

Enwin

- Vision Keeper -

26. HUHTIKUUTA 2018

Tampereen kaupunki

Kaupunkiympäristön kehittäminen

ID 2 063 123

TULLIKAMARIN AUKION (8662) ILMANLAATUSELVITYS

TAMPEREEN KAUPUNKI, KAUPUNKIYMPÄRISTÖN KEHITTÄMINEN

Enwin
- Vision Keeper -

ENWIN OY, 2018

Kivipöytälankuja 2

33920 Pirkkala

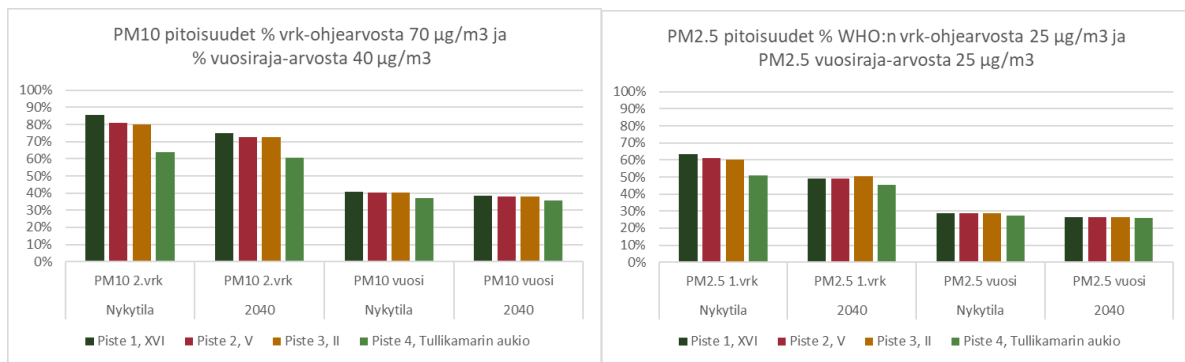
www.enwin.fi

TIIVISTELMÄ

Tampereella Tullikamarin aukio pohjoisreunaan on suunnitteilla asuinkerrostaloja ja liiketiloja (kaava-alue 8662). Suunnittelualue sijaitsee Tullin kaupunginosassa kaupungin ydinkeskustassa, rautatieaseman itäpuolella Itsenäisyydenkadun varrella. Asemakaavamuutos koskee Tullikamarin aukiota, tontteja nro 310-1 ja 2 sekä Tullikatua, Hammareninkatua ja Pinninkatua.

Tässä työssä (ID 2 063 123) on arvioitu leviämismallinnuksen avulla liikenteen aiheuttamien epäpuhtauspäästöjen leviämistä nykytilanteessa sekä vuoden 2040 liikenne-ennustetilanteessa ja uuden korttelisuunnitelman mukaisessa rakennuskannassa. Työssä mallinnettiin karkeampien hengittävien hiukkasten (PM₁₀ < 10 µm:n hiukkaskoko, pääosin katupölyä) ja pienhiukkasten (PM_{2.5} < 2.5 µm:n hiukkaskoko, ajoneuvopäästöjä ja katupölyn pienhiukkasfraktio) vuorokausi- ja vuosipitoisuudet nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040. Lisäksi tarkasteltiin alueen nykytilanteen tyyppioksidipitoisuuksia (NO₂). Mallinnustuloksia verrattiin Ilmanlaatuasetuksen vuosiraja-arvoihin (VNA 79/2017) sekä kansallisiin vuorokausipitoisuuden ohjearvoihin (Vnp 480/1996) sekä Maailman terveysjärjestön (WHO) esittämiin pienhiukkasten vuorokausi- ja vuosiohjearvoihin. Työssä annettiin suosituksia ilmanlaadun ja ihmisten epäpuhtauksille altistumisen näkökulmasta.

Tiivistelmän kuvissa alla on PM₁₀-ja PM_{2.5}-hiukkasten pitoisuudet prosentteina vuorokausiohjearvoista ja vuosiraja-arvoista suunnittelualueen vertailupisteissä. Pisteiden sijainti on esitetty raportissa. Pitoisuudet alittavat ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot sekä nykytilanteessa että ennustevuonna 2040. Nykytilannemallin tyyppioksidipitoisuudet alittavat ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot suunnittelualueella, joskin nykytilanteessa vuorokausiohjearvoon verrannolliset pitoisuudet voivat nousta lähelle ohjearvoa risteysalueilla.



Ilmanlaadun mallinnusten perusteella Tullikamarin aukion pohjoisreunalle Itsenäisyydenkadun varteen voidaan rakentaa viitesuunnitelman mukaiset kerrostalot (II, V, ja XVI). Itsenäisyydenkatua tarkasteltiin työssä myös katukuilumääritelmän suhdelukujen valossa.

Asuinrakennusten tuloilmaan suositellaan pienhiukkassuodatusta, koska sillä voidaan parantaa sisäilman laatua ja vähentää sisäilman hiukkasten pitoisuuksia ja terveysvaikutuksia kaupunkiympäristössä. Rakennus- tai porraskohtaisessa koneellisessa ilmanvaihdossa tuloilma tulee ottaa mahdollisimman korkealta, koska epäpuhtauksien pitoisuudet ovat yläkerroksissa alhaisimmat. Huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa tuloilma tulee ottaa pois päin katualueesta.

Autoliikenteen määrä tulee laskemaan Itsenäisyydenkadulla ennustevuoteen 2040 mennessä ja osa joukkoliikenteestä siirtyy raitiotielle.

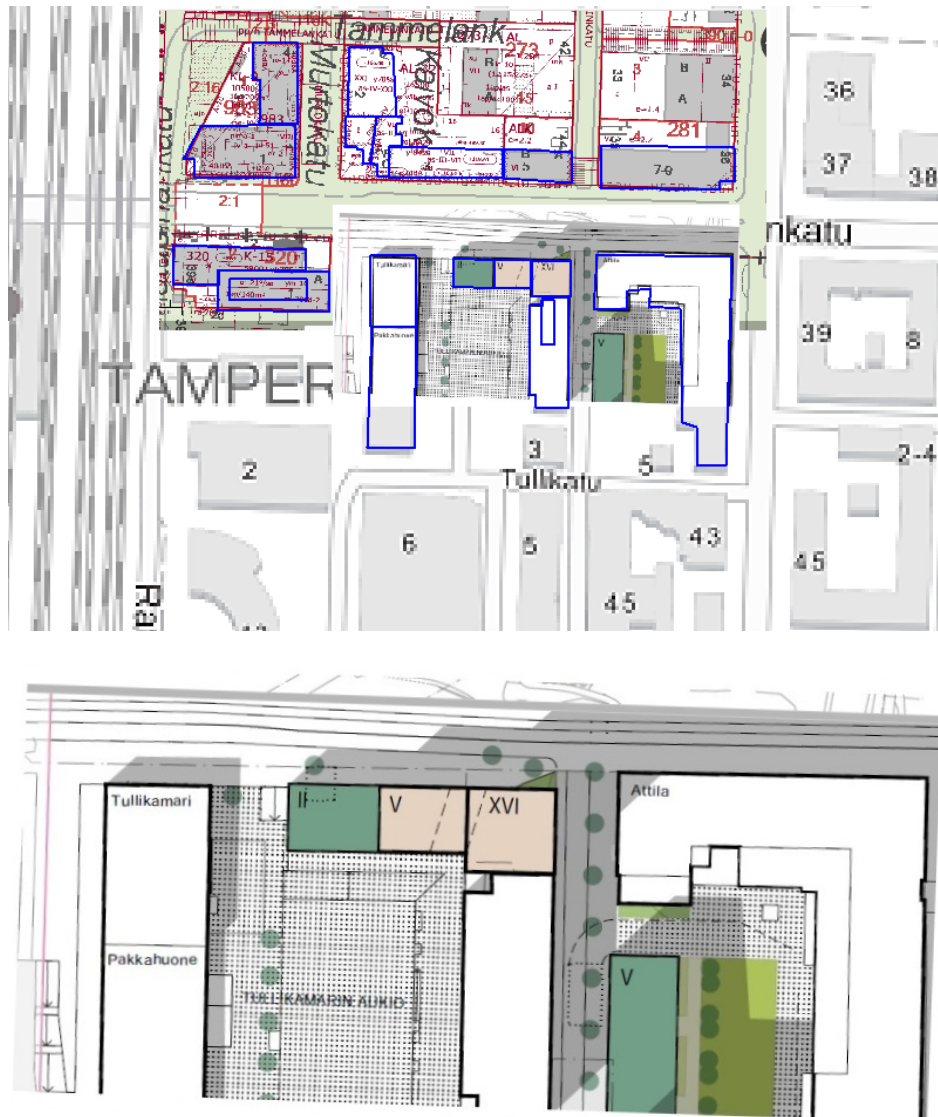
Sisältö

TIIVISTELMÄ	1
1. Johdanto.....	3
2. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot.....	4
2.1 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutuksista	5
2.2 Mitattuja pitoisuuksia Tampereella vuosina 2014-2016.....	5
3. Lähtötiedot mallinnuksessa	6
3.1 Mallinnusohjelma ja sen lähtötiedot	6
3.2 Liikennetiedot ja päästöt	6
4. Mallinnustulokset.....	7
4.1 PM ₁₀ -vuorokausi- ja vuosipitoisuudet –nykytilanne ja v. 2040.....	8
4.1.1 Vertikaalinen ilmanlaatu vuonna 2040.....	8
4.2 PM _{2,5} vuorokausi- ja vuosipitoisuudet –nykytilanne ja v. 2040	9
4.3 Nykytilanteen NO ₂ -pitoisuudet	10
4.4 Johtopäätökset mallinnoista.....	11
4.4.1 Itsenäisyydenkatu katukuiluna	11
5. Yhteenveto ja suositukset	13
6. Mallinnuksen kokonaisepävarmuuteen vaikuttavat tekijät.....	14
LIITE 1. Ilmanlaadun vertailuarvoja	15
LIITE 2. AERMOD-leviämismalli	16
LIITE 3. Liikennepäästöt.....	17
LIITE 4. PM ₁₀ -hiukkasten vuorokausi- ja vuosipitoisuudet – Nykytilanne ja ennustevuosi 2040.....	19
LIITE 5. PM _{2,5} -hiukkasten vuorokausi- ja vuosipitoisuudet – Nykytilanne ja ennustevuosi 2040	21
LIITE 6. Nykytilanteen NO ₂ -pitoisuudet.....	23

1. Johdanto

Tampereella Tullikamarin aukio pohjoisreunaan on suunnitteilla asuinkerrostaloja ja liiketiloja (II, V-, ja XVI-kerrosta, kaava-alue 8662). Suunnittelualue sijaitsee Tullin kaupunginosassa kaupungin ydinkeskustassa, rautatieaseman itäpuolella. Asemakaavamuutos koskee Tullikamarin aukiota, tontteja nro 310-1 ja 2 sekä Tullikatua, Hammareninkatua ja Pinninkatua.

Tavoitteena on uudistaa Tullikamarin aukio viihtyisäksi kaupunkitilaksi ja monikäyttöiseksi tapahtumapaikaksi, mahdollistaa aukion pohjoislaidan täydennysrakentaminen sekä uudistaa Pinninkatu ja Tullikatu jalankulku- ja pyöräilypainotteisiksi. Itsenäisyydenkadulle rakennetaan raitiotie ja suunnittelualueen kohdalle sijoittuu raitiotiepysäkki. Itsenäisyydenkadun toisella puolella on 6-7 kerroksisia kerrostaloja ja Murtokadun varrella mm. 21-kerroksinen tornitalo. Suunnittelualueen ympäristö ja uudet kerrostalot ovat kuvassa 1.



Kuva 1. Tullikamarin aukion pohjoisosan uudet talot Itsenäisyydenkadun varrella ja lähivaikutusalue.

Leviämismallinnuksen avulla arvioidaan liikenteen aiheuttamien päästöjen leviämistä ja vaikutuksia nykytilanteessa sekä vuoden 2040 liikenne-ennustetilanteessa ja korttelisuunnitelman mukaisessa rakennuskannassa. Työssä mallinnetaan karkeampien hengittävien hiukkasten ($PM_{10} < 10 \mu\text{m}$:n hiukkaskoko, pääosin katupölyä) ja pienhiukkasten ($PM_{2.5} < 2.5 \mu\text{m}$:n hiukkaskoko, ajoneuvopäästöjä ja katupölyn pienhiukkasfraktio) vuorokausi- ja vuosipitoisuudet. Alueellinen tausta huomioidaan mallissa nykytilanteen mukaisesti. Mallinnustuloksia verrataan ilmanlaatuasetuksen PM_{10} - ja $PM_{2.5}$ -hiukkasten vuosiraja-arvoihin (*VNA 79/2017*) sekä kansalliseen PM_{10} -hiukkasten vuorokausi-ohjearvoon (*VNp 480/1996*) ja Maailman terveysjärjestön (*WHO*) esittämiin pienhiukkasten vuorokausi- ja vuosiohjearvoihin. Nykytilannemalli tehdään myös liikenteen typenoksidipäästöille ja typpidioksidin ulkoilman pitoisuuksia verrataan NO_2 :n ilmanlaadun ohjearvoon ja vuosiraja-arvoon.

Ilmanlaadun mallinnuksen tavoitteena on selvittää suunnitelman toteutuskelpoisuus huomioitaessa alueelliset ilmanlaatuasiat pitkälle tulevaisuuteen. Hyvällä suunnittelulla ja erilaisten toimintojen harkitulla sijoituksella pyritään vähentämään ja välttämään ihmisten pitkäaikaista altistumista haitallisen korkeille ilman epäpuhtauspitoisuuksille sekä estämään ennakolta haitallisia terveysvaikutuksia. Työssä arvioidaan korttelisuunnitelman rakennussijoittelua ilmanlaadun ja ihmisten altistumisen kannalta sekä annetaan suosituksia asuinhuoneistojen ilmanvaihdosta ja esim. piha-alueiden sijoittamisesta alueelle tulevaisuuden liikennetilanteessa.

Työn on tilannut Tampereen kaupunki. Ilmanlaatumallinnukset on tehnyt Enwin Oy:ssä Tarja Tamminen ja Ari Tamminen.

2. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot

Ilmanlaadun vertailuarvoja ovat ns. ilmanlaadun raja-arvot (yhteiset EU:n alueella, *VNA 79/2017*) ja kansalliset vain Suomessa voimassa olevat ilmanlaadun ohjearvot (*VNp 480/1996*). Lisäksi Maailman terveysjärjestö WHO on antanut mm. terveysperusteiset vuorokausi- ja vuosipitoisuuden ohjearvot mm. pienhiukkasille ($< 2.5 \mu\text{m}$:n hiukkaskoko). Ilmanlaadun vertailuarvot on esitetty **Liitteessä 1**.

Kansalliset ohjearvot on otettava huomioon mm. alueidenkäytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa. Tavoitteena on, että suunnittelun avulla ohjearvojen ylittyminen estetään ennakolta. Lyhytaikaispitoisuuksien (tunti ja vrk) ohjearvot on annettu ensisijaisesti terveydellisin perustein. Ohjearvojen asettamisessa on pyritty ottamaan huomioon muun muassa ilman epäpuhtauksien vaikutukset herkkiin väestöryhmiin, kuten lapsiin, vanhuksiin ja hengityselinsairaisiin. *VNp 480/1996*

EU:n yhteiset raja-arvot määrittelevät suurimmat hyväksyttävät ilman epäpuhtauksien pitoisuudet, joita ei saa ylittää. Raja-arvot on pääosin annettu terveyshaittojen ehkäisemiseksi alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä. Kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi on annettu ns. kriittiset arvot (vuosipitoisuudet) typenoksideille ja rikkidioksidille. Raja-arvojen ylittyessä viranomaisten tulee ryhtyä toimenpiteisiin pitoisuuksien alentamiseksi. *VNA 79/2017*

Hiukkasille ei ole annettu lyhytaikaisia esim. tuntipitoisuuden ohje- tai raja-arvoja vaan merkittäviä terveysvaikutuksia ilmenee yleensä vasta pitempiaikaisesta altistuksesta.

2.1 Ilman epäpuhtauksien terveysvaikutuksista

Liikenne on merkittävä ilmanlaatuun vaikuttava tekijä taajamissa. Alueidenkäytön suunnittelussa tulee huomioida ilmanlaatuasiat ja pyrkiä vähentämään ihmisten pitkäaikaista altistusta mm. liikenteen päästöille myös suunnittelun keinoin. Liikenteen pakokaasupäästöjä pidetään haitallisina ihmisten terveydelle, erityisesti siksi, että ne muodostuvat matalalla ja purkautuvat suoraan hengityskorkeudelle. Hiukkaspäästöjen lisäksi muita kaupunki-ilman liikenneperäisiä ja suurina pitoisuuksina myös terveydelle haitallisia epäpuhtauksia ovat mm. typenoksidit ($\text{NO}_x = \text{NO}$ ja NO_2), joista typpidioksidi on typpimonoksidia haitallisempaa. Esimerkiksi henkilöautojen sähköistuminen tulevaisuudessa tulee todennäköisesti vähentämään typpidioksidin pitoisuuksia ja haittoja.

Ulkoilman hiukkaspitoisuudet ovat yksi ilman epäpuhtauspitoisuuksista, joilla on merkitystä paitsi ihmisten viihtyvyyteen (karkeimmat hiukkaset) myös terveyteen (pienemmät hiukkaset). Hiukkasten haitallisuus riippuu paitsi hiukkasten koosta ja muista fysikaalisista ominaisuuksista myös kemiallisesta koostumuksesta; orgaanisesta ja epäorgaanisesta aineksestä. Yhdyskuntailman hiukkaset muodostuvat mm. sulfaateista, nitraateista, ammoniakista, mustasta hiilestä ja mineraalipölystä. Niissä on yleensä vähemmän esim. raskasmetalleja kuin teollisuusperäisissä hiukkasissa.

Suuret näkyvät pölyhiukkaset vaikuttavat erityisesti viihtyvyyteen ja aiheuttavat näkyvää likaantumista. Niiden terveysvaikutukset jäävät vähäisiksi, koska ne eivät pääse pitkälle ihmisen hengityselimissä. Myös ns. hengitettävistä hiukkasista (PM_{10} , $< 10 \mu\text{m}$ hiukkaskoko) kokoluokan suurimmat hiukkaset jäävät yleensä ylempiin hengitysteihin ja ovat siten vähemmän haitallisia kuin pienemmät hiukkaset. PM_{10} -hiukkaset ovat pääosin peräisin katupölystä (renkaat, jarrut ja liukkaudentorjunta, tien pinnan kuluminen). Ne voivat myös aiheuttaa ylempien hengitysteiden sairauksia, sekä erilaisten hengityselinsairauksien mm. astman pahenemista esim. kevätpölyaikaan. PM_{10} -hiukkasissa on mukana myös kokoluokaltaan pienempiä hiukkasia. Terveydelle haitallisempi hiukkasfraktio ns. $\text{PM}_{2.5}$ hiukkaset kuuluvat osana PM_{10} -hiukkasiin.

Pahimmat terveyshaitat liittyvät erityisesti pienhiukkasiin ($\text{PM}_{2.5} < 2.5 \mu\text{m}$:n kokoluokka), joista osa voit päätyä hengitysilmän mukana syväälle keuhkoihin aina keuhkorakkuloihin saakka. Ne voivat lisätä sairastuvuutta akuutteihin tai kroonisiin tauteihin, kuten hengityselinsairauksiin sekä sydän- ja verisuonitauteihin. Pienhiukkasten osalta täysin haitatonta kynnyspitoisuutta ei ole voitu osoittaa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että ihmisten kuolleisuus korreloi kaupunki-ilman pienhiukkaspitoisuuksien kanssa¹.

Liikenteen ja teollisuuden lisäksi myös pienpoltto pientaloalueilla sekä kaukokulkeuma aiheuttavat merkittävän osan alueellisista episodimaisista pienhiukkaspitoisuuksista.

2.2 Mitattuja pitoisuuksia Tampereella vuosina 2014-2016

Tampereen kaupunki mittaa ilman epäpuhtauspitoisuuksia kiinteillä mittausasemilla Pirkankadulla, Epilässä, Linja-autoasemalla ja Kalevassa. Taulukkoon 1 on koottu viimeisimpien vuosiraporttien (2014-2015-2016²) mittaustuloksia ulkoilman epäpuhtauspitoisuuksista.

¹ ESCAPE - European Study of Cohorts for Air Pollution Effects, <http://www.escapeproject.eu/>

²Tampereen kaupunki, Tampereen ilmanlaatu 2016. Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset, Tampere, Ympäristönsuojelun julkaisu 1/2017. Tampereen Kaupunki, Tampereen Ilmanlaatu 2015. Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset, Tampere, Ympäristönsuojelun julkaisu 1/2016. Tampereen Kaupunki, Tampereen Ilmanlaatu 2014. Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset, Tampere, Ympäristönsuojelun julkaisu 2/2015.

Taulukko 1. PM₁₀-hiukkasten ja pienhiukkasten (PM_{2.5}) ja typpidioksidin (NO₂) mitattuja pitoisuuksia Tampereella vuonna 2014-2015-2016.

Lähde: Tampereen ilmanlaaturaportit 2014-2015-2016, Tampereen kaupunki

Mittauspiste 2014-2015-2016	PM ₁₀ vuosipitoisuus µg/m ³	PM ₁₀ 2. korkein vuorokausi- pitoisuus µg/m ³	PM _{2.5} vuosipitoisuus µg/m ³	PM _{2.5} korkein vuorokausi- pitoisuus µg/m ³	NO ₂ vuosipitoisuus µg/m ³	NO ₂ 2. korkein vuorokausi- pitoisuus µg/m ³
Pirkankatu	19-17-14	91-100-95			19-18-17	59-46-64
Epilä	17-12-11	139-136-67	9.2-6.6-6.7	39-31-31.5		
Linja- autoasema			8.3-7.3-6.9	28-25--21.3	21-23-22	62-55-49
Kaleva			7.6-6.0-6.3	28-20-19.7	11-11-11	52-34-37
Ohje- tai raja- arvopitoisuus	40 (raja)	70 (ohje)	10 (ohje) 25 (raja)	25 (ohje)	40 (raja)	70 (ohje)

3. Lähtötiedot mallinnuksessa

3.1 Mallinnusohjelma ja sen lähtötiedot

Tässä ilmanlaatuselvityksessä ilman epäpuhtauksien mallinnettiin käyttäen AERMOD-leviämismallinnusohjelmistoa. Malliohjelman yleiset lähtötiedot, mm. meteorologinen aineisto on esitetty **Liitteessä 2**.

3.2 Liikennetiedot ja päästöt

Ilmanlaadun kannalta merkittävimmät lähipäästöt muodostuvat Itsenäisyydenkadulta, yläpuolella sijaitsevalta Ratapihankadulta sekä poikkiliikenteestä Tammelan puistokadulla ja Yliopistonkadulla.

Alueen nopeusrajoitus on pääteillä sekä nykytilanteessa että tulevaisuudessa 40 km/h. Tullin alueella nopeusrajoitus on 30 km/h. Tulevaisuudessa Tullikatu, Pinninkatu ja Hammareninkatu rauhoitetaan pääosin kävelijöille ja pyöräilijöille. Nykytilanteessa siellä on lähinnä kauppojen huolto liikennettä ja liikennettä pysäköintitaloihin (Tullitie, Hammareninkatu ja Pinnintie).

Raitiotien pysäkit tulevat sijaitsemaan suunnittelualueen läheisyydessä. Itsenäisyydenkadulla kulkee kaksi raitiotielinjaa: Tays ja Hervanta. Liikennearvio vuonna 2040 molemmalla linjalla on n. 400 vaunua/vrk/linja eli Itsenäisyydenkadulla yhteensä n. 800 vaunua/vrk. Tällöin ruuhka-aikana liikennöintiväli on n. 5 minuuttia.

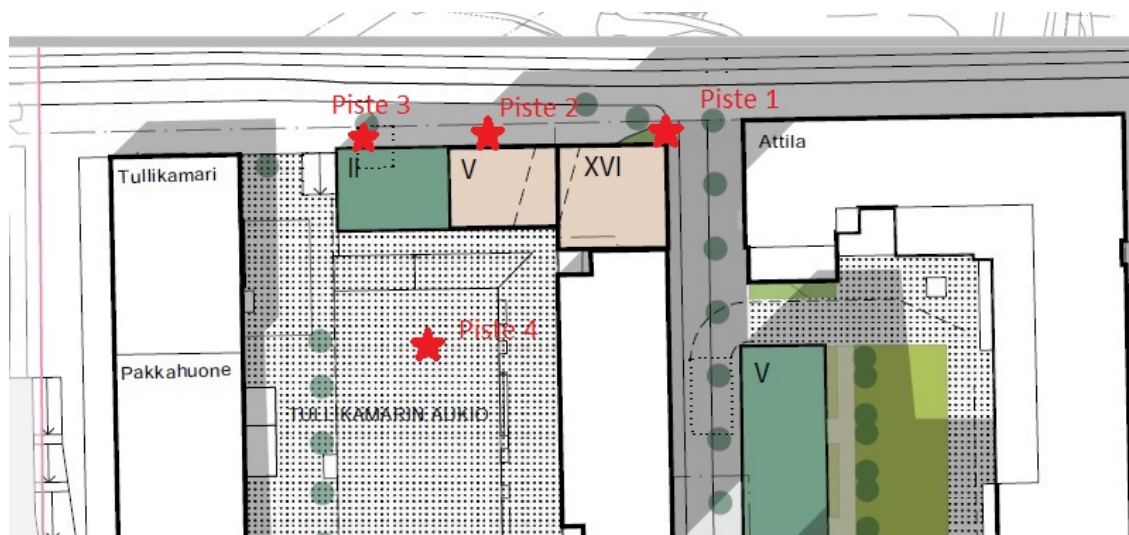
Suunnittelualueen lähiteiden tieliikenne nykytilanteessa ja vuoden 2040 ennustetilanteessa on taulukossa 1. Liikennepäästöjen laskenta ja päästöt on esitetty **liitteessä 3**.

Taulukko 1. Liikennemäärät suunnittelualueen lähialueella nykytilanteessa ja vuoden 2040 ennustetilanteessa.				
TULLIKAMARIN AUKIO	Ajon/vrk 2018	Raskasliikenne % osuus	Ajon/vrk 2040	Muutoskerroin
Itsenäisyydenkatu (ennen Yliopistonkatua)	11800	13.4 %	9000	0.76
Itsenäisyydenkatu (Yliopistonkadun jälkeen)	14400	8.9 %	12000	0.83
Raitiotieliikenne Itsenäisyydenkadulla			800	
Tammelan puistokatu	7200	3.1 %	8600	1.19
Yliopistonkatu	9600	5.8 %	10600	1.10
Ratapihankatu	7800	1.1 %	12000	1.54

4. Mallinnustulokset

PM₁₀ ja PM_{2.5}-hiukkasten vuorokausi- ja vuosipitoisuudet laskettiin lähialueen havaintopisteisiin ja niistä piirrettiin aluejakaumakuvat liikenteen nykytilanteessa ja vuoden 2040 ennustetilanteessa (Liitteet 4-5). Nykytilanteen typpidioksidipitoisuudet on esitetty aluejakaumina liitteessä 6.

Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset hiukkaspitoisuudet taulukoitiin suunnittelualueen vertailupisteisiin nykytilanteessa ja vuoden 2040 liikennetilanteessa. Vertailupisteiden numerot ja sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 2). Myös nykytilanteen mallin vertailupisteet ovat samat (ilman rakennuksia).



Kuva 2. Ilmanlaadun vertailupisteet suunnittelualueella.

4.1 PM₁₀-vuorokausi- ja vuosipitoisuudet –nykytilanne ja v. 2040

PM₁₀-hiukkasten ulkoilmapitoisuuksien aluejakaumakuvakuvat nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040 ovat liitteessä 4.

Taulukossa 3 on PM₁₀-hiukkasten vuorokausiohjearvoihin ja vuosiraja-arvoihin verrannolliset korkeimmat pitoisuudet suunnittelualueen vertailupisteissä.

Taulukko 3. PM ₁₀ -hiukkasten pitoisuudet vertailupisteissä nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040. (vrk- ohjearvoon ja vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet)				
Ohje- ja raja-arvot	Vrk- ohjearvo on70 µgPM ₁₀ /m ³		Vuosiraja-arvo on40 µgPM ₁₀ /m ³	
	vertailupiste	PM ₁₀ 2. vrk Nyky	PM ₁₀ 2. vrk 2040	PM ₁₀ vuosi Nyky
Piste 1, XVI	60	53	16.4	15.3
Piste 2, V	57	51	16.2	15.2
Piste 3, II	56	51	16.1	15.2
Piste 4, Tullikamarin aukio	45	43	14.8	14.3

PM₁₀-hiukkasten vuorokausipitoisuudet ovat:

- Suunniteltujen kerrostalojen Itsenäisyydenkadun puoleisilla sivuilla
 - Nykytilanteessa 80-86 % PM₁₀-vrk-ohjearvosta
 - Ennustevuonna 73-76 % PM₁₀-vrk-ohjearvosta
- Tullikamarin aukiolla
 - Nykytilanteessa 64 % PM₁₀-vrk-ohjearvosta
 - Ennustevuonna 61 % PM₁₀-vrk-ohjearvosta

PM₁₀-hiukkasten vuosipitoisuudet jäävät selvästi alle PM₁₀-hiukkasten vuosiraja-arvon 40 µg/m³. PM₁₀-vuosipitoisuudet ovat vertailupisteissä nykytilanteessa n.37- 41 % vuosi-raja-arvosta ja ennustevuonna 36- 38% vuosiraja-arvosta.

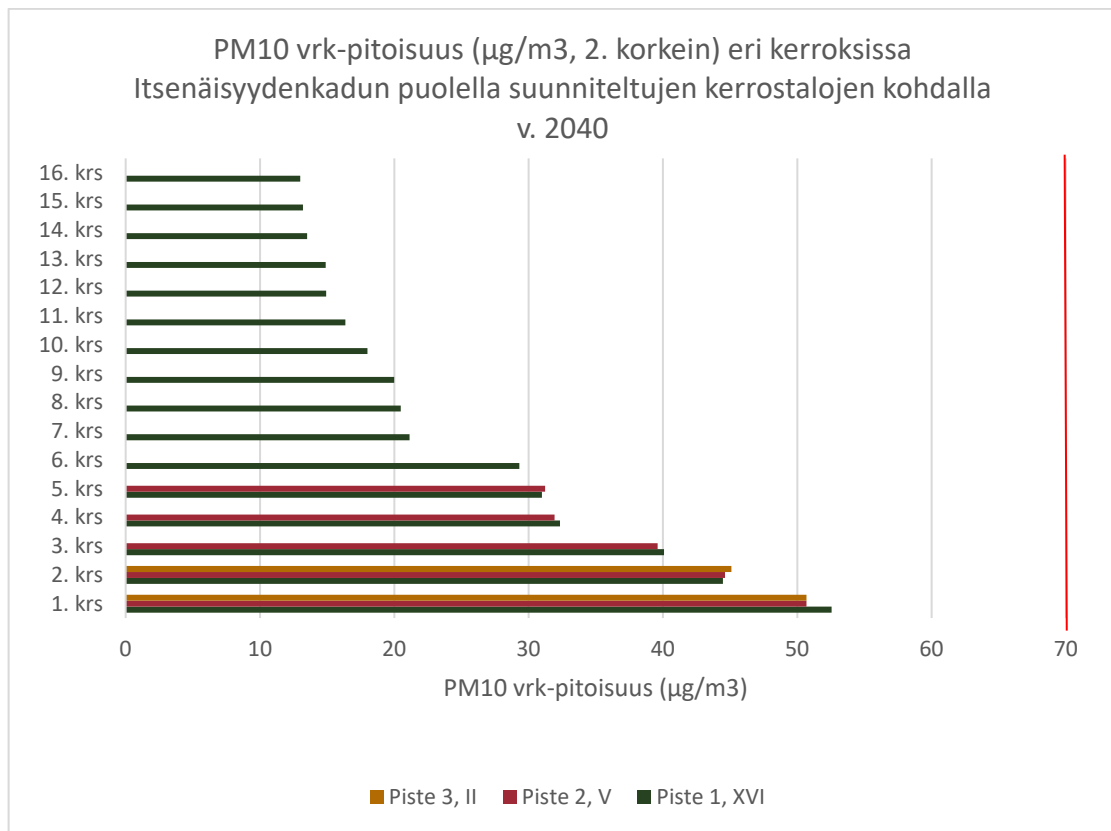
Aluejakaumakuvat ovat liitteessä 4.

4.1.1 Vertikaalinen ilmanlaatu vuonna 2040

Vertikaaliset PM₁₀-vuorokausipitoisuudet suunniteltujen talojen eri kerroksiin (II, V ja XVI) laskettiin vertailupisteisiin 1-3 Itsenäisyydenkadun puoleisille sivuille ennustetilanteessa 2040 (Kuva 3).

Hiukkaspitoisuudet laskevat yläkerroksia kohti mentäessä. Seitsemännen kerroksesta ylöspäin pitoisuudet lähenevät vuorokausipitoisuuden kaupunkitaustaa. Itsenäisyydenkadun ns. katukuilumaisuus vähenee seitsemännen-kahdeksannen kerroksen kohdalla, jolloin ilman sekoittuminen ylhäällä vielä entisestään paranee ja pitoisuudet laimenevat. Alimpien kerrosten PM₁₀-vuorokausipitoisuudet jäävät Itsenäisyydenkadulla myös alle PM₁₀-hiukkasten ohjearvotason vuoden 2040 liikenne-ennusteen mukaisella liikenteellä (73-76 % PM₁₀:n vrk-ohjearvosta).

Talojen kattotasolle on suunnitteilla terassipihoja, jotka ilmanlaadun näkökulmasta ovat mahdollisia.



Kuva 3. Vuorokausiohjearvoon verrannolliset PM_{10} -pitoisuudet eri kerroksissa vuonna 2040, vertailupisteet 1-3.

4.2 $\text{PM}_{2.5}$ vuorokausi- ja vuosipitoisuudet –nykytilanne ja v. 2040

$\text{PM}_{2.5}$ -hiukkasten ulkoilmapitoisuuksien aluejakaumakuvakuvat nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040 ovat liitteessä 5.

Pienihiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoihin ja vuosiarvoihin verrannolliset korkeimmat pitoisuudet suunnittelualueen vertailupisteissä on taulukossa 4.

Taulukko 4. $\text{PM}_{2.5}$ -hiukkasten pitoisuudet vertailupisteissä nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040. (WHO:n ohjearvoihin verrannolliset vrk- ja vuosipitoisuudet sekä vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet)				
Ohje- ja raja-arvot	WHO:n vrk- ohjearvo $25 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$		Vuosiohjearvo $10 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ Vuosiraja-arvo $25 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$	
	$\text{PM}_{2.5}$ 1. vrk Nyky	$\text{PM}_{2.5}$ 1. vrk 2040	$\text{PM}_{2.5}$ vuosi Nyky	$\text{PM}_{2.5}$ vuosi 2040
Piste 1, XVI	15.8	12.3	7.2	6.6
Piste 2, V	15.2	12.3	7.2	6.6
Piste 3, II	15.1	12.6	7.2	6.6
Piste 4, Tullikamarin aukio	12.7	11.3	6.8	6.5

PM_{2.5}-hiukkasten korkeimmat vuorokausipitoisuudet ovat:

- Suunniteltujen kerrostalojen Itsenäisyydenkadun puoleisilla sivuilla
 - Nykytilanteessa 60-63 % WHO:n vrk-ohjearvosta
 - Ennustevuonna 49-50 % WHO:n vrk-ohjearvosta
- Tullikamarin aukiolla
 - Nykytilanteessa 51 % WHO:n vrk-ohjearvosta
 - Ennustevuonna 45 % WHO:n vrk-ohjearvosta

Vuosipitoisuudet alittavat WHO:n vuosipitoisuuden ohjearvon 10 µg/m³ sekä nykytilanteessa että ennustevuonna. Myös Ilmanlaatu-asetuksen (79/2017) mukainen pienhiukkasten vuosiraja-arvo 25 µg/m³ alittuu selvästi. Kerrostalojen kohdalla vuosipitoisuudet ovat ennustevuonna 2040 n. 6.6 µgPM_{2.5}/m³. Korkeammat pienhiukkaspitoisuudet nykytilanteessa selittyvät mm. Itsenäisyydenkadun korkealla raskaan liikenteen osuudella ja mm. linja-autojen nykytilanteen hiukkaspäästökerroilla. Suorien pienhiukkaspitoisuuksien väheneminen vuoteen 2040 mennessä näkyy ilmanlaadussa eniten tiealueiden ja aivan tien lähialueen pitoisuuksien alenemisena. Osa pienhiukkaspäästöstä on mallissa katupölyn pienhiukkasfraktiota.

Kokonaisuutena katupölyn määrä ja sen pienhiukkasfraktio voi vaihdella tulevaisuudessa riippuen mm. rengasvalinnoista, tienpintamateriaaleista ja tien puhdistuksesta erityisesti kevätpölyaikaan. Pienhiukkasten kaukokulkeumaepisodien (esim. metsäpalot Euroopassa tai Venäjällä) aikana pienhiukkasten vuorokausiohjearvot voivat myös satunnaisesti ylittyä. Tällöin ylityksiä voi tapahtua laajemmin alueellisesti muuallakin Tampereen alueella. Pienhiukkaset ovat terveydelle haitallisia, koska ne voivat päästä hengitysilman mukana syvälle keuhkoihin.

4.3 Nykytilanteen NO₂-pitoisuudet

Suunnittelualueelle mallinnettiin myös nykyliikenteen typenoksidipäästöjen leviäminen. Typpidioksidipitoisuuksien aluejakaumat nykytilanteessa on esitetty liitteessä 6.

Typpidioksidin vuorokausiohjearvoihin ja vuosiraja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet suunnittelualueen vertailupisteissä nykytilanteessa on taulukossa 5.

Taulukko 5. Typpidioksidipitoisuudet vertailupisteissä nykytilanteessa		
Ohje- ja raja-arvot	NO ₂ vrk- ohjearvo 70 µgNO ₂ /m ³	NO ₂ vuosiraja-arvo 40 µgNO ₂ /m ³
vertailupiste	NO ₂ 2.vrk Nyky	NO ₂ vuosi Nyky
Piste 1, XVI	65	22.4
Piste 2, V	63	21.8
Piste 3, II	67	21.5
Piste 4, Tullikamarin aukio	44	16.4

Nykytilanteessa suunnittelualueella typpidioksidin vuorokausipitoisuudet ovat korkeimmillaan n. 63-96 % vrk-ohjearvosta 70 µgNO₂/m³ ja vuosipitoisuudet ovat 41-56 % vuosiraja-arvosta 40 µgNO₂/m³. Risteyalueilla pitoisuudet voivat nousta vuorokausiohjearvotasoon 70 µgNO₂/m³. Itsenäisyydenkadun raskaan liikenteen osuus ennen Yliopistonkatua oli mallissa 13.4 %.

Mallinnuksella haluttiin tarkastella Itsenäisyyskadun typpidioksidipitoisuuksia, kun nykytilanteessa tieosuudella liikkuu suhteellisen paljon bussiliikennettä. Typpidioksidin tulevaisuusskenaariota ei tässä selvityksessä tehty. Kaikkien autojen typpidioksidipäästöt pienenevät tulevaisuudessa päästönormien tiukentumisen ja autokannan uusiutumisen vuoksi. Vuonna 2040 on oletettavaa, että typenoksidipäästöjä muodostuu suurimmaksi osaksi raskaasta liikenteestä, joskin osa linja-autoliikenteestäkin siirtynee sähköisiin busseihin. Liikennepoliittiset päätökset tulevat vaikuttamaan päästövähennykseen.

Typpidioksidipitoisuuteen vaikuttaa aina myös typenoksidien ilmakemia. Tällöin mm. otsonipitoisuus ei ehkä tulevaisuudessa olekaan merkittävästi rajoitettava tekijä typpimonoksidin hapettumisessa vaan nykyistä suurempi osuus päästöjen typpimonoksidista voi mahdollisesti hapettua typpidioksidiksi jo tien lähialueilla.

4.4 Johtopäätökset mallinnoista

Merkittävimmän suunnittelualueen ilmanlaatuun vaikuttava tekijä on Itsenäisyyskadun liikenne. Ennustevuoteen 2040 mennessä Itsenäisyyskadun autoliikenne vähenee jonkin verran nykytilanteesta (11800 ajon/vrk → 9000 ajon/vrk) ja osa joukkoliikenteestä siirtyy raitiotielle (kaksi linjaa n. 800 vaunua/vrk). Nopeusrajoitukset alueella ovat 30-40 km/h.

Tulevaisuusskenaarioiden mukaan näyttää siltä, että PM_{10} - ja $PM_{2.5}$ -hiukkasten pitoisuudet alittavat ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot Itsenäisyyskadun varrella suunnittelualueen ympäristössä. Kaksi, viisi- ja kuusitoistakerroksiset talot voidaan ilmanlaadun näkökulmasta rakentaa Tullikamarin aukion pohjoislaitaan Itsenäisyyskadun varteen. Taloilla on osaltaan suojaavakin vaikutus Tullikamarin aukion ilmanlaatuun.

Myös typpidioksidipitoisuudet nykytilanteessa alittavat ohje- ja raja-arvot suunnittelualueella. Sähköistyvä liikennekehitys ennakoitua tulevaisuudessa pieneneviä typenoksidipäästöjä. Typenoksidien ilmakemia vaikuttaa kuitenkin muodostuviin typpidioksidipitoisuuksiin eikä päästövähennys ole siten suoraan verrannollinen ulkoilman pitoisuuksiin.

Uusien rakennusten kohdalla mallinnetut PM_{10} -vuorokausipitoisuudet olivat vuoden 2040 tilanteessa 51-53 $\mu g PM_{10}/m^3$, 73-76 % vrk-ohjearvosta). Vuosipitoisuudet olivat ennustevuonna suunnittelualueella n. 15 $\mu g/m^3$ eli noin 38 % vuosiraja-arvosta (40 $\mu g PM_{10}/m^3$).

Pienhiukkaspitoisuudet ($PM_{2.5}$ -hiukkaset) alittivat suunnittelualueella WHO:n vuorokausi- ja vuosiohjearvot. Liikenteen suorat pienhiukkaspäästöt tulevat pienenevän, mutta osa katupölystä on pienhiukkasia. $PM_{2.5}$ -hiukkasten ulkoilmapitoisuuksien arvioidaan kuitenkin laskevan ennustevuoteen mennessä. Raitiotien hiukkaspäästöistä suuri osa on pienhiukkasta, mutta sen osuus kokonaisliikennepäästöistä jää kuitenkin pieneksi. Käytettävissä olevissa päästökertoimissa ei kerrota onko mm. vaunujen jarruhiekka mukana kertoimissa.

4.4.1 Itsenäisyyskatu katukuiluna

Kaupunkirakenteessa katukuiluiksi määritellään kadut, joiden molemmin puolin on tiivistä ja suhteellisen korkeaa rakennuskantaa. Katukuiluissa päästöjen leviämiseen ja pitoisuuksien muodostumisen vaikuttaa paitsi liikenteen määrä myös kadun leveys ja sitä reunustavien rakennusten korkeus, pituus ja monimuotoisuus. Katukuilut voivat aiheuttaa ilmapyörteitä, jolloin ilman ja epäpuhtauksien sekoittuminen ja laimeneminen estyy, millä voi olla vaikutusta ilmanlaatuun rakennusten läheisyydessä.

Itsenäisyydenkadun mittasuhteita tarkasteltiin katukuilujen luokittelun näkökulmasta. Katukuilua kuvataan suhdeluvuilla H/W (=AR=aspect ratio), jossa H on rakennuksen korkeus ja W tien leveys sekä L/W , jossa L on yhtenäisen rakennusmassan pituus tai kahden risteävän kadun etäisyys (aukot kuilussa). Myös kuilun symmetrisyydellä tai epäsymmetrisyydellä on merkitystä. Symmetrisessä katukuilussa rakennusten korkeudet molemmin puolin katua ovat yhtä suuret. Katukuilussa pyörteiden intensiteetin ja muodon määrittelee tuulen nopeus ja tuulen suunta suhteessa kuiluun.

Itsenäisyydenkadun osista laskettiin katukuilumääritelmän mukaisia suhdelukuja, esim. Attilan kohdalla katu on ns. tavanomainen (regular $0.5 < H/W < 2$), mutta lyhyt ($L/W \leq 3$) katukuilurakenne. Myös uusien rakennusten kohdalla katukuilu voidaan luokitella epäsymmetriseksi ja lyhyeksi, koska rakennuskorkeudet eri puolella katua vaihtelevat ja yhtenäisen rakennusmassa pituus on lyhyt suhteessa tiealueen leveyteen ja kadulla on lukuisia aukkoja rakennusten välissä (mm. Pinninkadun pyöräilyreitti, Tullikamarin aukiolle johtava aukko, Murtokatu). Ilma pääsee sekoittumaan ja virtaamaan aukoista ja epäpuhtauspitoisuuksien laimenemista tapahtuu sekä horisontaalisesti että vertikaalisesti.

Katukuilumääritelmän suhdelukujen valossa Itsenäisyydenkadun uudet rakennukset eivät muodosta merkittävää kuilumaista rakennetta. Alustavien viitesuunnitelmien mukaiset uusien rakennusten vaihtelevat rakennuskorkeudet (II, V, XVI) ja aukot rakennusten välissä (kulku Tullikamarin aukiolle, Pinninkadun pyöräilytie jne) ovat ilman sekoittumisen ja epäpuhtauksien laimenemisen kannalta hyviä tässä kohteessa.

Selvityksen perusteella annetaan alla suosituksia (kohta 5).

5. Yhteenveto ja suositukset

Suosituksset alueen ilmanlaatumallinnuksen perusteella:

1. Suunnittelun tavoitteena tulee olla, että kansallisten ilmanlaadun ohjearvojen (*VNp 480/1996*) ja WHO:n ilmanlaadun ohjearvojen ylittyminen estetään ennakoita asuinalueilla. Ilmanlaadun ohjearvot on annettu ensisijaisesti terveydellisiin perusteisiin ja niiden asettamisessa on pyritty ottamaan huomioon muun muassa ilman epäpuhtauksien vaikutukset herkkiin väestöryhmiin, kuten lapsiin, vanhuksiin ja hengityselinsairaisiin. Pienhiukkasten osalta noudatetaan yleisesti WHO:n asettamia ohjearvoja.
2. Ilmanlaatumallinnuksen perusteella Tullikamarin aukion pohjoisreunalle voidaan rakentaa asuinkerrostaloja korttelisuunnitelmassa esitettylle alueelle. Ilmanlaadun nykyiset PM₁₀- ja PM_{2.5}-ohjearvot alittuvat asuinkerrostalojen kohdalla sekä nykytilanteessa että vuoden 2040 liikenteen ennustetilanteessa. Alhainen nopeusrajoitus osaltaan pienentää ilmanlaatuhaittoja.
3. Uusien rakennusten tulee olla korkeudeltaan vaihtelevia, kuten alustavassa viitesuunnitelmassa on esitetty (kerrostalot II, V; XVI). Tällöin Itsenäisyydenkadulle ei muodostu merkittävää katukuilurakennetta vaan ilma pääsee sekoittumaan ja epäpuhtaudet laimenemaan. Lisäksi Itsenäisyydenkadun poikkikadut, suunnitellut pyöräilyreitit ja kulkuväylät aukiolle lisäävät ilmvirtausten sekoittumista ja epäpuhtauksien laimenemista.
4. Talojen kattotasoiille on suunnitteilla terassipihoja, jotka vertikaalisen mallinnuksen ja kerrosten ilmanlaadun näkökulmasta ovat mahdollisia toteuttaa.
5. Tullikamarin aukio on tarkoitettu tapahtumapaikaksi ja yhteiseksi kaupunkitilaksi. Siellä ilmanlaatu alittaa ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot. Uudet kerrostalot myös osaltaan suojaavat Tullikamarin aukiota liikennepäästöiltä.
6. Mahdollisten maanalaisten parkkihallien ilmanvaihto tulee suunnitella niin, että hallien hiukkaspäästöt eivät purkautu suoraan Tullikamarin aukiolle. Hallin poistoilma tulee johtaa riittävän ylös ja samalla huomioida, ettei se purkautu asuinkerrostalojen kerroksiin.
7. Rakennusten tuloilmaan suositellaan hiukkassuodatusta (esim. F8/F9, HEPA; *SFS-EN 779:2012*), koska sillä voidaan parantaa sisäilman laatua ja vähentää pienhiukkasten terveysvaikutuksia kaupunkialueella.
8. Rakennus- tai porraskohtaisessa koneellisessa ilmanvaihdossa tuloilma tulee ottaa korkealta, koska epäpuhtauksien pitoisuudet ovat yläkerroksissa alhaisimmat.
9. Koneellinen ilmanvaihto voidaan ilmanlaadun puolesta toteuttaa myös huoneistokohtaisena ilmanvaihtona, erityisesti, jos tuloilma voidaan ottaa pois päin katualueesta.
10. Tullikamarin aukion ilmanlaatua voidaan hieman parantaa myös kasvillisuudella. Kasvillisuus sitoo suurempia hiukkasia ja hiilidioksidia ja tuottaa happea ja sillä on yleistä viihtyvyyttä lisäävä vaikutus.
11. Katupölyn ilmanlaatuvaikutuksia voidaan paikallisesti vähentää tiealueiden ja aukoiden sekä parkkihallien puhtaanapidolla ja säännöllisellä pesulla. Myös likaisten lumikasojen poiskuljetus vähentää katupölyn määrää keväällä. Raitiotien jarruhiekan poistoon tulee kiinnittää huomiota.

6. Mallinnuksen kokonaisepävarmuuteen vaikuttavat tekijät

Mallinnuksessa eri tekijät on pyritty huomioimaan nykyisen parhaan käyttökelpoisen tietämyksen perusteella. Eniten mallinnustuloksiin vaikuttaa liikenteen määrä ja liikenteen laatu lähiteillä, meteorologia, taustapitoisuudet sekä maaston muoto.

Tulevaisuuteen pohjautuvien mallinnusten epävarmuuteen vaikuttavat erityisesti lähiteiden liikennemäärätiedot ja liikenteen ajosuoritteiden jakautuminen erityyppisten ajoneuvojen kesken sekä näiden ajoneuvojen päästökertoimien kehitys tulevaisuudessa. Myös tulevaisuuden sääolosuhteet (tuulisuus, sateisuus, pakkaskaudet) voivat muuttua nykytilanteesta, mikä voi vaikuttaa mm. inversiotilanteiden yleisyyteen, liukkaudentorjuntatarpeisiin ja myös päästöjen leviämiseen, mm. katupölyn hiukkaspäästöjen osalta.

Ajoneuvokannan uudistuminen ja mahdollinen sähköistyminen sekä EURO-päästönormien tiukentuminen eri ajoneuvoluokissa tulee pienentämään suoria ajoneuvojen pienhiukkaspäästöjä ja typenoksidipäästöjä. Typenoksidien ilmakemia vaikuttaa muodostuviin typpidioksidipitoisuuksiin eikä päästövähennä ole suoraan verrannollinen ulkoilman pitoisuuksiin. Pienhiukkaspäästöjä muodostuu myös katupölyn hienofraktiosta. Raitiotien hiukkaspäästöt ovat pääosin pienhiukkasia, osa raide- ja rengaskulumaa ja osa jarruhiekan aiheuttamaa. Raitioteiden päästökertoimista on tällä hetkellä vähän tietoa.

Katupölyn määrään vaikuttaa tulevaisuudessa paitsi ajoneuvojen määrä ja laatu myös ilmaston kehitys ja tarve liukkaudentorjuntaan. Myös ajonopeuksilla on vaikutusta resuspension määrään. Katujen siivoustekniikat ja pölynsidontatoimet kehittyvät ja ylipäättään katujen puhdistamista ja mm. lumenajoa voidaan kaupungeissa tehostaa, jolloin pölyn vaikutuksia ja pitoisuuksia teiden lähiympäristössä voidaan vähentää. Koulujen ympäristöt ja vilkkaat kadut, joissa on jalankulkuosuudet, tulee puhdistaa ensimmäisinä.

Pienhiukkaspitoisuuksien episodimaisiin korkeimpiin lyhytaikaisiin pitoisuuksiin vaikuttaa eniten kaukokulkeuma mm. maan rajojen ulkopuolelta ja pitempiaikaisiin pitoisuuksiin vaikuttaa yleinen taustapitoisuus Suomessa. Kaukokulkeuma vaikuttaa ilmanlaatuun myös vähäliikenteisillä alueilla. Pientaloalueiden pienpoltto vaikuttavat pienhiukkaspitoisuuksiin paikallisesti.

LIITE 1. Ilmanlaadun vertailuarvoja

Taulukko 1/L1. Ilmanlaadun ohjearvot hengitettävälle hiukkasille (PM ₁₀) ja typpidioksidille (NO ₂). Lähde: VNP 480/1996		
Aine	Ohjearvo, (20 °C, 1atm)	Tilastollinen määrittely
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	70 µg/m ³	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Typpidioksidi (NO ₂)	150 µg/m ³	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 µg/m ³	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Taulukko 2/L1. Hengittävien hiukkasten, pienhiukkasten ja typpidioksidin (PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO ₂) ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi. NO _x :n kriittinen taso on annettu kasvillisuuden suojelemiseksi. Lähde: VNA 79/2017				
Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo, µg/m ³ *	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa	Ajankohta, josta lähtien raja-arvot ovat olleet voimassa
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia kalenterivuosi	50 µg/m ³ *	35	1.1.2005
		40 µg/m ³	-	1.1.2005
Pienhiukkaset (PM _{2.5})	kalenterivuosi	25 µg/m ³	-	1.1.2010
Typpidioksidi (NO ₂)	1 tunti kalenterivuosi	200 µg/m ³	18	1.1.2010
		40 µg/m ³	-	1.1.2010
Typen oksidit (NO _x =NO+NO ₂) kasvillisuus	kalenterivuosi	30 µg/m ³	-	15.8.2001

*Kaasumaisilla yhdisteillä tulokset ilmaistaan 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa. Hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa

Taulukko 3/L1. Pienhiukkasten (PM _{2.5}) WHO:n ohjearvot. Lähde: Maailman terveysjärjestö, WHO	
	Pitoisuus
WHO / PM _{2.5} vuorokausiohjearvo	25 µg/m ³
WHO PM _{2.5} vuosiohjearvo	10 µg/m ³

LIITE 2. AERMOD-leviämismalli

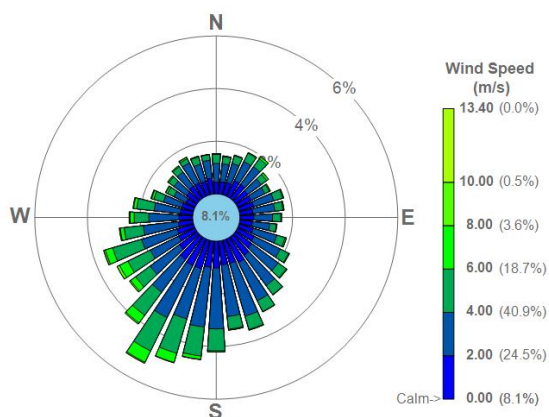
Päästöjen leviämisen mallinnus tehtiin epäpuhtauspäästöjen leviämistä kuvaavalla US EPAn matemaattis-fysikaalisella **AERMOD** -mallilla. Malli soveltuu sekä hiukasmaisten että kaasumaisten epäpuhtauskomponenttien sekä hajujen leviämisen tarkasteluun ja sillä voidaan tarkastella yhtä aikaa useamman päästölähteen yhteisvaikutusta alueen ulkoilmapitoisuuksiin. Mallia käytetään laajasti ilmanlaadun selvityksissä USA:n lisäksi myös muualla Euroopassa ja mm. Ruotsissa. AERMOD on myös hyväksytty FAIRMODE-mallinnyhteisön mallinnysohjelmien listalle. AERMOD-mallinnysohjelmisto on avoin dokumentoitu ohjelmisto, josta saa ajantasaista tietoa mm. www.epa.gov sivuilta. AERMOD on myös Ruotsin ilmatieteen laitoksen SMHI:n ilmanlaadun vertailulaboratorion hyväksymä ja Pohjoismaisiin olosuhteisiin suositeltu leviämismalli (www.smhi.se).

AERMOD-mallissa otetaan huomioon mm:

- Maaston muoto todellisten maastokoordinaattien mukaisesti (korkeusmalli)
- Typpidioksidin mallinnyksissa typenoksidien ilmakemiallinen muutunta, otsonipitoisuudet ja NO₂/NO_x suhde päästöissä
- Päästölähteiden lähellä olevat korkeimmat rakennukset, jotka saattavat vaikuttaa päästöjen leviämiseen
- 1-3 vuoden pintasääaineisto tuntitietoina (8760-->n. 26 000 tuntia) ja vertikaalinen luotauksiin perustuva mittaustieto tuulen nopeudesta ja lämpötilasta
- Sääaineiston käsittelyssä huomioidaan vuodenaajat, kuten lehdetön ja lumisen vuodenaika Suomessa
- Alueellinen taustapitoisuus
- Katupölyn pienhiukkasfraktio on huomioitu PM_{2,5}-mallinnyksissa.
- Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ (katu- ja asfalttipöly) päästökertoimissa käytetään tutkimustietoa THL:n PILTTI-projektista, pääkaupunkiseudun REDUST-hankkeesta sekä pohjoismaisesta NORDTRIP-projektista.

AERMOD -mallissa huomioidaan maaston muoto todellisten maastokoordinaattien mukaisesti (@Maanmittauslaitos, korkeusmalli). Suunnittelualueelle luotiin tiheä havaintopisteverkosto teialueiden ja suunnittelualueen ympäristöön. Suunnittelualueen rakennukset huomioitiin mallissa maastoesteinä.

Säätitietoina käytettiin Tampere-Pirkkala lentosääaseman kolmen vuoden tuntisäätitietoja vuosilta 2014-2016 (Kuva 1/L2) sekä vertikaalisia tuulen nopeuden ja lämpötilan luotauksitietoja Jokioisista samoilta vuosilta.



Kuva 1/L2. Tuuliruusu (=mistä tuulee) Tampere-Pirkkala tuntisäätitietojen mukaan vuosina 2014-2016.

Epäpuhtauksien alueellinen tausta on huomioitu nykytilanteen mukaisesti ilmanlaatumallinnyksissa kansainvälisesti ohjeistettujen taustapitoisuuskäytäntöjen mukaisesti. PM₁₀-hiukkasten vuosipitoisuuden tausta on n. 6 µg/m³ ja kuukausiarvoista määritetty vrk-tausta 9 µg/m³. PM_{2,5} hiukkasten alueellinen vuositausta on n. 5 µg/m³ ja kuukausiarvoista määritetty vrk-tausta 7 µg/m³. Kaupunkialueella taustapitoisuudet voivat nousta jonkin verran mm. teollisuuden päästöjen ja pienpolton seurauksena.

LIITE 3. Liikennepäästöt

2017 liikennepäästöjen laskenta

Ajoneuvokohtaiset nykytilanteen NO_x- ja pienhiukkaspäästöt laskettiin 2017 päivitettyjen VTT LIPASTO yksikköpäästökertoimien perusteella. Yksikköpäästökertoimissa on huomioitu ajosuoritteissa erilaisten ajoneuvojen tyypilliset jakaumat eri EURO-päästöluokkiin Suomessa. Vuonna 2017 VTT:n ALIISA 2016 tietokannan mukaan keskimäärin Suomessa henkilöautoista 71.5 % on bensiinikäyttöisiä, 28 % dieselkäyttöisiä ja 0.6 % muita vähäpäästöisiä autoja (sähkö kaasu, hybridi, vety). VTT LIPASTO yksikköpäästökertoimien mukaan dieselhenkilöautojen ajosuorite on kuitenkin nykytilanteessa keskimäärin 41 %. Raskas liikenne jakautui pääasiassa busseihin ja kuorma-autoihin, ajoneuvoyhdistelmiä liikkuu keskustassa vähän.

Katupölyn määrään vaikuttaa myös ajonopeus³. PM₁₀-hiukkaspäästöjen laskennassa huomioitiin alueen teiden nopeusrajoitukset Nordtrip-raportissa esitettyjen arvioiden perusteella. Liikenteen pienhiukkaspäästöihin laskettiin mukaan katupölyn pienhiukkasfraktio. Katupölyn päästölaskenta perustuu THL:n *Piltti*-projektin⁴ ja pääkaupunkiseudun *Redust*-⁵ -hankkeiden tuloksiin sekä aiempiin mittauksien ja mallinnusten vertailuihin. Katupölyn määrään vaikuttaa kuitenkin myös mm. käytetyt rengastyytit sekä erityisesti katujen puhdistus vuoden aikana.

2040 liikennepäästöjen laskenta

Vuonna 2040 liikennesuorite arvioidaan tapahtuvan vähintään nykyiset EURO 6 päästökriteerit täyttävillä ajoneuvoilla. Liikenteen pienhiukkaspäästöt on laskettu VTT:n LIPASTO LIISA-laskentajärjestelmästä perustuen pääosin VTT:n esittämiin eri ajoneuvoluokkien EURO 6-päästökertoimiin. Ajoneuvojen suorat pienhiukkaspäästöt pienevät merkittävästi, koska vanhempi EURO-autokanta jää pois käytöstä ja EURO-6 tason autojen pienhiukkaspäästöt ovat huomattavasti matalammat verrattuna nykyisen autokannan PM_{2.5}-hiukkaspäästöihin eri ajoneuvoluokissa.

Tulevaisuuden liikennepolitiikan seurauksena mm. sähköautojen ja muiden vähäpäästöisten autojen (mm. etanoli, biodiesel, kaasu, vety) suoriteosuus voi kasvaa huomattavasti vuoteen 2040 mennessä. Sähköautojen ALIISA ennustetta voimakkaampi lisääntyminen voi vähentää kokonaisuutena ajoneuvojen suorita pakokaasuperäisiä typenoksidi- ja pienhiukkaspäästöjä, mutta ei vaikuta erityisesti katupölypäästöihin. Raskasliikenne tulee todennäköisesti vielä käyttämään dieseliä, vaikkakin mm. biodieselin osuus voi kasvaa. ALIISA ennuste on ns. baseline-ennuste, jossa otetaan huomioon vain jo toteutuneet ja päätetyt toimenpiteet.

Myös liikenteen NO_x-päästöt alenevat tulevaisuudessa puhdistustekniikan ja päästöttömien autojen ansiosta. Vuonna 2040 on oletettavaa, että typenoksidipäästöjä muodostuu suurimmaksi osaksi vain raskaasta liikenteestä, jos liikenteen sähköistuminen etenee suunnitellusti. Typpidioksidipitoisuuteen vaikuttaa kuitenkin myös typenoksidien ilmakemia. Tällöin mm. otsonipitoisuus ei ehkä tulevaisuudessa olekaan merkittävästi rajoittava tekijä typpimonoksidin hapettumisessa vaan yhä suurempi osuus päästöjen typpimonoksidista pääsee hapettumaan typpidioksidiksi jo tien lähialueilla. Tulevaisuuden NO_x-päästötilannetta ei tässä mallinnettu.

Kokonaisuutena liikenteen päästöihin vaikuttaa myös esim. ajotapa, tieosuuden ruuhkaisuus, ajonopeudet sekä mm. ajoneuvojen vanhenemisen tuoma päästölisäys. Pienhiukkaspäästöissä (PM_{2.5}) on huomioitu ajoneuvopäästöjen lisäksi katupölyn pienhiukkasosuus nykyarvioiden perusteella. Katupölypäästöön vaikuttaa eniten tien pintamateriaalien kehitys, kitka/nastarenkaiden käyttö ja rengaskulumat sekä liukkaudentorjunta ja tienpinnan puhdistusmenetelmät ja puhdistussyklit.

³ NORDTRIP Non-Exhaust Road Traffic Induced Particle Emissions

⁴ Ahtoniemi, P.; et al, Health risks from nearby sources of fine particulate matter: Domestic wood combustion and road traffic (PILTTI)

⁵ www.redust.fi

Raitiotien hiukkaspäästöt

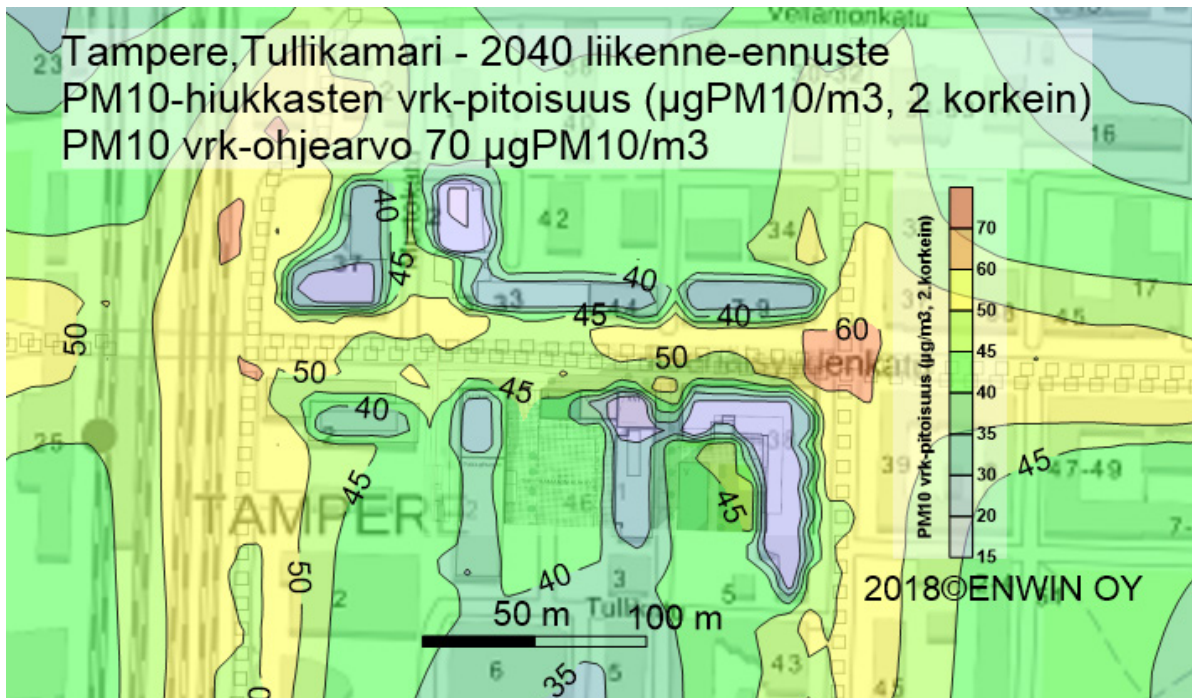
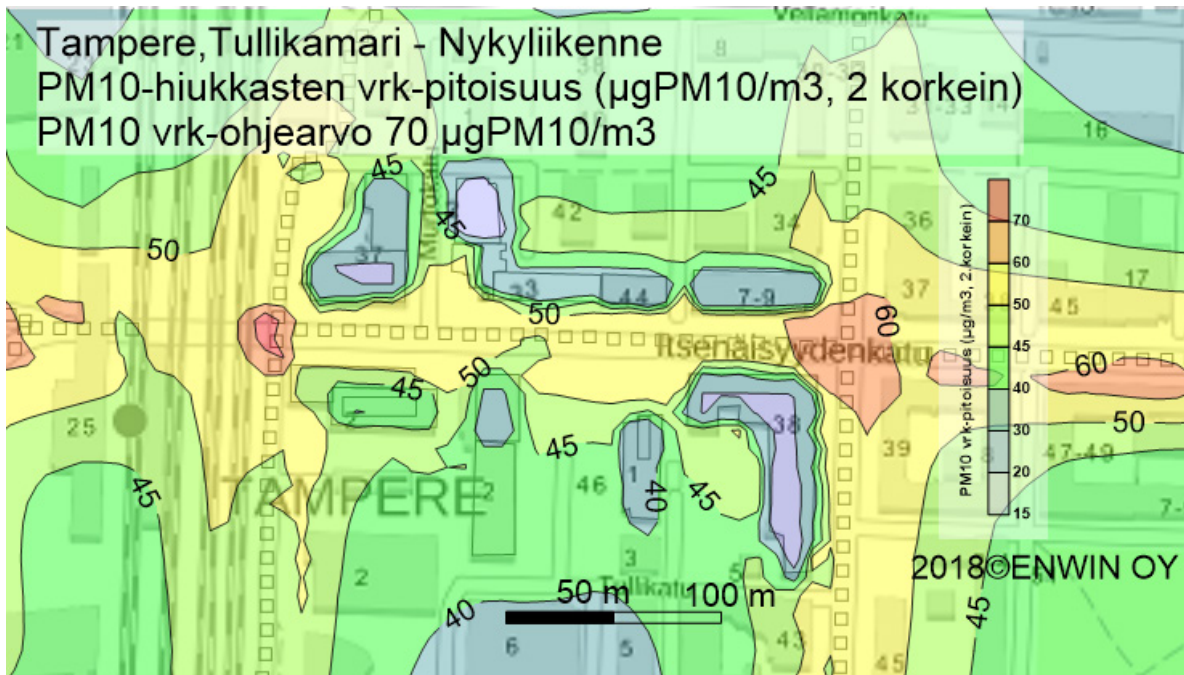
Raitiotielle laskettiin vuoden 2040 skenaariossa PM₁₀-päästöjä liikennetiheyden (n. 800 vaunua/vrk, kaksi linjaa Tays ja Hervanta) ja raitiotielle julkaistujen PM₁₀-päästökertoimien mukaisesti⁶. Raitiovaunujen hiukkaspäästökertoimista on kuitenkin hyvin vähän julkaisuja. Osa raitiotien hiukkaspäästöstä on itse raitiotiekiskoista tai vaunujen jarruista irtoavaa metalli/hiilikuitu hiukkasia ja osa raitiovaunun ilmapirran mukanaan nostattamaa ns. katupölyä. Huomioitava on myös, että raitioteillä käytetään ns. jarruhiekkaa jarrutusten apuna. Esimerkiksi Helsingissä raitiovaunut käyttävät jarrutuksessa jarruhiekkana noin 2 mm raekoon murskettua, mikä jää katu ympäristöön ja on mukana katupölypäästöissä.

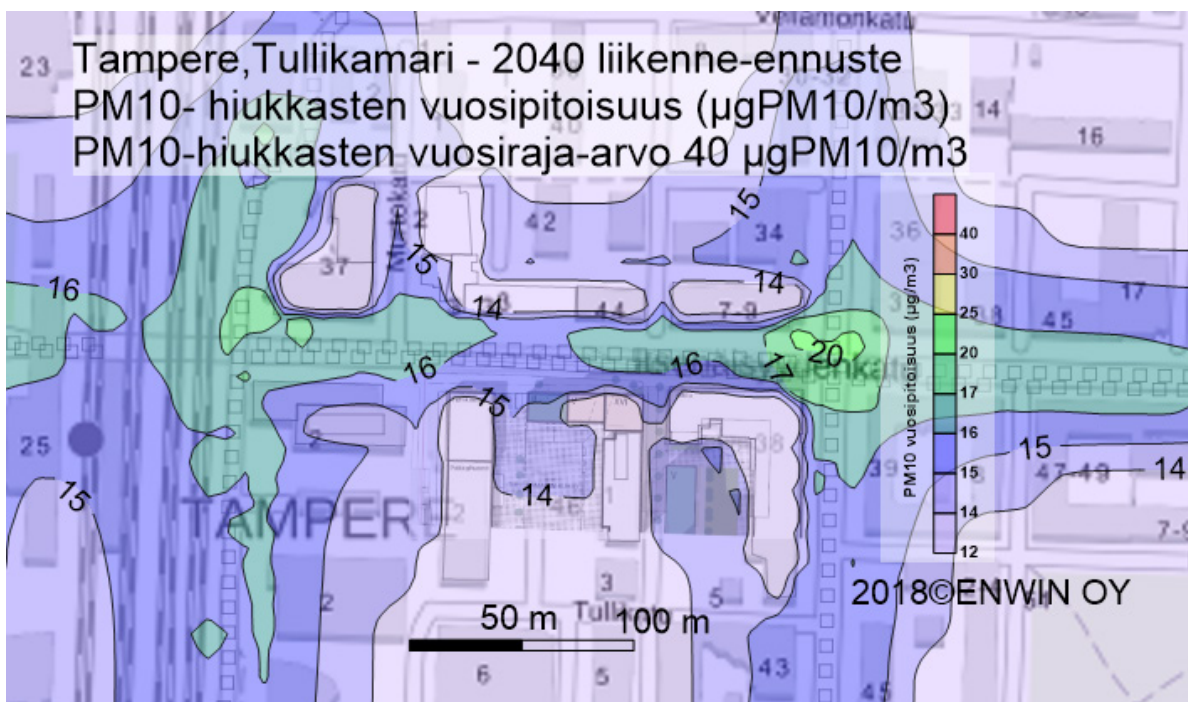
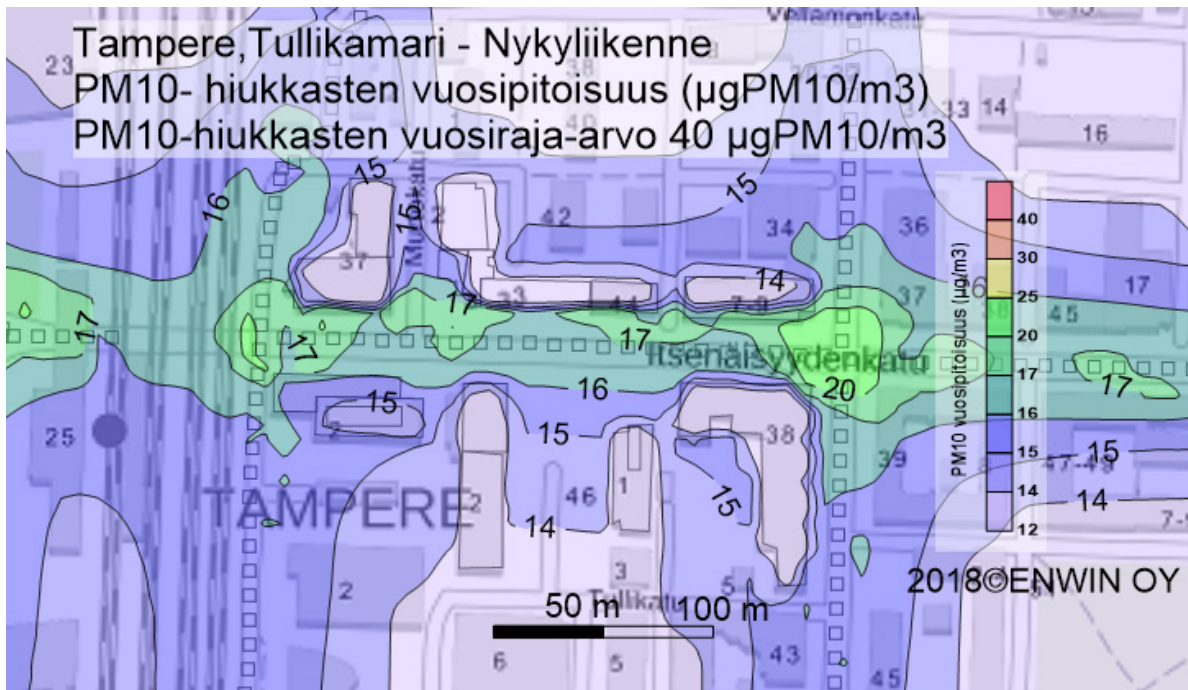
Raitiotien PM₁₀-hiukkaspäästöksi Itsenäisyydenkadulla arvioitiin 0.1 kg/m/a, josta n. puolet arvioitiin pienhiukkasiksi. Barcelonassa tehdyissä testimittauksissa on todettu, että suuri osa hiukkaspäästöstä on todennäköisesti pienhiukkasista, mutta kuitenkin kokonaisuutena raitiotiestä tuleva asukkaiden hiukkasaltistus on pienin kaikista joukkoliikennemuodoista, busseihin ja myös mm. metroon verrattuna.

Taulukko 1/L3. Liikennepäästöt Tullikamarin aukion lähistön päätiellä.					
	2018	2018	2018	2040	2040
TULLIKAMARIN AUKIO	PM _{2.5} kg/m/a	PM ₁₀ kg/m/a	NOx kg/m/a	PM _{2.5} kg/m/a	PM ₁₀ kg/m/a
Itsenäisyydenkatu (ennen Yliopistonkatua)	0.22	1.1	6.4	0.11	0.8
Itsenäisyydenkatu (Yliopistonkadun jälkeen)	0.24	1.3	6.1	0.12	1.0
Tammelan puistokatu	0.10	0.6	1.9	0.05	0.5
Yliopistonkatu	0.14	0.8	3.3	0.06	0.7
Ratapihankatu (yläpuolella)	0.10	0.7	1.7	0.06	0.9

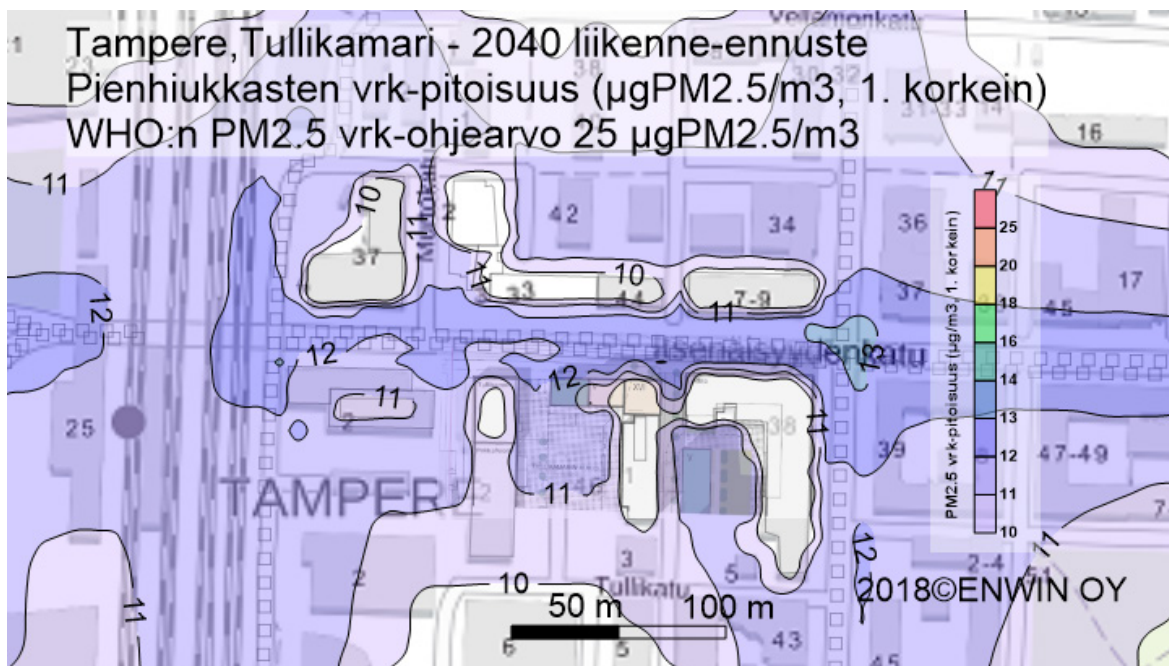
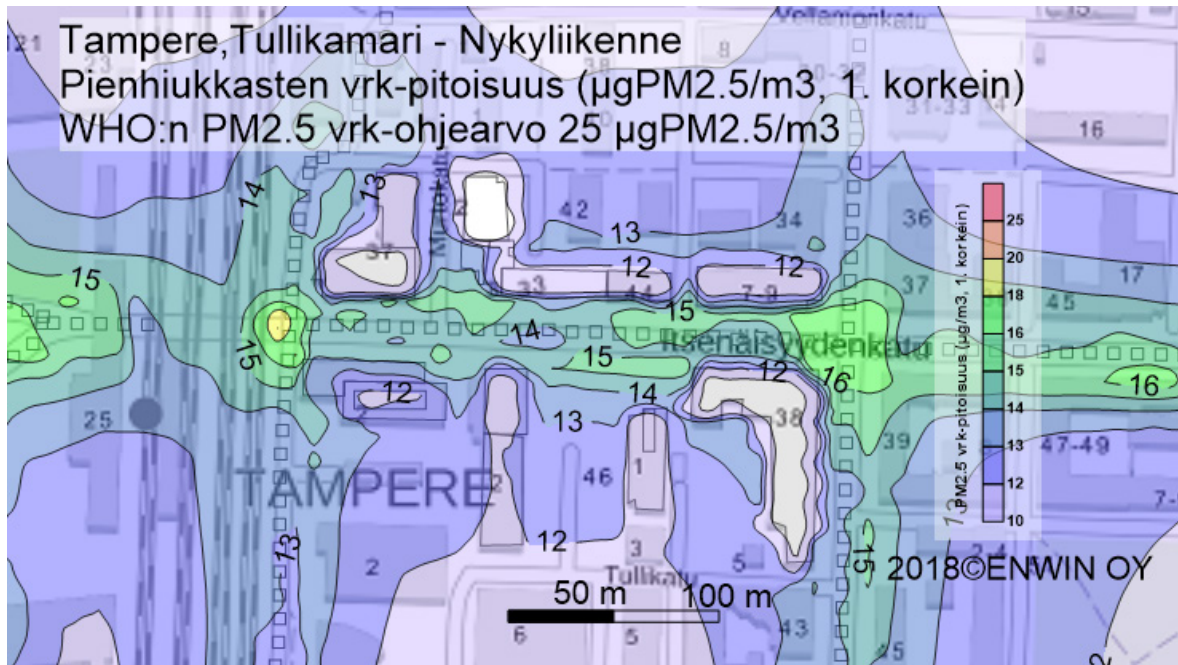
⁶ IIASA, PM Emission factors

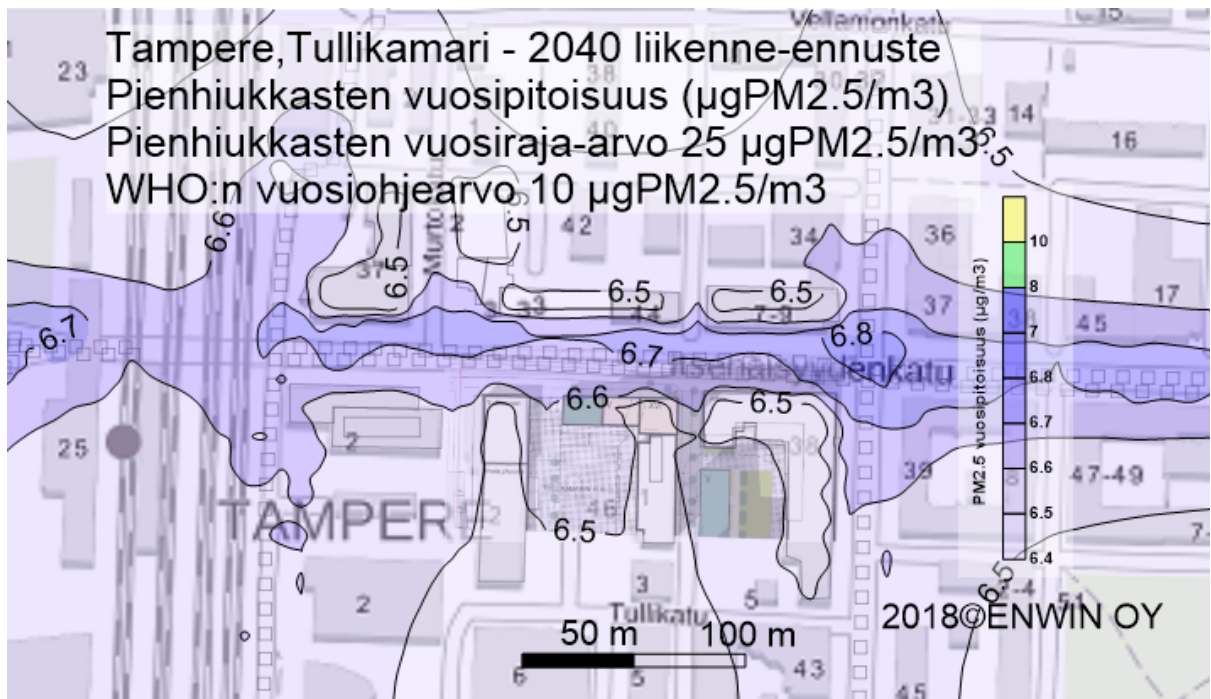
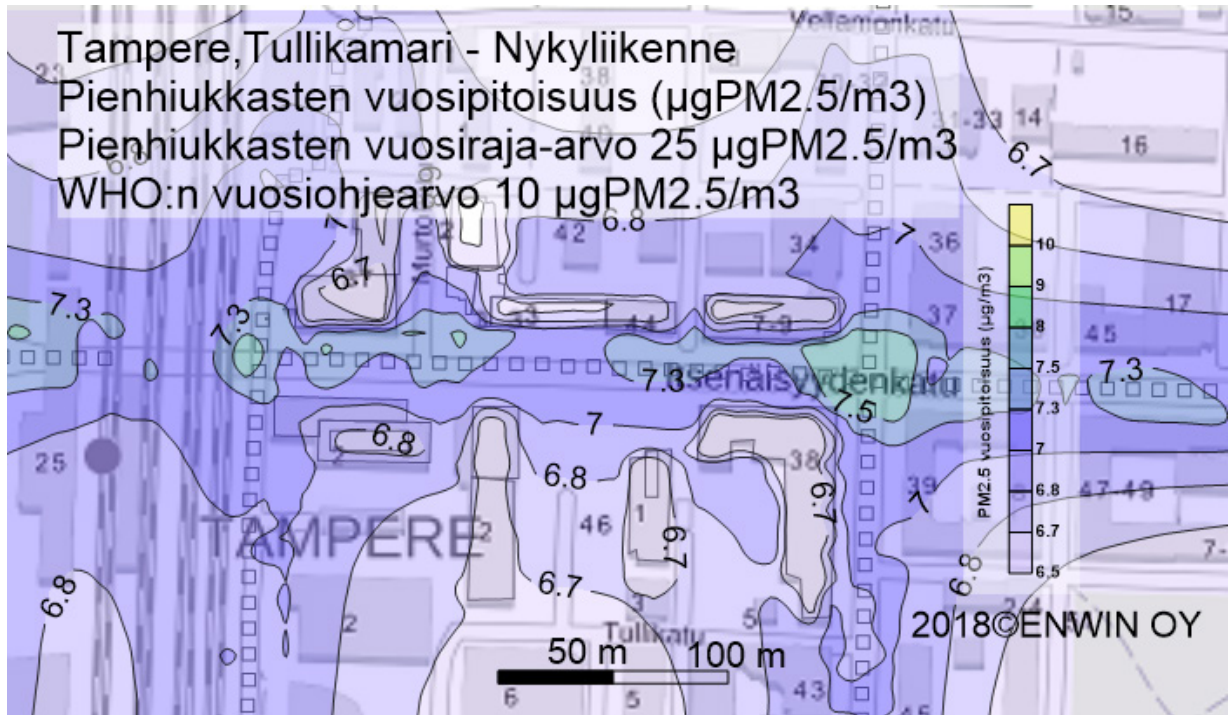
LIITE 4. PM₁₀-hiukkasten vuorokausi- ja vuosipitoisuudet – Nykytilanne ja ennustevuosi 2040



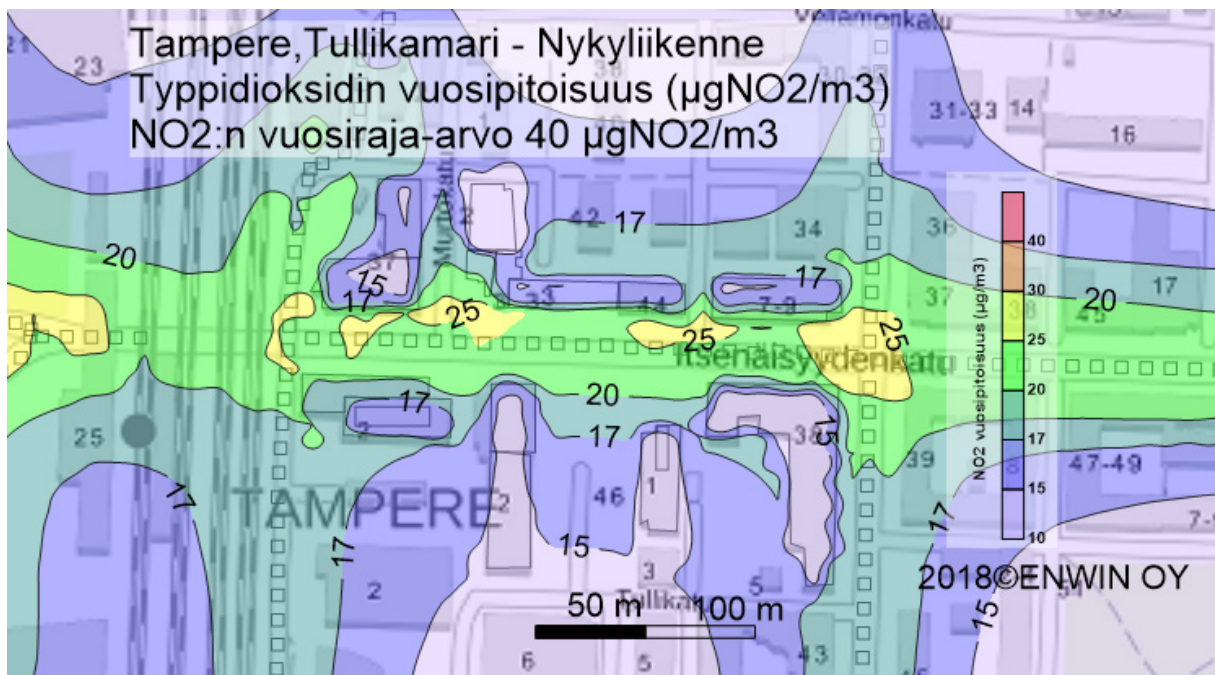
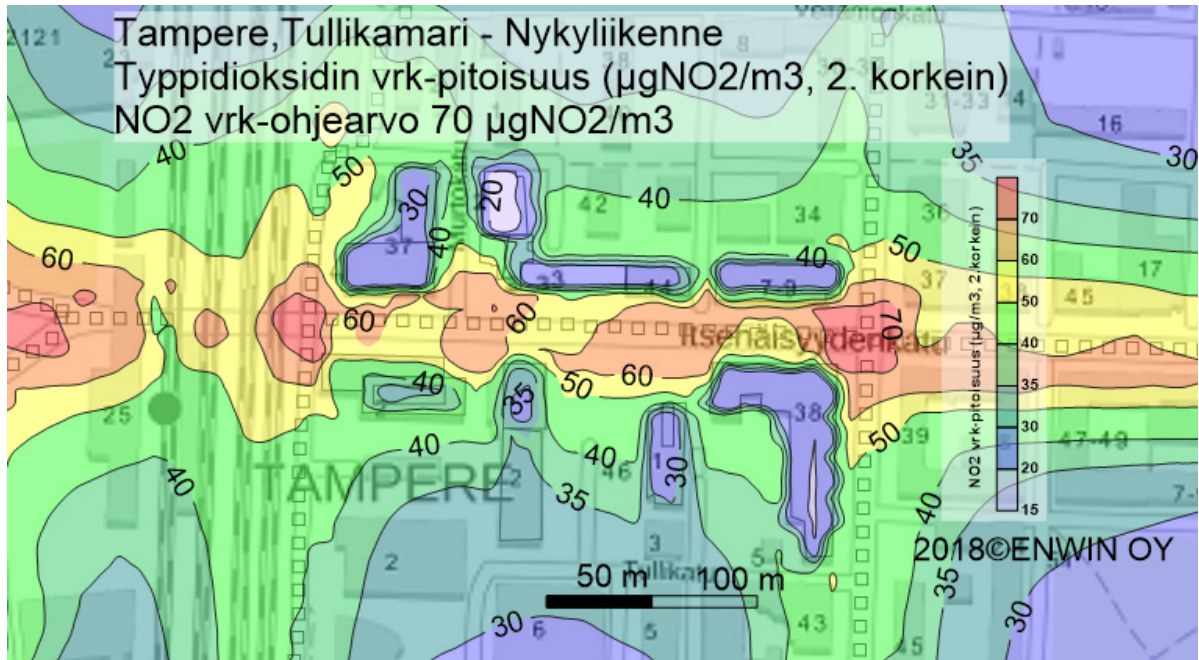


LIITE 5. PM_{2.5}-hiukkasten vuorokausi- ja vuosipitoisuudet – Nykytilanne ja ennustevuosi 2040





LIITE 6. Nykytilanteen NO₂-pitoisuudet



Copyrights2018©ENWIN OY