkastelualueen ulkopuolelta pääkaupunkiseudun liikenteen Euro 4 -tasoon skaalattuja typenoksidi- ja hiukkaspäästöjä karkeammalla tasolla. Kuviissa E–F on esitetty vuoden 2035 arkivuorokausiliikennemäärät tutkimusalueella ja liikenneväyläkohtaisesti lasketut typenoksidi- ja hiukkaspäästöt (kg/a/m).



Kuva E. Euro 4 -päästötason typenoksidipäästöt (kg/a/m) sekä vuotta 2035 edustavat arkivuorokausiliikennemäärät Espoon Tapiolan keskuksen ympäristössä.



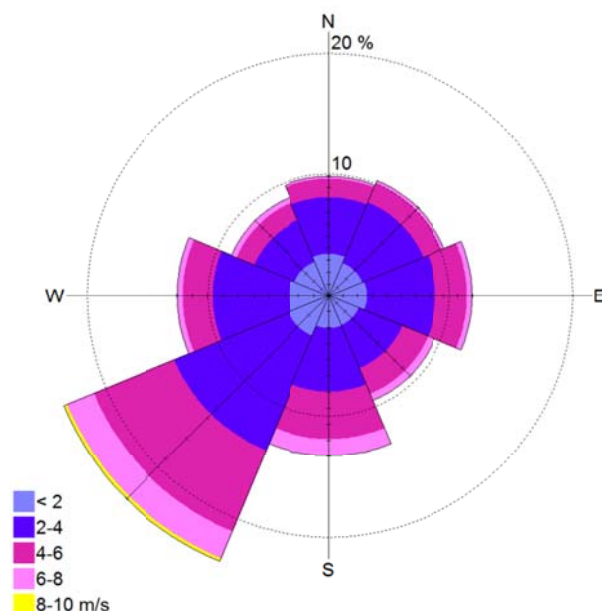
Kuva F. Euro 4 -päästötason pienhiukkaspäästöt (kg/a/m) sekä vuotta 2035 edustavat arkivuorokausiliikennemäärät Espoon Tapiolan keskuksen ympäristössä.

Leviämismallilaskelmissa on oletettu autoliikenteen typenoksidipäästöistä (NO_x) olevan keskimäärin 20 % typpidioksidia (NO_2) (Anttila ym., 2011). Typpidioksidipäästöjen osuus pakokaasujen typenoksidipäästöistä on oletettu samaksi kuin nykyään, koska typpidioksidipäästöjen osuuden kehittymisen ennustamiseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä.

Tutkimusalueen tieliikenteen päästöjen lisäksi mallilaskelmissa on huomioitu alueellinen typpidioksidin ja pienhiukkasten taustapitoisuus, joka arvioitiin HSY:n Espoon Luukissa sijaitsevan ilmanlaadun mittausaseman tuloksista. Typpidioksidin ja pienhiukkasten taustapitoisuudet ovat molemmat vuosikeskiarvona suuruusluokaltaan $6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vuosina 2012–2014). Typenoksidipäästöjen muutunnan kuvaamiseen käytettiin Luukin ilmanlaadun mittausaseman otsonihavaintoja. Otsonin taustapitoisuuksina käytettiin pitoisuuksien kuukausittain laskettuja tunneittaisia keskiarvoja, joilla pyrittiin kuvaamaan taustapitoisuuksien vuorokauden sisäistä vaihtelua (Ilmanlaatuportaali, 2016).

Tutkimusalueen ilmastollisia olosuhteita edustava meteorologinen aikasarja muodostettiin Helsingin Kumpulan, Harmajan ja Helsinki-Vantaan lentoaseman sääasemien havaintotiedoista vuosilta 2012–2014. Sekoituskorkeuden määrittämiseen käytettiin Jokioisten observatorion radioluotaushavaintoja. Kuvassa G on esitetty

tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella tuuliruusun muodossa. Tutkimusalueella ovat vallitsevia lounaistuulet.



Kuva G. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tutkimusalueella vuosina 2012–2014. Lasketut tuulitiedot kuvaavat olosuhteita 10 metrin korkeudella maanpinnasta.

5 TULOKSET

5.1 Typpidioksidipitoisuudet

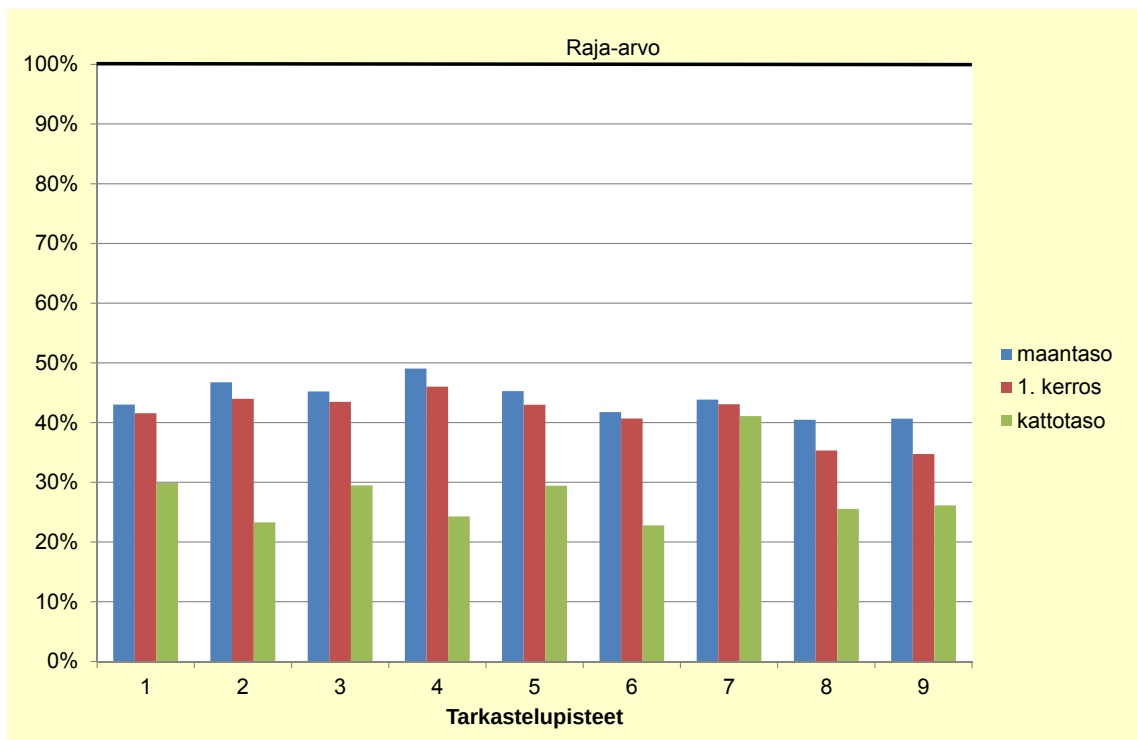
Tapiolan keskuksen asuinrakennusten kohdille mallinnetut typpidioksidipitoisuudet on esitetty taulukossa 4 ja kuvissa H–I. Kaikissa tuloksina esitettävissä pitoisuuksissa ovat mukana autoliikenteen ja pysäköintilaitosten aiheuttamat pitoisuudet sekä typpidioksidin alueellinen taustapitoisuus. Typenoksidien kemiallinen muutonta päästöjen leviämisen aikana on otettu leviämismallilaskelmissa huomioon.

Typpidioksidipitoisuuden vuosiraja-arvo alittuu selvästi kaikkien asuinrakennusten kohdilla. Pitoisuudet ovat 1. kerroksen parvekkeen korkeudella noin 35–45 % vuosiraja-arvosta.

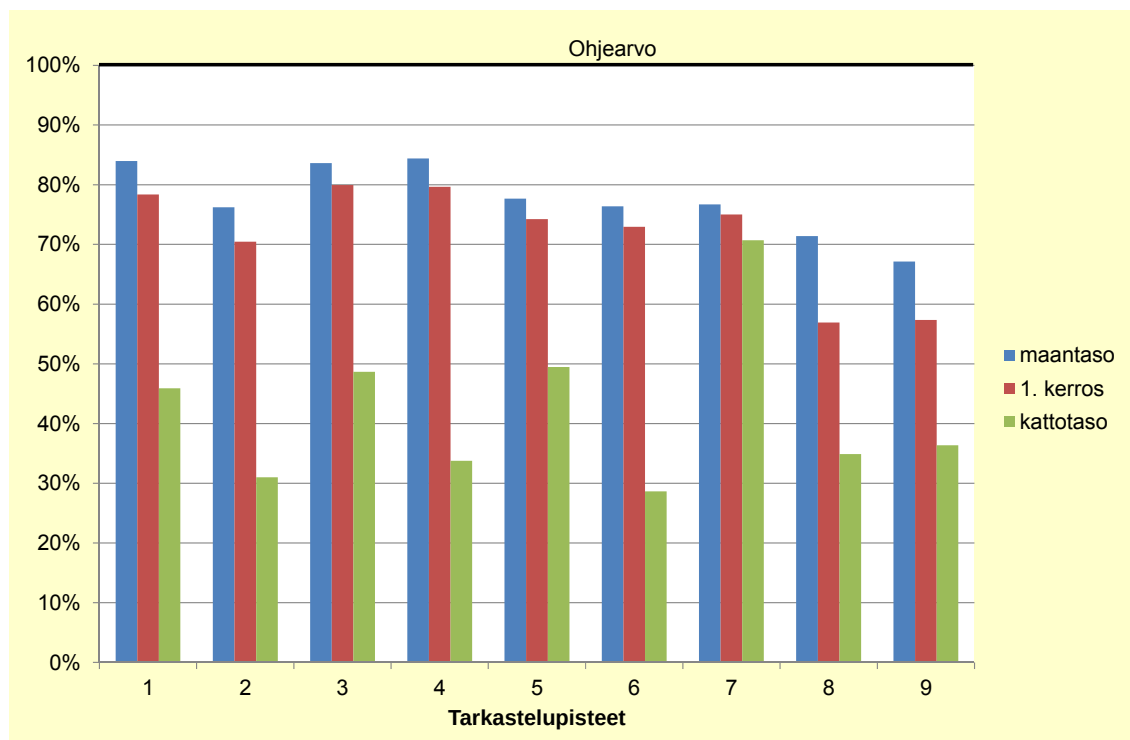
Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvo alittuu kaikkien raittiin ilmanottojen kohdilla. Korkeimmillaan pitoisuudet ovat 1. kerroksen kohdalla 80 % ohjearvosta. Pitoisuudet pienenevät korkeammalle noustessa ja etäisyyden kasvaessa päästölähteestä eli lähimmistä teistä. Kattotasolla typpidioksidipitoisuudet ovat noin 30–70 % ohjearvotasosta kerrosmäärästä riippuen.

Taulukko 4. Typpidioksidipitoisuuksien suhde ohje- ja raja-arvoihin Tapiolan keskuksen valittujen asuinrakennusten kohdalla 1. kerroksen parvekkeen korkeudella.

Tarkastelukohde	1. kerroksen korkeus maanpinnasta (m)	NO ₂ vuosiraja-arvo (%)	NO ₂ vuorokausiohje-arvo (%)
1	4	42	78
2	4	44	70
3	4	43	80
4	4	46	80
5	4	43	74
6	4	41	73
7	3	43	75
8	11,5	35	57
9	11,5	35	57



Kuva H. Typpidioksidin **vuosiraja-arvoon** verrannolliset pitoisuudet asuinrakennusten kohdalla kolmella eri korkeudella Espoon Tapiolan keskuksen alueella.



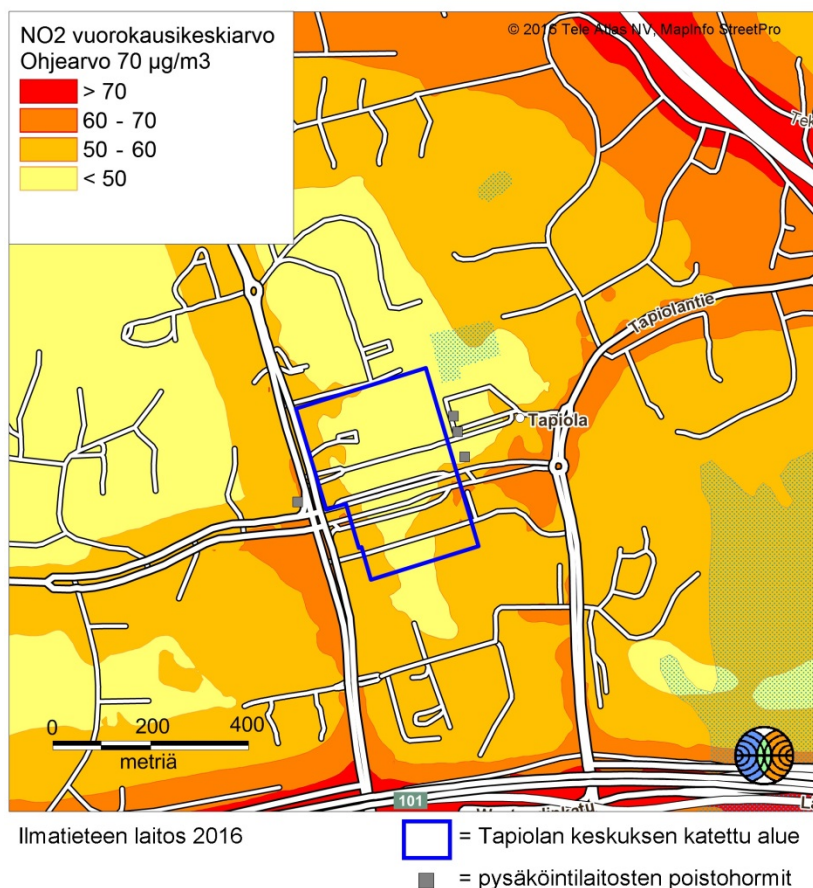
Kuva I. Typpidioksidin **vuorokausiohjearvoon** verrannolliset pitoisuudet asuinrakennusten kohdalla kolmella eri korkeudella Espoon Tapiolan keskuksen alueella.

Leviämismallilaskelmien tuloksina saatujen ulkoilman typpidioksidipitoisuuksien alueellinen vaihtelu maanpintatasolla on esitetty kuvissa J–K. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuuksien raja-arvo alittuu Tapiolan alueella. Raja-arvo voi ylittyä pienellä alueella Länsiväylän ja Kehä I:n risteysalueella. Pitoisuudet ovat korkeimmillaan vilkkaimmin liikennöityjen katujen ja teiden varsilla ja pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa päästölähteestä. Vuosikeskiarvopitoisuudet kuvaavat alueen pitempiä aikaista keskimääräistä pitoisuustilannetta.

Mallilaskelmien mukaan typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohjearvo alittuu Tapiolan keskuksen alueella. Ohjearvo ylittyy Länsiväylän ja Kehä I:n läheisyydessä. Lyhytaikaispitoisuuksiin ja niiden jakaumaan vaikuttavat päästöjen lisäksi yksittäiset epäedulliset meteorologiset tilanteet, joiden aikana päästöt eivät pääse laimenemaan ja leviämään, jolloin pitoisuudet kohoavat. Huomionarvoista on, että suurimman osan ajasta epäpuhtauspitoisuudet ovat pienempiä kuin mallilaskelmissa saadut korkeimmat pitoisuudet.



Kuva J. Typpidioksidin vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Espoon Tapiolan keskuksen alueella.



Kuva K. Typpidioksidin vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet Espoon Tapiolan keskuksen alueella.

5.2 Pienhiukkaspitoisuudet

Tapiolan keskuksen asuinrakennusten kohdille mallinnetut pienhiukkaspitoisuudet on esitetty taulukossa 5 ja kuvissa L–M. Kaikissa tuloksina esitettävissä pitoisuuksissa ovat mukana autoliikenteen ja pysäköintilaitosten aiheuttamat pitoisuudet sekä pienhiukkasten alueellinen taustapitoisuus.

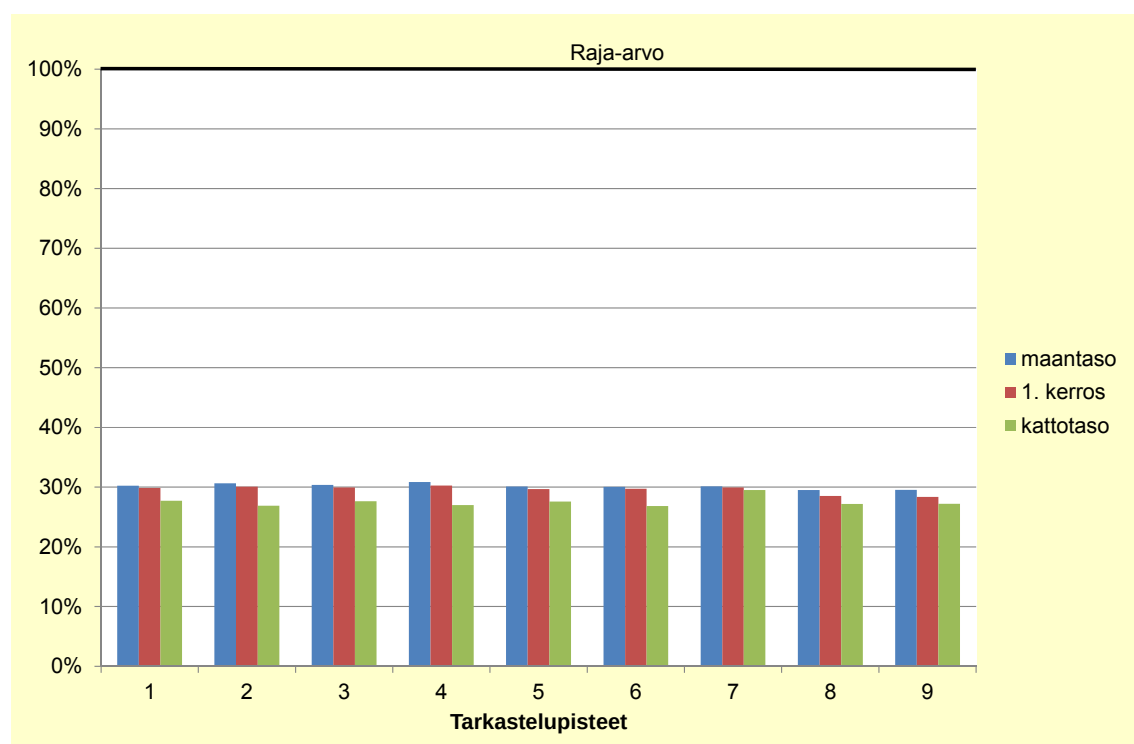
Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ovat alle kolmasosa vuosiraja-arvosta. Pieni pitoisuusvaihtelu eri tarkastelupisteissä ja eri korkeuksilla johtuu taustapitoisuuden suuresta osuudesta ulkoilman pienhiukkaspitoisuuksissa. Pienhiukkaspitoisuudet ovat korkeimmillaan vilkkaimmin liikennöityjen katujen ja teiden varsilla ja pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa päästölähteestä. Liikenteen päästöt tuovat pienen lisän pienhiukkasten kokonaispitoisuuksien vuosikeskiarvoon vilkkaiden teiden varsilla.

Pienhiukkaspitoisuuden WHO:n ohjearvo alittuu kaikkien asuinrakennusten 1. kerroksen parvekkeen korkeudella. Pitoisuudet ovat noin 50–70 % ohjearvosta. Kattotasolla pienhiukkaspitoisuudet ovat noin 40–60 % ohjearvosta kerrosmäärästä riippuen. On kuitenkin huomioitava, että WHO:n määrittelemä ohjearvo on suosituksenomainen eikä ole osa Suomen ilmansuojelulainsäädäntöä. Pitoisuuksia

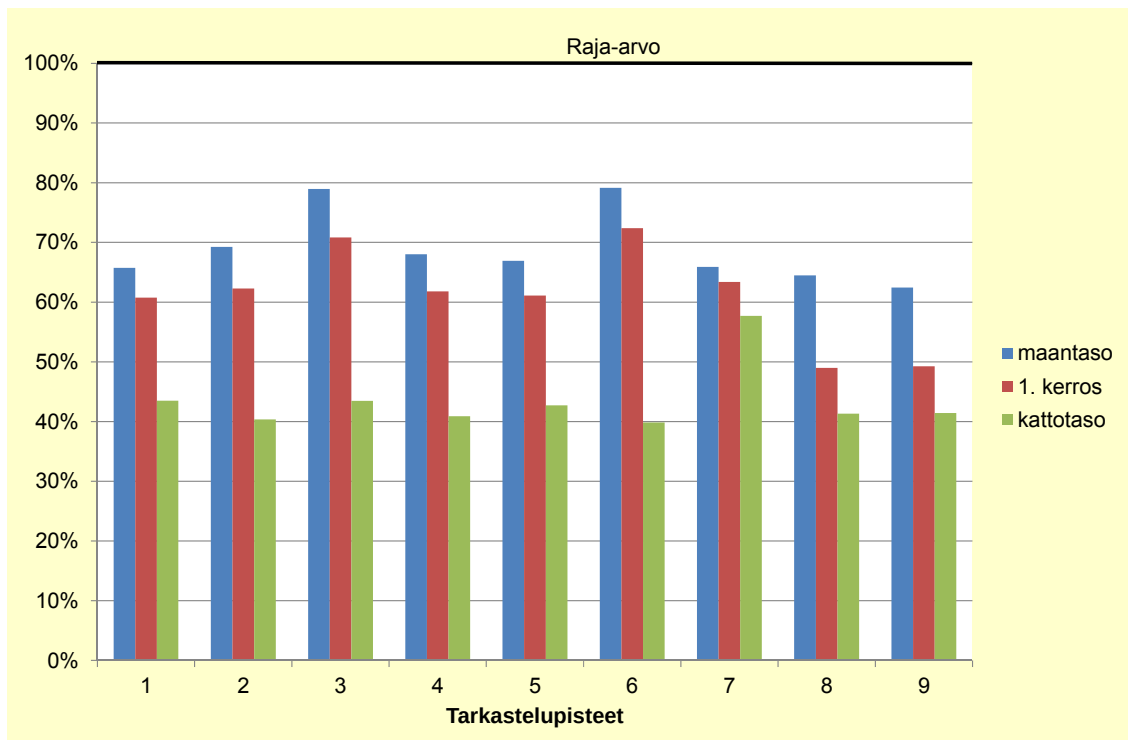
verrataan WHO:n ohjearvoon, koska pienhiukkasten lyhytaikaispitoisuuksille ei ole Suomessa voimassa olevaa ohje- tai raja-arvoa.

Taulukko 5. Pienhiukkaspitoisuuksien suhde ohje- ja raja-arvoihin Tapiolan keskuksen valittujen asuinrakennusten kohdilla 1. kerroksen parvekkeen korkeudella.

Tarkastelukohde	1. kerroksen korkeus maanpinnasta (m)	PM _{2,5} vuosiraja-arvo (%)	PM _{2,5} WHO:n vuorokausiohjearvo (%)
1	4	30	61
2	4	30	62
3	4	30	71
4	4	30	62
5	4	30	61
6	4	30	72
7	3	30	63
8	11,5	28	49
9	11,5	28	49



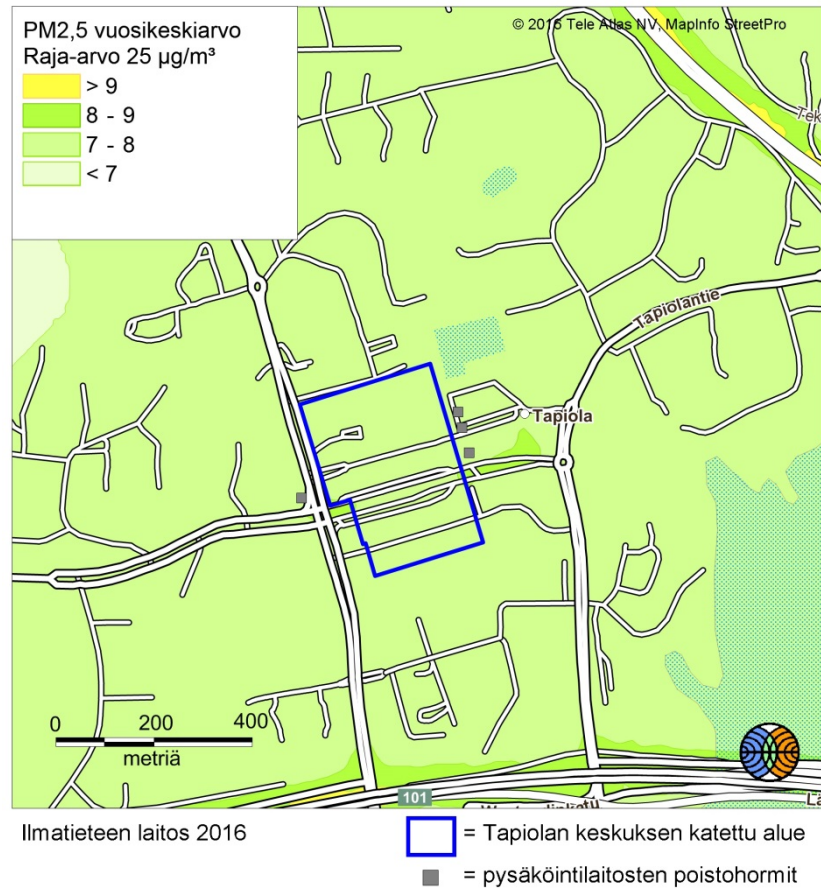
Kuva L. Pienhiukkasten **vuosiraja-arvoon** verrannolliset pitoisuudet asuinrakennusten kohdalla kolmella eri korkeudella Espoon Tapiolan keskuksen alueella.



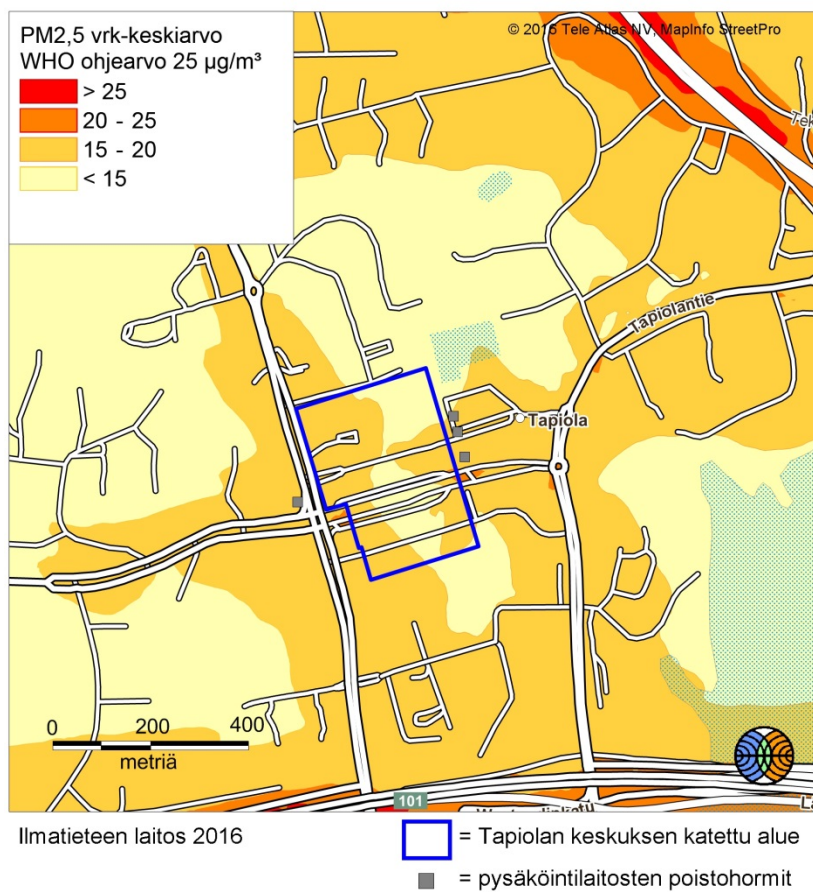
Kuva M. Pienhiukkasten **WHO:n vuorokausiohjeeseen** verrannolliset pitoisuudet asuinrakennusten kohdalla kolmella eri korkeudella Espoon Tapiolan keskuksen alueella.

Leviämismallilaskelmien tuloksina saatujen ulkoilman pienhiukkaspitoisuuksien alueellinen vaihtelu maanpintatasolla on esitetty kuvissa N–O. Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet alittavat tutkimusalueella selvästi vuosiraja-arvon. Korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet muodostuvat vilkkaimmin liikennöityjen katujen ja teiden varsille. WHO:n vuorokausiohjeeseen voi ylittyä Länsiväylällä ja Kehä I:llä.

Kaukokulkeumalla on merkittävä vaikutus pienhiukkasten pitoisuuksiin Suomessa ja korkeimmat pienhiukkaspitoisuudet havaitaan yleensä kaukokulkeuma-episodien aikana. Näissä tilanteissa pienhiukkaspitoisuuden WHO:n vuorokausiohjeeseen ylittyy helposti koko Suomessa tausta-alueillakin. Suurimmat pitoisuudet havaitaan, kun ilmavirtaukset ovat etelän tai idän suuntaisia (mm. Venäjän ja Itä-Euroopan metsäpalojen aiheuttamat kohonneet pienhiukkaspitoisuudet).



Kuva N. Pienhiukkasten vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Espoon Tapiolan keskuksen alueella.



Kuva O. Pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet Espoon Tapiolan keskuksen alueella.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä selvityksessä arvioitiin leviämismallilaskelmin liikenteen ja pysäköintilaitosten päästöjen vaikutusta ilmanlaatuun Tapiolan keskuksen alueella. Ilmanlaadun arviointi tehtiin alueen kaavasuunnittelun tueksi. Mallinnus on päivitys Ilmatieteen laitoksen tekemiin aikaisempiin ilmanlaatuselvityksiin (*Salmi ja Loven, 2011; Salmi ja Lappi, 2008*). Päivityksessä merkittävimpiä muutoksia ovat Merituulentien katteen pidentyminen noin 30 metrillä sekä pidemmälle tulevaisuuteen ulottuvat liikennemääräennusteet. Tapiolan Keskuspysäköinnin ja Tapionaukion pysäköintilaitoksen päästöt huomioitiin kuten edellisessä mallinnuksessa. Työssä mallinnettiin tieliikenteen ja maanalaisten pysäköintilaitosten päästöjen aiheuttamat typpidioksi- di- ja pienhiukkaspitoisuudet Tapiolan keskuksen ympäristössä. Lisäksi tarkasteltiin pitoisuuksia yhdeksän valitun asuinrakennuksen kohdalla eri korkeuksilla.

Päästöt laskettiin autoliikenteen ajoneuvotyyppikohtaisilla ja nopeusriippuvaisilla Euro 4 -päästötason päästökertoimilla. Laskelmat tehtiin käyttäen vuoden 2035 ennusteliikennemääriä. Leviämislaskelmat tehtiin Ilmatieteen laitoksella kehitetyillä pistemäisten päästölähteiden ja liikenteen päästöjen leviämisen mallintamiseen tarkoitetuilla leviämismalleilla (UDM-FMI ja CAR-FMI).

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 pitkäaikainen altistuminen terveydelle haitallisen korkeille ilmansaasteiden pitoisuuksille. Terveysvaikutusperusteiset ilmanlaadun raja-arvot ovat ohjearvoja sitovampia, eivätkä ne saa ylittyä alueella, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä. Esimerkiksi autoliikenteelle varatuilla väylillä raja-arvot eivät kuitenkaan ole voimassa.

Korkeimmat typpidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuudet havaitaan vilkkaasti liikennöidyillä väylillä ja niiden lähiympäristössä sekä risteysalueilla. Pitoisuudet pienenevät kun etäisyys liikenneväylistä kasvaa sekä maanpinnan tasossa että ylöspäin mentäessä. Vuosikeskiarvopitoisuudet kuvaavat keskimääräistä ilman epäpuhtauspitoisuustasoa parhaiten. Hetkelliset pitoisuudet voivat nousta vuosikeskiarvopitoisuuksia huomattavasti korkeammiksi. Huomionarvoista on, että suurimman osan ajasta epäpuhtauspitoisuudet ovat pienempiä kuin mallilaskelmissa saadut korkeimmat pitoisuudet.

Mallilaskelmien tulosten mukaan typpidioksidipitoisuuden vuosiraja-arvo alittuu selvästi Tapiolan keskuksen alueella. Myös typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohje-arvo alittuu Tapiolassa maanpintatasolla sekä tarkasteltujen asuinrakennusten kohdalla eri korkeuksilla. Korkeimmillaan pitoisuudet ovat 1. kerroksen korkeudella 80 % ohjearvosta. Typpidioksidipitoisuuden vuorokausiohje-arvo on suunnittelua ohjaava kriteeri.

Pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet alittavat selvästi vuosiraja-arvon Tapiolan alueella ja kaikissa tarkastelukohteissa ollen alle kolmasosa raja-arvopitoisuudesta. Pitoisuudet ovat asuinrakennusten 1. kerrosten korkeudella noin 50–70 % WHO:n ohjearvosta. On huomioitava, että WHO:n ohje-arvo ei ole osa Suomen ilmansuojelulainsäädäntöä.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin mallintamalla vain pienhiukkaspitoisuuksia ($PM_{2,5}$). On mahdollista, että pienhiukkasia kooltaan suuremmat, hengitettävien hiukkasten pitoisuudet (PM_{10}) voivat epäedullisissa meteorologisissa olosuhteissa ylittää niiden vuorokausipitoisuudelle asetetun ohjearvon tai raja-arvotason tarkastellulla tutkimusalueella. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet kohoavat katupölykaudella vilkkaasti liikennöityjen väylien läheisyydessä. Katupölyä esiintyy tyypillisesti keväällä maaliskuussa sekä loppusyksystä talvirengaskauden alettua. Myös pienhiukkaspitoisuudet voivat hetkellisesti nousta korkeiksi katupölyepisodien aikana. Korkeiden hiukkaspitoisuuksien muodostumiseen voidaan merkittävästi vaikuttaa katujen kunnossapidolla sekä oikea-aikaisella katujen siivouksella ja pölynsidonnalla.

Rakennusten ilmanvaihdon sijoittelussa on suositeltavaa huomioida, etteivät rajat tai ohjearvot ylittyisi alueilla, joissa asuu ja oleskelee ihmisiä. Raittiin ilmanotot tulee sijoittaa niin, että ilman epäpuhtauksille altistuminen rakennuksen sisätiloissa olisi mahdollisimman vähäistä. Leviämismallinnuksen tulosten perusteella typpidioksidipitoisuuden ohjearvo alittuu kaikkien tarkasteltujen asuinrakennusten kohdilla eri korkeuksilla.

VIITELUETTELO

ALAVIIPPOLA, B. JA PIETARILA, H., 2011. Ilmanlaadun arviointi Suomessa, pienhiukkas-pitoisuudet (PM_{2,5}). Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki.

ANTTILA, P., TUOVINEN, J.-P. JA NIEMI, J., 2011. Primary NO₂ emissions and their role in the development of NO₂ concentration in a traffic environment. *Atmospheric Environment* 45 (2011) 986-992.

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.

ILMANLAATUPORTAALI, 2016. Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä palvelu, josta on saatavilla mittauksien ja historiatietoja pitoisuuksista lähes kaikilta Suomen ilmanlaadun seuranta- asemilta: www.ilmanlaatu.fi

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.

KOMPPULA, B., ANTTILA, P., VESTENIUS, M., SALMI, T. JA LOVÉN, K., 2014. Ilmanlaadun seurantarpeen arviointi. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia.

LAURIKKO, J. K., 1998. On exhaust from petrol-fuelled passenger cars at low ambient temperatures. VTT julkaisu 348.

LIPASTO, 2010. LIPASTO -laskentajärjestelmä, VTT. Liikennevälineiden yksikköpäästöt.

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

SALMI, J., ja LAPPI, S., 2008. Sito Oy. Selvitys Tapiolan Keskuspysäköinnin ja lähiliikenteen ilmanlaatuvaikutuksista. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 25 s. + 10 liites.

SALMI, J. ja LOVÉN, K., 2011. Tapiolan lähiliikenteen ja uusien pysäköintilaitosten ilmanlaatuselvitys. Tapiolan keskuspysäköinnin, Tapiolaukion pysäköintilaitoksen ja Tapiolan lähiliikenteen typenoksidipäästöjen leviämislaskelmat. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki. 21 s. + 24 liites.

VTT, 2011. Teknologian tutkimuskeskus VTT. LIPASTO liikenteen päästöt <http://lipasto.vtt.fi/>

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

Vnp 480/1996. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista 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
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMATIETEEN LAITOS
Erik Palménin aukio 1
00560 Helsinki
puh. 029 539 1000

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI

