

Enwin

- Vision Keeper -

17. KESÄKUUTA 2019

Tampereen kaupunki

Kaupunkiympäristön kehittäminen

ID 2 001 315

HIPPOSTALON (8704) ILMANLAATUSELVITYS

TAMPEREEN KAUPUNKI, KAUPUNKIYMPÄRISTÖN KEHITTÄMINEN

Enwin

- Vision Keeper -

ENWIN OY, 2019

Kivipöytälankeja 2

33920 Pirkkala

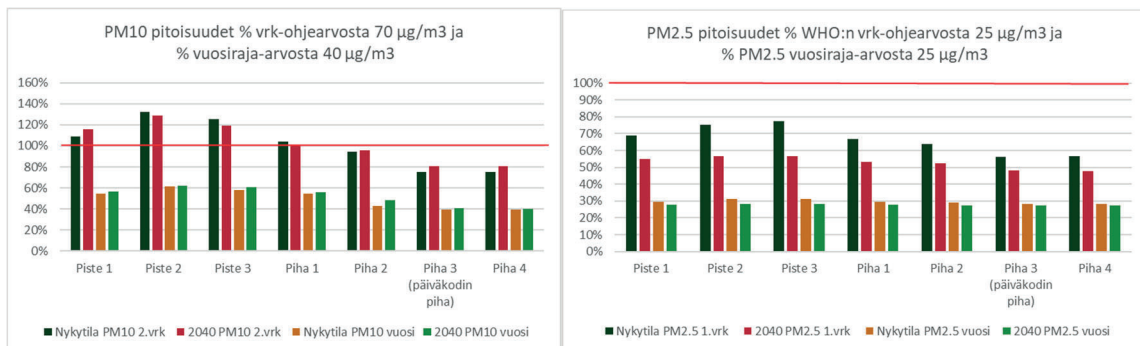
www.enwin.fi

TIIVISTELMÄ

Tampereella Hippotalon tontille on suunnitteilla asuinkerrostaloja ja liiketiloja (kaava-alue 8704). Asemakaavamuutoksen kohteena on entisen valtion virastotalon kortteli (ns. Hippotalo) Kalevassa, osoitteessa Uimalankatu 1. Suunnittelualue sijaitsee noin kahden kilometrin päässä Tampereen keskustasta, ja se jää Teiskontien, Hervannan valtavyölyän, Uimalankadun ja Sammon keskuslukion väliin. Iso eritasoristeys sijaitsee välittömästi suunnittelualueen pohjois/koillispuolella.

Tässä työssä (ID 2 001 315) on arvioitu leviämismallinnuksen avulla liikenteen aiheuttamien epäpuhtauspäästöjen leviämistä nykytilanteessa sekä uudessa vuoden 2040 liikenne-ennustetilanteessa ja uuden korttelisuunnitelman mukaisessa rakennuskannassa (VE5 2019-04-17). Työssä mallinnettiin 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 nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040. Lisäksi tarkasteltiin alueen nykytilanteen typpidioksidipitoisuuksia (NO_2). 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.

Pylväsdiagrammeissa alla on PM_{10} - ja $PM_{2.5}$ -hiukkasten pitoisuudet prosentteina vuorokausiohjearvoista ja vuosiraja-arvoista Hippotalon suunnittelualueen vertailupisteissä. Pisteiden sijainti on esitetty raportissa. PM_{10} -hiukkaset eli ns. katupöly on ilmanlaadun kannalta merkittävin epäpuhtaus Hippotalon suunnittelualueella sekä nykytilanteessa että tulevaisuudessa. PM_{10} -hiukkasten vuosipitoisuudet jäivät alle vuosiraja-arvon kaikissa vertailupisteissä (40-60 % raja-arvosta $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tialueen puoleisissa vertailupisteissä (pisteet 1-3) PM_{10} -hiukkasten vuorokausipitoisuudet ylittivät ilmanlaadun ohjearvon $70 \mu\text{g}PM_{10}/\text{m}^3$ 1-2 kerroksen tasolla. Pihan puolella pitoisuudet jäävät pääasiassa alle ohjearvotason. Pienhiukkasten pitoisuudet sen sijaan alittivat ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot sekä nykytilanteessa että ennustevuonna 2040.



Vertikaalinen ilmanlaadun mallinnus eri kerroksiin osoitti, että PM_{10} -hiukkasten vuorokausipitoisuuden ohjearvoylityksiä esiintyi 1-2 kerroksessa Teiskontien ja ramppialueen puolella tien varteen sijoitetuissa taloissa. Hiukkaspitoisuuksien takia kerrostalojen Teiskontien puoleisille sivuille ja ramppialueen läheisyyteen ei tule sijoittaa asuinhuoneistoja tai parvekkeita kahteen ensimmäiseen kerrokseen. Piha 1 vertailupisteen kerrostaloon sisäpihan kulmaukseen ei suositella asuinhuoneita ensimmäiseen kerrokseen.

Hippotalon suunnittelualueen eteläosassa sisäpihan vertailupisteissä, mm. suunnitellun päiväkodin pihalla, PM_{10} -vrk-pitoisuudet jäävät alle PM_{10} -hiukkasten vrk-ohjearvotason. Päiväkoti voidaan sijoittaa suunnitellulle alueelle, koska ilmanlaadun ohjearvot eivät siellä ylitä.

Kerrostalojen ilmanvaihdon suunnittelussa tulee huomioida alueen ulkoilman laatu ja hiukkaspitoisuudet. Tuloilman suodatus tulee suunnitella standardin SFS-EN ISO 16890 mukaisesti riittävän tehokkaaksi. Tuloilman suodatuksella voidaan parantaa sisäilman laatua ja vähentää hiukkasten terveysvaikutuksia katupölykausina ja myös pienhiukkasten kaukukulkeumaepisodien aikana.

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. Mallinnuksen lähtötiedot.....	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.....	11
4.2 PM _{2,5} vuorokausi- ja vuosipitoisuudet –nykytilanne ja v. 2040	12
4.3 Nykytilanteen NO ₂ -pitoisuudet	14
4.4 Johtopäätökset mallinnoista.....	16
5. Suositukset	17
6. Mallinnuksen kokonaispävarmuuteen vaikuttavat tekijät.....	18
LIITE 1. Ilmanlaadun vertailuarvoja	19
LIITE 2. AERMOD-leviämismalli	20
LIITE 3. Liikennemäärät ja liikennepäästöt.....	21
LIITE 4. PM ₁₀ -hiukkasten vuorokausi- ja vuosipitoisuudet – Nykytilanne ja ennustevuosi 2040	26
LIITE 5. PM _{2,5} -hiukkasten vuorokausi- ja vuosipitoisuudet – Nykytilanne ja ennustevuosi 2040	28
LIITE 6. Nykytilanteen NO ₂ -pitoisuudet.....	30

Versiot: ID 2 001 315

- **17.6.2019** Hippotalon ilmanlaatuselvityksen päivitys (uusi korttelisuunnitelma (VE5 2019-04-17 - ja uusi liikenne-ennuste vuodelle 2040 (16.5.2019))
- **9.5.2018** Hippotalon ilmanlaatuselvitys

1. Johdanto

Tampereella Hippotalon tontille on suunnitteilla 4-9 kerroksisia asuinkerrostaloja ja liiketiloja sekä päiväkotia (kaava-alue 8704). Asemakaavamuutoksen kohteena on entisen valtion virastotalon kortteli ns. Hippotalo Kalevassa, osoitteessa Uimalankatu 1. Suunnittelualue sijaitsee noin kahden kilometrin päässä Tampereen keskustasta, ja se jää Teiskontien, Hervannan valtavyhlän, Uimalankadun ja Sammon keskuskukion väliin. Hervannan valtavyhlän/Kekkosentien risteys- ja ramppialue sijaitsee suunnittelualueen koillispuolella. (Kuva 1).



Kuva 1. Hippotalon suunnittelu- ja lähivaikutusalue. (Lähde: 8704 OAS Tampereen kaupunki)

Leviämismallinnuksen avulla arvioidaan liikenteen aiheuttamien päästöjen leviämistä ja vaikutuksia nykytilanteessa sekä vuoden 2040 liikenne-ennustetilanteessa. 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 vuorokausiohjeeseen (VNP 480/1996) ja Maailman terveysjärjestön (WHO) esittämiin pienhiukkasten vuorokausi- ja vuosiohjeisiin. Nykytilannemalli tehdään myös liikenteen typenoksidipäästöille ja typpidioksidin ulkoilman pitoisuuksia verrataan NO_2 :n ilmanlaadun ohjeeseen 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 ilmanvaihdesta ja piha-alueiden sijoittamisesta alueelle tulevaisuuden liikennetilanteessa.

Kuvassa 2 on suunnittelualueen korttelisuunnitelma VE5 2019-04-17. Korttelisuunnitelmassa päiväkotia on sijoitettu pihaan keskimmäiseen kerrostaloon.



Kuva 2. Suunnittelualueen viitesuunnitelma, VE5 2019-04-17 (TOAS, Arkkitehtitsto Helamaa & Heiskanen)

Ilmanlaatuselvityksen on tilannut Tampereen kaupunki. Työn on tehnyt Enwin Oy, 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 µm: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 ennakoita. 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) typenoksidiille ja rikkidioksidille. Raja-arvojen ylittyessä viranomaisten tulee ryhtyä toimenpiteisiin pitoisuuksien alentamiseksi. VNA 79/2017

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 sen 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 (10-30 μm) 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 μm 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 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 μm :n kokoluokka), joista osa voit päätyä hengitysilmän mukana syvälle 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. Mallinnuksen lähtötiedot

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

Hippotalon lähialueen pääteiden liikennemäärät nykytilanteessa ja vuoden 2040 ennustetilanteessa on taulukossa 2. Tieosuudet ja niiden liikennemäärät kartalla nykytilanteessa ja vuoden 2040 ennustetilanteessa on **liitteessä 3**. Myös lasketut liikennepäästöt on esitetty **liitteessä 3**.

Hervannan valtavyölyän ja Kekkosen tien nopeusrajoitus on ramppialueella 60 km/h, Teiskontiellä 50 km/h ja muilla lähiteillä nykytilanteessa 40 km/h ja tulevaisuudessa 30 km/h.

Suunnittelualueen lähiympäristössä Teiskontiellä Uimalankadun ja ramppien välisellä alueella liikennemäärät eivät kasva vuoteen 2040 mennessä vaan kokonaisliikenne pysyy likimain samana. Raskaan liikenteen määrä Teiskontiellä pienenee vuoteen 2040 mennessä. Uimalantien liikenteen kasvukerroin on 1.7. Teiskontiellä kaupunkiin päin mentäessä kokonaisliikenne kasvaa +50% nykytilanteeseen verrattuna. Teiskontiellä sillasta eteenpäin itään liikenne kasvaa n. +30 %. Hervannan valtavyölyällä liikenne kasvaa +10 % ja Kekkosen tiellä kasvuennuste on n. +30 %. Teiskontieltä Tekunkadulle tulee liikennöimään tulevaisuudessa myös raitiotie (n. 400 vaunua/vrk vuonna 2040).

Uudessa liikenne-ennusteessa vuodelle 2040 on tarkemmat liikennemäärät nähtävissä Liitteen 3 kuvissa mm. sillan ylä/alapuolisilla tieosuuksilla Teiskontiellä ja Hervannan valtavyölyän /Kekkosen tien liittymäkohdassa.

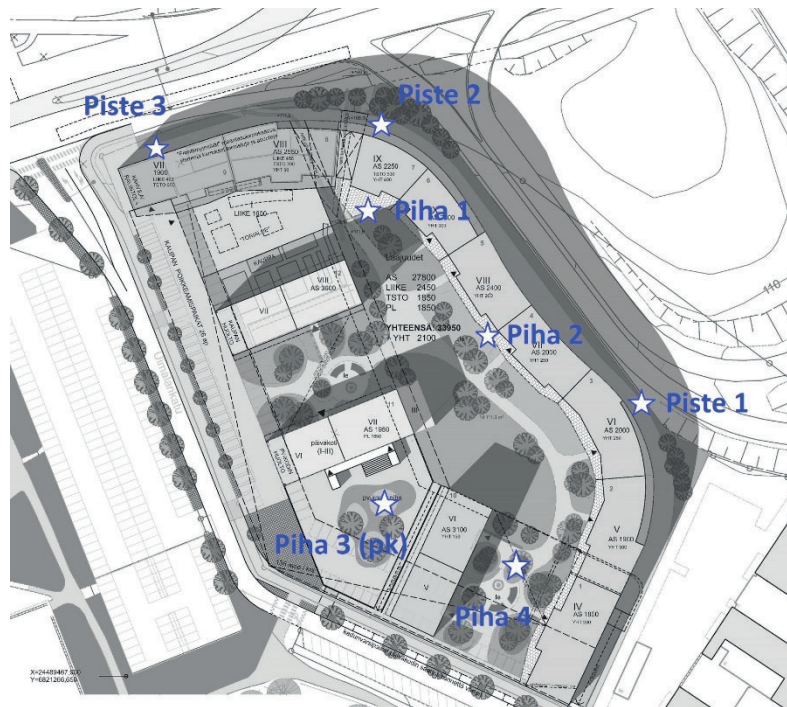
Taulukko 2. Liikennemäärät suunnittelualan ympäristössä nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040. / Liite 3

	NYKYliikenne		Vuonna 2040-		Liikenteen muutoskerroin
	ajon/vrk	Raskas %	ajon/vrk	Raskas%	NYKY-->2040
Hippotalon ympäristön liikenne					
Teiskontie – Uimalankadusta länteen	11700	4.3	17492	2.1	1.5
Teiskontie – Uimalankatu - Rampit	21940	4.1	21582	1.8	1.0
Teiskontie – ramppien ympäristö	21940	4.1	19732	2.0	0.9
Teiskontie – silta	24425	3.2	32399	3.0	1.3
Kekkosentie – pohjoiseen	33900	3.0	43853	4.4	1.3
Hervannan valtavyäly – etelään	24810	3.4	26478	3.0	1.1
Ramppi Kekkosenttieltä Teiskontielle Länsi	340	2.2	571	0.5	1.7
Ramppi Teiskontieltä Kekkosentielle Pohj.	7391	1.8	13098	4.7	1.8
Ramppi Teiskontieltä Kekkosentielle Etelä	2840	2.2	1709	0.6	0.6
Ramppi Teiskontieltä Hervannan valtavyälälle Etelä	1500	1.5	1279	0.4	0.9
Ramppi Kekkosenttieltä Teiskontielle Itään	7890	1.5	10958	5.3	1.4
Ramppi Hervannan valtavyälältä Teiskontielle Länteen ja Itään	4590	2.2	4264	0.8	0.9
Uimalankatu	2040	4.5	3512	0.5	1.7
Ilmarinkatu risteys	7000	5.5	3982	0.6	0.6
Raitiotie Teiskontie-Tekunkatu			400		

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 suunnittelualan korttelisuunnitelman mukaisten kerrostalojen sisäpihalle (Piha 1-4) ja tienpuoleisille sivuille (Pisteet 1-3). Vertailupisteiden numerot ja sijainnit ovat korttelisuunnitelman mukaisessa kuvassa (Kuva 4). Pisteiden sijainti on sama kaikissa malleissa (nykytilanne ja tulevaisuus). Piha 3 piste on päiväkodin piha-alueen vertailupiste.



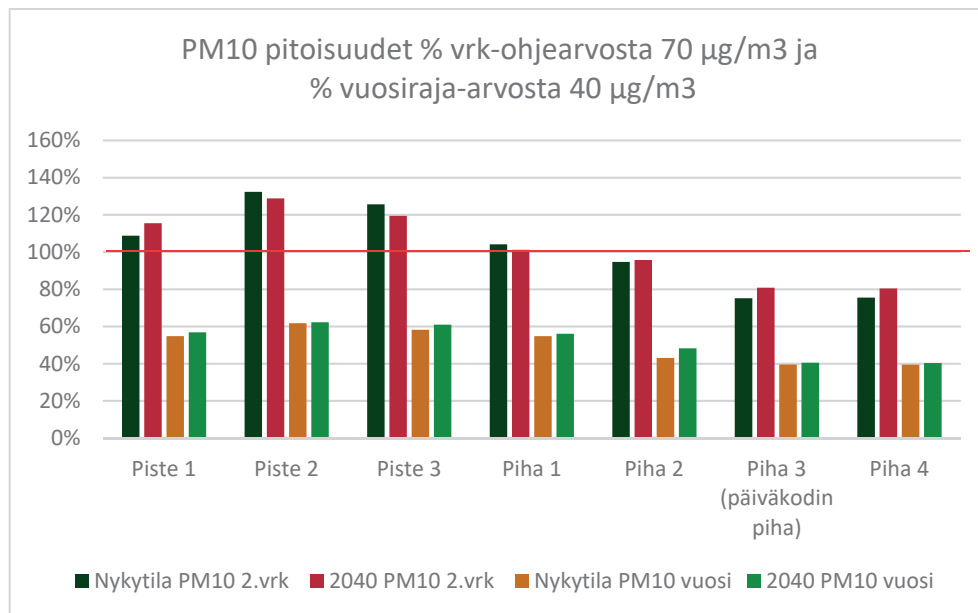
Kuva 4. Ilmanlaadun vertailupisteet suunnittelualueella. Pisteet on valittu korttelisuunnitelman pohjalta talojen tien puoleisilta sivuilta (Piste 1-3) sekä sisäpihalta ja päiväkodin piha-alueelta (Piha 1-4).

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

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

Taulukossa 3 on PM₁₀-hiukkasten vuorokausiohjearvoihin ja vuosiraja-arvoihin verrannolliset korkeimmat pitoisuudet suunnittelualueen vertailupisteissä. Kuvassa 5 on pylväsdiagrammissa pitoisuudet vertailupisteissä prosentteina ohje- tai raja-arvosta nykytilanteessa ja vuoden 2040 ennustetilanteessa.

Taulukko 3. PM ₁₀ -hiukkasten pitoisuudet vertailupisteissä nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040. (vrk- ohjearvoon ja vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet)				
Ohje- ja raja-arvot	Vrk- ohjearvo on 70 µgPM ₁₀ /m ³		Vuosiraja-arvo on 40 µgPM ₁₀ /m ³	
	PM ₁₀ 2. vrk Nyky	PM ₁₀ 2. vrk 2040	PM ₁₀ vuosi Nyky	PM ₁₀ vuosi 2040
Piste 1	76	81	21.9	22.7
Piste 2	93	90	23.7	24.9
Piste 3	88	84	23.3	24.4
Piha 1	73	71	21.9	22.4
Piha 2	66	67	17.2	19.3
Piha 3 (pk)	53	57	15.8	16.2
Piha 4	53	56	15.8	16.1



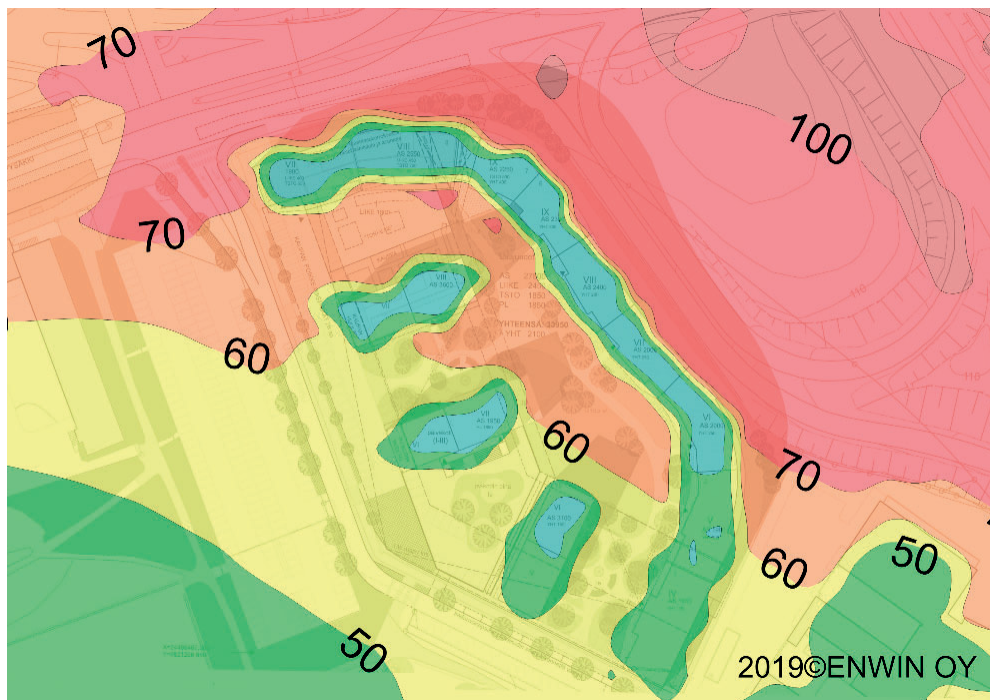
Kuva 5. PM₁₀-hiukkasten pitoisuudet vertailupisteissä prosentteina ohje- tai raja-arvosta.

Kuvasta 5 nähdään, että Teiskontien ja risteysalueen puolella vertailupisteissä 1-3 PM₁₀-hiukkasten vuorokausipitoisuudet ylittävät vuorokausiohjearvon sekä nykytilanteessa että ennustevuonna 2040. Pisteessä 2 (taluurinin kulma ramppialueeseen päin) vuorokausiohjearvopitoisuus ylittyy n. 30 %. Viitesuunnitelman piha-alueen pisteissä Piha 1 PM₁₀-hiukkasten vrk-pitoisuus on ohjearvotasossa n. 70 µg/m³ vuoden 2040 ennustetilanteessa. Muissa piha-alueen vertailupisteissä, mm. päiväkodin pihalla (Piha 3) PM₁₀-vuorokausipitoisuus jää selvästi alle ohjearvon. Päiväkoti voidaan sijoittaa suunnitellulle alueelle, koska ilmanlaadun ohjearvot eivät siellä ylity.

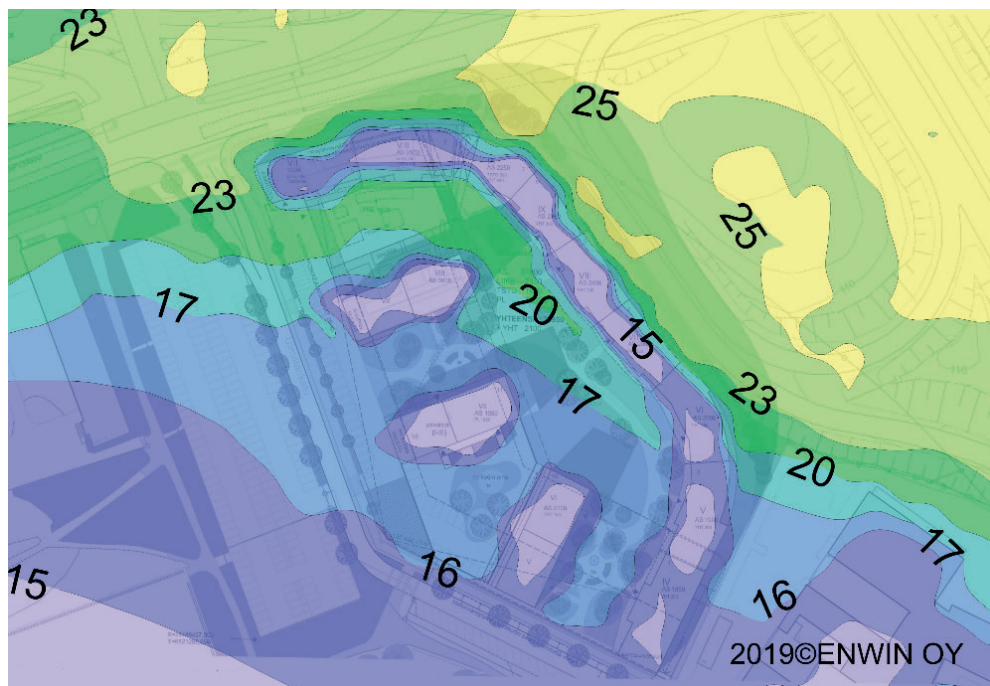
Vuorokausiohjearvot voivat ylittyä erityisesti tienpuoleisissa pisteissä paitsi katupölykuukausina keväisin myös syksyisin ja talvella kuivina pakkaspäivinä. Katupölykuukausina kadun puhdistus ja mm. likaisen lumen poiskuljetus keväällä voi pienentää hiukkaspitoisuuksia, mutta kokonaisuutena talot ovat lähellä vilkasliikenteisiä tiealueita, sijoittuen aivan tontin rajalle. Rakennusmuuri toisaalta suojaa pihaa risteysalueen epäpuhtauksilta, mutta voi osaltaan myös vähentää tuulettuvuutta osassa piha-aluetta.

PM₁₀-hiukkasten vuosipitoisuus jää alle vuosiraja-arvon kaikissa vertailupisteissä (40-60 % raja-arvosta 40 µg/m³).

Kuvassa 6 on suurennois suunnittelualueelta (v. 2040) PM₁₀-hiukkasten vuorokausipitoisuuden aluejakaumakuvasta (vrt. Liite 4). Kuvassa 7 on vastaavasti PM₁₀-vuosipitoisuus alueelta vuonna 2040.



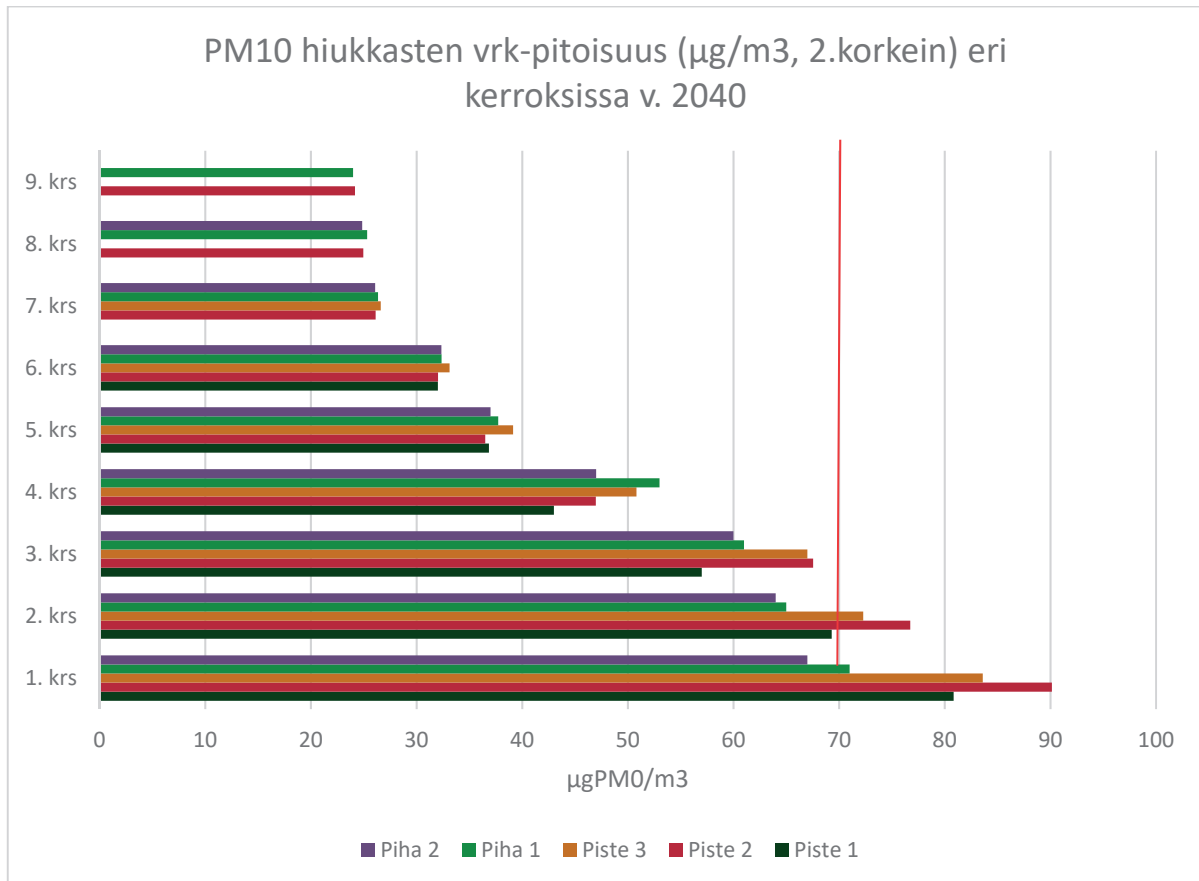
Kuva 6. PM₁₀-hiukkasten vuorokausiohjearvoon 70 µgPM₁₀/m³ verrannolliset pitoisuudet (µgPM₁₀/m³, 2.korkein vrk) vuoden 2040 liikenne-ennusteessa. Rakennukset korttelisuunnitelman VE5 2019-04-17 mukaiset. Liitteessä 4 sama kuva laajemmalla alueella.



Kuva 7. PM₁₀-hiukkasten vuosiraja-arvoon 40 µgPM₁₀/m³ verrannolliset pitoisuudet (µgPM₁₀/m³) ennustetilanteessa vuonna 2040. Rakennukset korttelisuunnitelman VE5 2019-04-17 mukaiset. / Liite 4.

4.1.1 Vertikaalinen ilmanlaatu vuonna 2040

Vertikaaliset PM₁₀-vuorokausipitoisuudet kerrostalojen eri kerrokseen laskettiin ennustetilanteessa 2040 tiealueiden puolella Piste 1-3 ja pihalla Piha 1-2 (Kuva 8).



Kuva 8. Vertikaaliset ohjearvon verrannolliset PM₁₀-vuorokausipitoisuudet (µg/m³) vertailupisteissä vuonna 2040.

Hiukkaspitoisuudet laskevat luonnollisesti yläkerroksia kohti mentäessä. Ohjearvoylityksiä esiintyi 1-2 kerroksessa eri pisteissä. Piste 1 kohdalla pitoisuus ylittää PM₁₀-ohjearvon 1-kerroksessa. Pisteissä 2-3 Teiskontien puolella PM₁₀-vuorokausipitoisuus voi ylittyä kahdessa alimmassa kerroksessa. Rakennukset ovat lähellä vilkasliikenteistä Teiskontietä. Pihanpuolella vain Piha 1 pisteessä vuorokausipitoisuus on ohjearvotasoa (71 µg/m³) ensimmäisessä kerroksessa. Tämä pihanurkkaus on melko huonosti tuulettuva kohta rakennusten välissä.

Hiukkaspitoisuuksien takia kerrostalojen Teiskontien puoleisille sivuille ja ramppialueen läheisyyteen ei tule suositella asuinhuoneistoja tai parvekkeita kahteen alimpaan kerrokseen. Tiealueiden puolella vertailupisteen 1 lähitalojen ensimmäiseen kerrokseen ei suositella asuinhuoneistoja ja lisäksi vertailupisteen Piha 1 sisäpihan kulmaukseen ei suositella asuinhuoneistoja ensimmäiseen kerrokseen.

Uusimman korttelisuunnitelman VE5 2019-04-17 mukaan Teiskontien puolelle maanpintatasoon on suunniteltu myymälätiloja. Myös toimistotiloja on suunnitteilla.

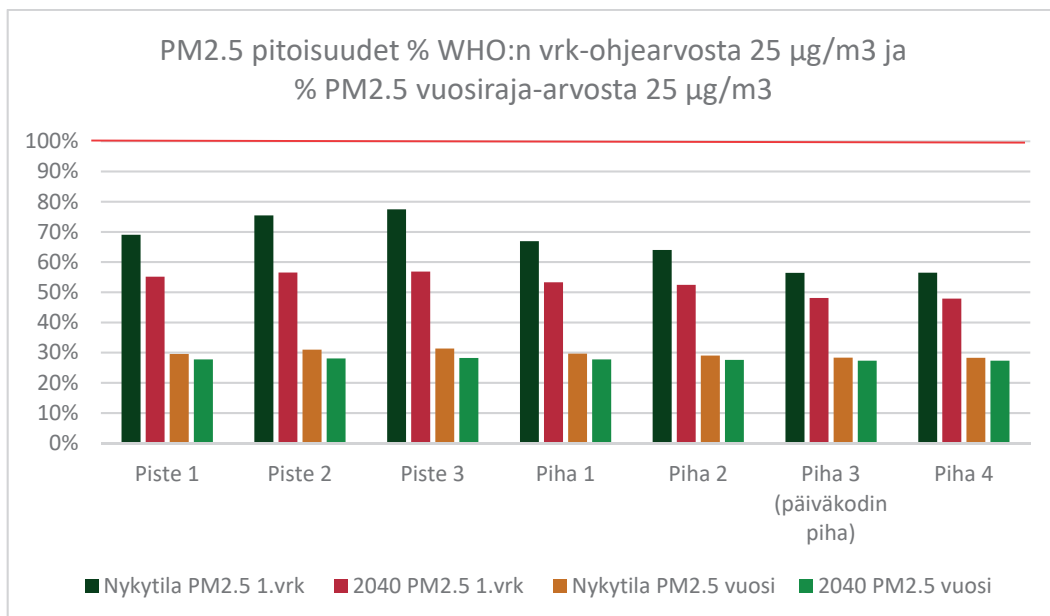
4.2 PM_{2.5} vuorokausi- ja vuosipitoisuudet –nykytilanne ja v. 2040

Pienhiukkasten eli PM_{2.5}-hiukkasten ulkoilmapitoisuuksien aluejakaumakuvakuvat nykytilanteessa ja ennustevuonna 2040 ovat **liitteessä 5**.

Pienhiukkasten WHO:n vuorokausiohjearvoihin ja vuosipitoisuuden ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset korkeimmat pitoisuudet suunnittelualueen vertailupisteissä on taulukossa 4. Kuvassa 9 on pylväsdiagrammissa PM_{2.5}-pitoisuudet vertailupisteissä prosentteina ohje- tai raja-arvosta nykytilanteessa ja vuoden 2040 ennustetilanteessa.

Taulukko 4. 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 vertailupiste	WHO:n vrk- ohjearvo on 25 µgPM _{2.5} /m ³		Vuosiohjearvo 10 µgPM _{2.5} /m ³ Vuosiraja-arvo on 25 µgPM _{2.5} /m ³	
	PM _{2.5} 1. vrk Nyky	PM _{2.5} 1. vrk 2040	PM _{2.5} vuosi Nyky	PM _{2.5} vuosi 2040
Piste 1	17	14	7.4	6.9
Piste 2	19	14	7.7	7.0
Piste 3	19	14	7.8	7.1
Piha 1	17	13	7.4	6.9
Piha 2	16	13	7.3	6.9
Piha 3 (pk)	14	12	7.1	6.8
Piha 4	14	12	7.1	6.8



Kuva 9. PM_{2.5}-hiukkasten pitoisuudet vertailupisteissä prosentteina (%) ohje- tai raja-arvosta.

Hippotalon suunnittelualueen vertailupisteissä WHO:n ohjearvoon verrannolliset pienhiukkasten vrk-pitoisuudet ovat sekä nykytilanteessa että ennustevuonna alle vrk-ohjearvon 25 µg/m³. Pitoisuudet ovat nykytilanteessa 56-77 % vrk-ohjearvosta ja ennustetilanteessa 48-57 % vrk-ohjearvosta. Ajoneuvojen suorat hiukkaspäästöt pienenevät autokannan uusiutuessa ja sähköistyessä, mutta pienhiukkasia

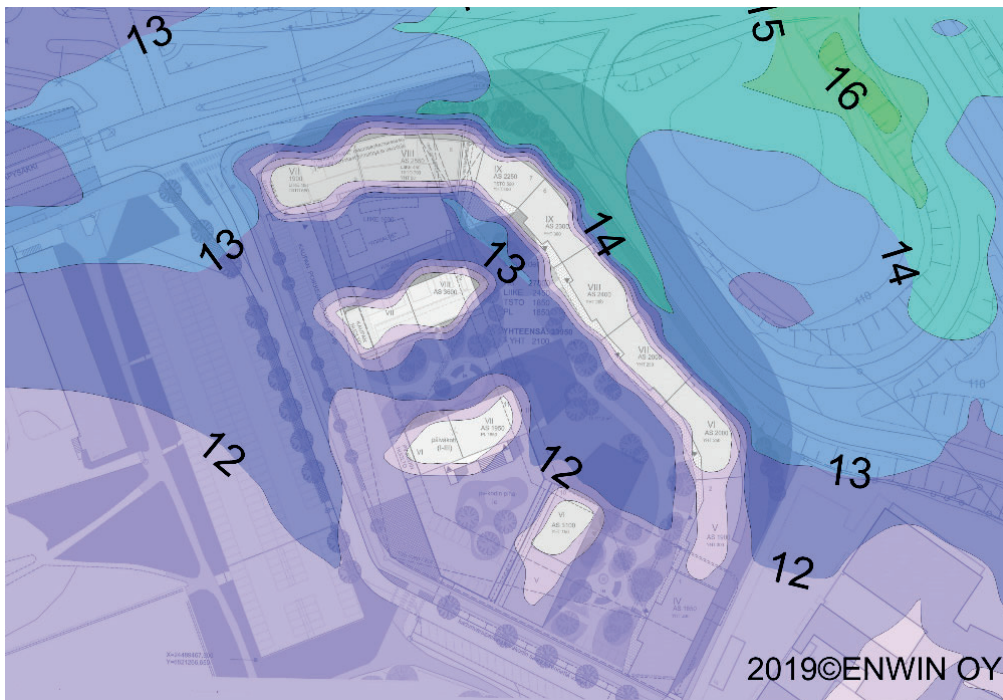
muodostuu myös osana katupölyä. Korkeimmat pienhiukkasten vuorokausipitoisuudet hieman laskevat tulevaisuudessa Hippostalon suunnittelualueella.

Vuosipitoisuudet alittavat WHO:n vuosipitoisuuden ohjearvon $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sekä nykytilanteessa että ennustevuonna. Vuosipitoisuudet ovat suunnittelualueella nykytilanteessa n. 28-31 % ilmanlaatuasetuksen (79/2017) vuosiraja-arvosta $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja ennustevuonna n. 27-28 % vuosiraja-arvosta. Suorien pienhiukkaspitoisuuksien väheneminen vuoteen 2040 mennessä näkyy ilmanlaadussa eniten tiealueiden ja aivan tien lähialueen pitoisuuksien alenemisena.

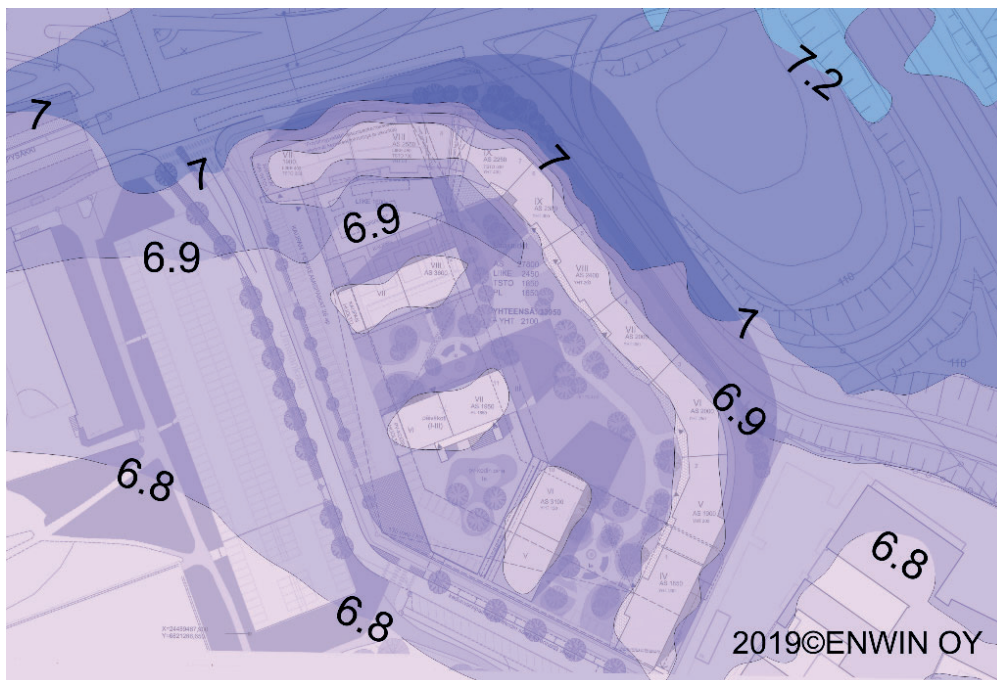
Kokonaisuutena katupölyn määrä ja sen pienhiukkasmaafraktio voi vaihdella riippuen mm. tulevaisuudessa rengasvalinnoista ja tienpintamateriaaleista sekä tien puhdistussykliin mukaan. Myös raitiotien pienhiukkaspäästö on huomioitu mallissa.

Pienhiukkasten kaukokulkeumaepisodien (esim. metsäpalot Euroopassa tai Venäjällä) aikana pienhiukkasten vuorokausiohjearvot voivat myös satunnaisesti ylittyä. Tällöin ylityksiä voi tapahtua laajemmin alueellisesti koko Tampereen alueella. Pienhiukkaset ovat terveydelle haitallisimpia, koska ne voivat päästä hengitysilman mukana syväälle keuhkoihin.

Kuvissa 10 ja 11 on suunnitelman mukaiset rakennukset ja $\text{PM}_{2.5}$ vuorokausi- ja vuosipitoisuudet suunnittelualueella ennustevuonna 2040.



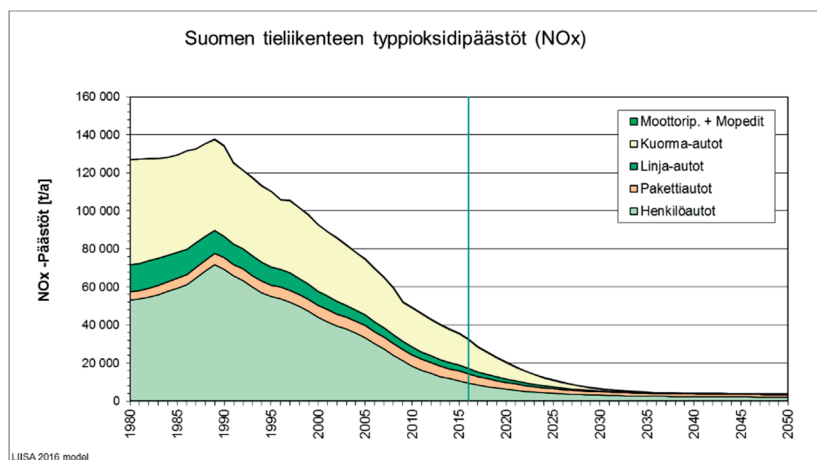
Kuva 10. $\text{PM}_{2.5}$ vuorokausipitoisuudet ($\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$) suunnittelualueella ennustevuonna 2040. Korttelisuunnitelman VE5 2019-04-17 mukaiset rakennukset. / Liite 5



Kuva 11. PM_{2.5} vuosipitoisuudet (µgPM_{2.5}/m³) suunnittelualueella ennustevuonna 2040. Korttelisuunnitelman VE5 2019-04-17 mukaiset rakennukset / Liite 5

4.3 Nykytilanteen NO₂-pitoisuudet

Suunnittelualueelle mallinnettiin myös nykyliikenteen typenoksidipäästöjen leviäminen. Mallinnuksella haluttiin tarkastella laajan risteysalueen typpidioksidipitoisuuksia nykytilanteessa. Tulevaisuusskenaariota ei tehty, koska kokonaisarvio typenoksidien liikennepäästöjen vähenemästä on nykytiedon mukaan suuri vuoteen 2040 mennessä (vrt. kuva 12). Liikennepolitiikalla ja ajoneuvokehityksellä on todennäköisesti merkittäviä vaikutuksia tulevaan kehitykseen.

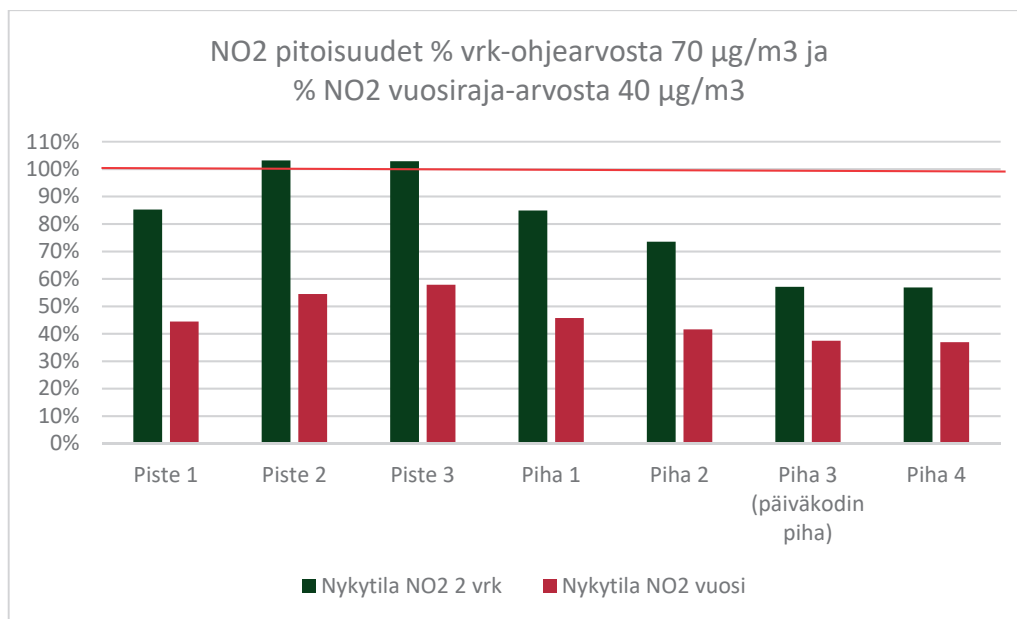


Kuva 12. Liikenteen typenoksidipäästöjen kehitysennuste / VTT Lipasto.

Typpidioksidipitoisuuksien aluejakaumat nykytilanteessa on esitetty liitteessä 6.

Taulukossa 5 on vertailupisteiden typpidioksidipitoisuudet nykytilanteessa ja kuvassa 13 ne on esitetty prosentteina ohje- tai raja-arvosta. Nykytilanteessa suunnittelualueella typpidioksidin vuorokausipitoisuudet ovat 40-72 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ (57-103 % vrk-ohjearvosta 70 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$) ja vuosipitoisuudet ovat 15-23 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ (37-58 % vuosiraja-arvosta 40 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$). Teiskontien reunassa ja risteysalueella vertailupisteissä (Pisteet 2-3) pitoisuudet voivat nousta vuorokausiohjearvotasoon 70 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$.

Taulukko 5. Typpidioksidin pitoisuudet vertailupisteissä nykytilanteessa. (vrk- ohjearvoon ja vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet)		
Ohje- ja raja-arvot	NO ₂ :n vrk- ohjearvo 70 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$	Vuosiraja-arvo 40 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$
vertailupiste	NO ₂ 2. vrk Nyky	NO ₂ vuosi Nyky
Piste 1	60	17.8
Piste 2	72	21.8
Piste 3	72	23.1
Piha 1	59	18.3
Piha 2	51	16.6
Piha 3 (pk)	40	15.0
Piha 4	40	14.8



Kuva 13. NO₂-pitoisuudet vertailupisteissä prosentteina (%) ohje- tai raja-arvosta nykytilanteessa.

Tulevaisuudessa on oletettavaa, että liikenteen typenoksidipäästöt jatkavat laskuaan autojen päästövähennysten ja mm. sähköautojen käytön lisääntyessä. Typpidioksidipitoisuuteen vaikuttaa kuitenkin myös typenoksidien ilmakemia. Tällöin mm. otsonipitoisuus ei ehkä tulevaisuudessa olekaan merkittävästi rajoittava tekijä typpimonoksidin hapettumisessa typpidioksidiksi vaan suurempi osuus päästöjen typpimonoksidista voi mahdollisesti hapettua typpidioksidiksi jo tien lähialueilla.

4.4 Johtopäätökset mallinnoista

Tehtyjen mallinnusten mukaan liikenneperäiset pienhiukkasten ($PM_{2.5}$) pitoisuudet alittavat ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot Hippotalon suunnittelualueella sekä nykytilanteessa että tulevaisuudessa. Vuoteen 2040 mennessä ajoneuvojen pienhiukkaspäästöt laskevat nykytilanteeseen verrattuna ja vaikka katupölyssä on pienhiukkasia, on pienhiukkasten kokonaispitoisuuksissa kuitenkin laskeva trendi. Myös typpidioksidipitoisuudet nykytilanteessa alittavat ohje- ja raja-arvot suunnittelualueella. Liikennekehitys ennakoitua tulevaisuudessa myös pieneneviä ajoneuvojen typenoksidipäästöjä. Typenoksidien ilmakemialla vaikuttaa kuitenkin muodostuviin typpidioksidipitoisuuksiin eikä päästövähennys ole suoraan verrannollinen ulkoilman pitoisuuksiin.

PM_{10} -hiukkaset eli ns. katupöly on ilmanlaadun kannalta merkittävin epäpuhtaus Hippotalon suunnittelualueella sekä nykytilanteessa että tulevaisuudessa. PM_{10} -hiukkasten vuosipitoisuudet jäävät alle vuosiraja-arvon kaikissa vertailupisteissä (40-60 % raja-arvosta $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mutta vuorokausipitoisuudet ylittävät ilmanlaadun ohjearvon $70 \mu\text{g}PM_{10}/\text{m}^3$ useassa kohdassa suunnittelualueen asuinrakennusten tienpuoleisilla sivustoilla.

PM_{10} -hiukkasten vuorokausiohjearvo ylittyy erityisesti Teiskontien puolella ramppialueen läheisyydessä suunnittelualueen asuinrakennusten kohdalla. Katupölykuukausina kadun puhdistus ja mm. liikenteen lumen poiskuljetus keväällä voi pienentää hiukkaspitoisuuksia. Talot ovat hyvin lähellä vilkasliikenteisiä tiealueita, mikä aiheuttaa kohonneet hiukkaspitoisuudet. Rakennusmuuri toisaalta suojaa pihaa eritasoristeyksien epäpuhtauksilta, mutta suunnittelualueen rakennukset voivat osaltaan myös vähentää tuulettuvuutta osassa piha-alueita. Sisäpihalla suppealla alueella PM_{10} -pitoisuus voi saavuttaa ohjearvotason *worst case* tuuli- ja säätilanteissa.

Vertikaalinen ilmanlaadun mallinnus rakennusten eri kerroksiin osoitti, että PM_{10} -hiukkasten vuorokausipitoisuuden ohjearvo ylityksiä esiintyi tiealueiden puoleisilla sivuilla 1-2 kerroksessa eri vertailupisteissä Teiskontien varteen sijoitetuissa taloissa. Hiukkaspitoisuuksien takia kerrosten läheisyyteen Teiskontien puoleisilla sivuilla ja ramppialueen läheisyyteen ei suositella asuinhuoneistoja tai parvekkeita kahteen ensimmäiseen kerrokseen. Sisäpihalla vertailupisteen Piha 1 läheisyydessä suppealla alueella PM_{10} -vuorokausipitoisuus voi saavuttaa ohjearvotason eikä sisäpihan kulmauksessa suositella asuinhuoneistoja ensimmäiseen kerrokseen.

Liikennemäärät Teiskontien ja eritasoristeyksien alueella ovat tulevaisuudessakin korkeat ja ns. katupölypäästöjä tulee esiintymään. Myös kaupan pikapysähdyspaikat lisäävät katupölykuormaa suunnittelualueella, koska kaupan pihaa joudutaan talviaikana liukastumisvaaran takia usein hiekoittamaan: Pihapysähdyspaikoilla autojen vaihtuvuus on suurta. Osa parkkipaikoista on sijoitettu maan tai pihakannen alle paikoitushalliin, jonka ilmanvaihto tulee suunnitella siten, ettei sen poistoilma purkautu korttelin sisäpihalle.

Hippotalon suunnittelualueen eteläosassa sisäpihan vertailupisteissä, mm. suunnitellun päiväkodin pihaalla, PM_{10} -vrk-pitoisuudet jäävät alle PM_{10} -hiukkasten vrk-ohjearvotason. Päiväkoti voidaan sijoittaa suunnitellulle alueelle. Päiväkoti sijaitisi tällöin ilmanlaadun kannalta tontin puhtaimmalla kohdalla, missä ohjearvot eivät ylity. PM_{10} -vuosipitoisuus on n. $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (n. 40 % vuosiraja-arvosta) ja pienhiukkasten vuosipitoisuus n. $6.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (27% vuosiraja-arvosta).

Talojen ilmanvaihdon suunnittelussa ja tuloilman suodatuksessa tulee huomioida alueen ulkoilman hiukkaspitoisuudet (*SFS-EN ISO 16890, Talotekniikkainfo_sisäilmasto ja ilmanvaihto opas, 2019*).

5. Suositukset

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 terveydellisin perustein 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 ns. liikenteen katupöly eli PM₁₀-hiukkaset ovat ilmanlaadun merkittävin epäpuhtaus Hippotalon suunnittelualueella sekä nykytilanteessa että tulevaisuudessa. Toisaalta terveyden kannalta haitallisimpien pienhiukkasten (PM_{2,5}) ohjearvot alittuvat suunnittelualueen asuinkerrostalojen kohdalla sekä nykytilanteessa että vuoden 2040 ennustetilanteessa.
3. Ilmanlaatu asettaa PM₁₀-hiukkasten osalta joitakin rajoituksia asuntojen / parvekkeiden sijoittamiselle:
 - o Hiukkaspitoisuuksien takia kerrostalojen Teiskontien puoleisille sivuille ja ramppialueen läheisyyteen ei suositella asuinhuoneistoja tai parvekkeita kahteen ensimmäiseen kerrokseen.
 - o Piha 1 vertailupisteen kerrostalon ensimmäiseen kerrokseen sisäpihan kulmauksessa ei suositella asuntoja vaan esim. muita asumisen yleistiloja.
4. Päiväkoti voidaan ilmanlaadun puolesta sijoittaa korttelisuunnitelman VE5 2019-04-17 mukaisesti sisäpihan kerrostaloon ja päiväkodin piha voidaan sijoittaa kahden kerrostalon väliin.
5. Kaupan poikkeamisparkkipaikat pihalla ja kaupan huoltoliikenne lisää katupölyvaikutuksia sisäpihalla, koska autojen vaihtuvuus parkkipaikalla on suurta. Osa parkkipaikoista on hallitiloissa pihakannen/maan alla. Parkkihallien ilmanvaihto tulee suunnitella niin, ettei se purkaudu piha-alueelle. Hallin poistoilma tulee johtaa riittävän ylös.
6. Rakennusten tuloilma tulee suodattaa (esim. suodatinkombinaatio ISO ePM₁₀ 50%+ ePM₁ 50 %; SFS-EN ISO 16890), koska sillä voidaan parantaa sisäilman laatua ja vähentää hiukkasten terveysvaikutuksia katupölykausiin ja myös pienhiukkasten kaukokulkeumaepisodiin aikana. Tuloilman suodatus tulee suunnitella uuden standardin mukaisesti riittävän tehokkaaksi.
7. Rakennus- tai porraskohtaisessa koneellisessa ilmanvaihdossa tuloilma tulee ottaa mahdollisimman korkealta, koska epäpuhtauksien pitoisuudet ovat yläkerroksissa alhaisimmat.
8. Jos sisäpihan erillisissä kerrostaloissa koneellinen ilmanvaihto toteutetaan huoneistokohtaisesti, tulee ulkoilman/tuloilman hiukkaspitoisuudet huomioida vertikaalisesti, kun valitaan sopivat huoneistokohtaiset hiukkassuodattimet. (SFS-EN ISO 16890, Talotekniikkainfo_sisäilmasto ja ilmanvaihto opas, 2019)
9. Suunnitelman mukaan alueelle tulee vähittäistavarakauppa/ kauppoja sekä myös toimitiloja. Kaupparakennuksen tuloilma tulisi myös suodattaa läheisen vilkasliikenteisen risteysalueen takia.
10. Hiukkaspitoisuuksia voidaan tässä vilkasliikenteisessä suunnittelukohteessa vähentää myös sijoittamalla matalaa kasvillisuutta esimerkiksi Uimalankadun / kaupan poikkeamispaikkojen ja asuinkerrostalojen väliin. Vastaavasti kasvillisuutta voi istuttaa talomuurin itäpuolelle ramppialueen läheisyyteen.
11. Ilmanlaadun kannalta paras ilman epäpuhtauksia pidättävä ja suurempien hiukkasten diffuusiota ja depositiota lisäävä kasvillisuus sijoittuu lähelle päästölähteitä. Tällöin kasvillisuuden tulisi olla suhteellisen matalaa, jolloin se ei ole estämässä epäpuhtauksien laimenemista ja sekoittumista ympäröivään puhtaampaan ilmaan. Kasvillisuus myös sitoo hiilidioksidia ja tuottaa happea. Kasvillisuudella on myös yleistä viihtyvyyttä lisäävä vaikutus.
12. Katupölyn ilmanlaatuvaikutuksia voidaan paikallisesti vähentää pihojen, tiealueiden ja parkkipaikkojen/ parkkihallien puhtaanapidolla ja säännöllisellä pesulla. Keväisin katupölyaikaan myös likaisten lumikasojen poiskuljetus vähentää katupölyn määrää.

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 EURO-päästönormien tiukentuminen eri ajoneuvoluokissa tulee pienentämään suoria ajoneuvojen pienhiukkaspäästöjä ja typenoksidipäästöjä. Henkilöautojen sähköistuminen myös vähentää suoria pienhiukkaspäästöjä. Pienhiukkaspäästöjä muodostuu myös katupölyn hienofraktiosta. Typenoksidien ilmakemialue vaikuttaa muodostuviin typpidioksidipitoisuuksiin eikä päästövähennys ole suoraan verrannollinen ulkoilman pitoisuuksiin.

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. Päiväkotien, koulujen ja seniori/palvelutalojen 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 pienpöly vaikuttavat pienhiukkaspitoisuuksiin paikallisesti.

LIITE 1. Ilmanlaadun vertailuarvoja

Taulukko 1/L1. Ilmanlaadun ohjearvot hengitettävälle hiukkasille (PM₁₀) ja typpidioksidille (NO₂).
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 (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂) 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

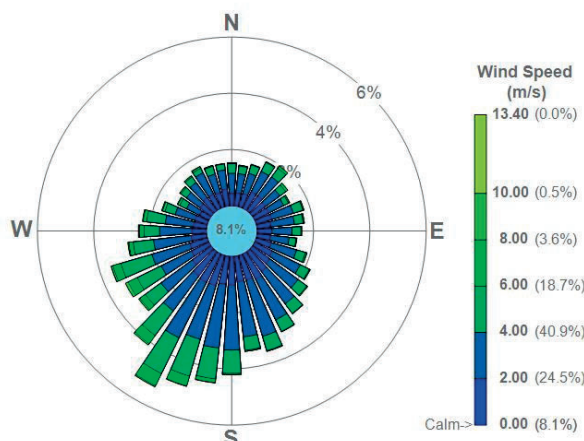
Päästöjen leviämisen mallinnus tehtiin epäpuhtauspäästöjen leviämistä kuvaavalla US EPA:n matemaattis-fysikaalisella **AERMOD** -mallilla. Malli soveltuu sekä hiukkasmaisten että kaasumaisten epäpuhtauskomponenttien sekä hajujen leviämisen tarkasteluun ja sillä voidaan tarkastella yhtä aikaa useamman päästölähteen yhteisvaikutusta alueen ulkoilmapitoisuuksiin. Mallia käytetään laajasti ilmanlaadun selvityksissä USA:n lisäksi myös muualla Euroopassa ja mm. Ruotsissa. AERMOD on myös hyväksytty FAIRMODE-mallinnusyhteisön mallinnusohjelmien listalle. AERMOD-mallinnusohjelmisto 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 mallinnuksissa 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 vuodenajat, kuten lehdetön ja lumisen vuodenaika Suomessa
- Alueellinen taustapitoisuus
- Katupölyn pienhiukkasfraktio on huomioitu PM_{2,5}-mallinnuksissa.
- Hengitettävien hiukkasten PM₁₀ (katu- ja asfalttipöly) päästökertoimissa käytetään tutkimustietoa THL:n PILTTI-projektista, pääkaupunkiseudun REDUST-hankkeesta sekä pohjoismaisesta NORDTRIP-projektista.

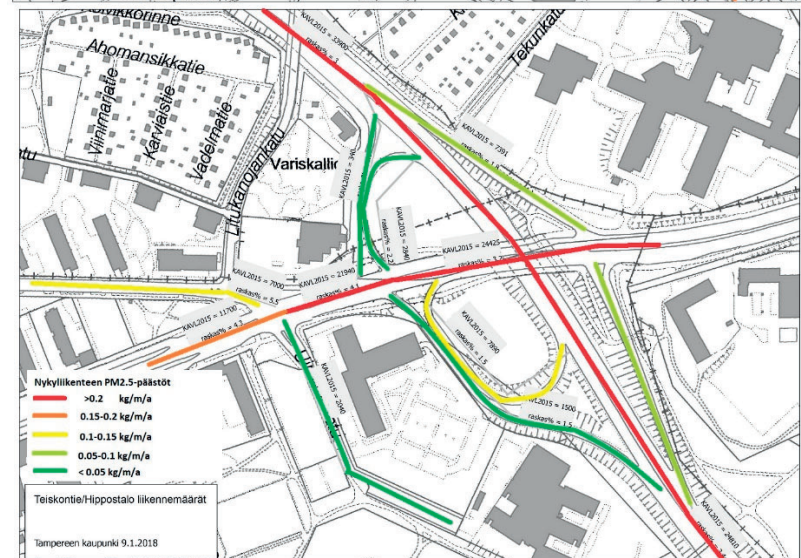
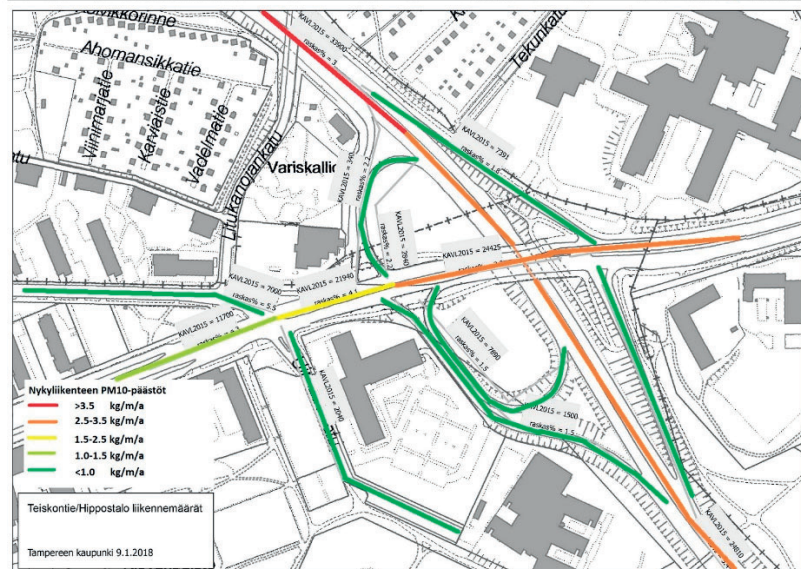
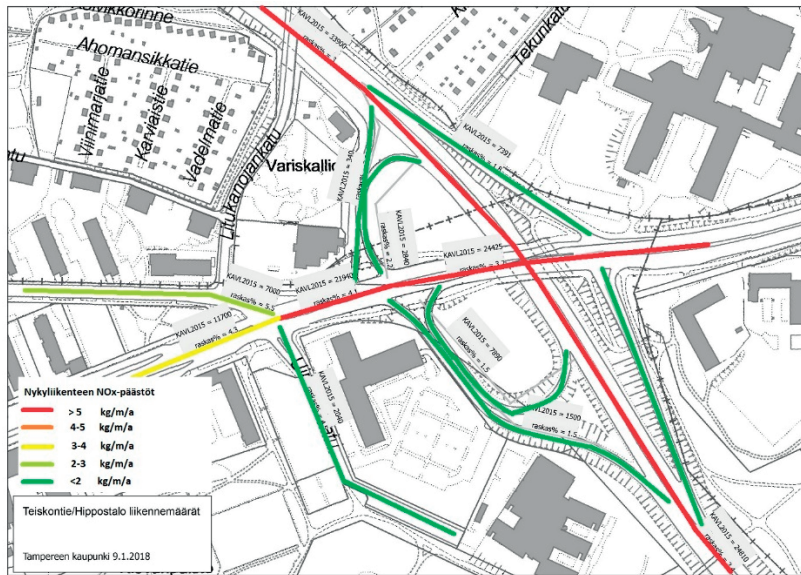
AERMOD -mallissa huomioidaan maaston muoto todellisten maastokoordinaattien mukaisesti (©Maanmittauslaitos, korkeusmalli). Suunnittelualueelle luotiin tiheä havaintopisteverkosto teialueiden ja suunnittelualueen ympäristöön. Suunnittelualueen rakennukset huomioitiin mallissa maastoesteinä.

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

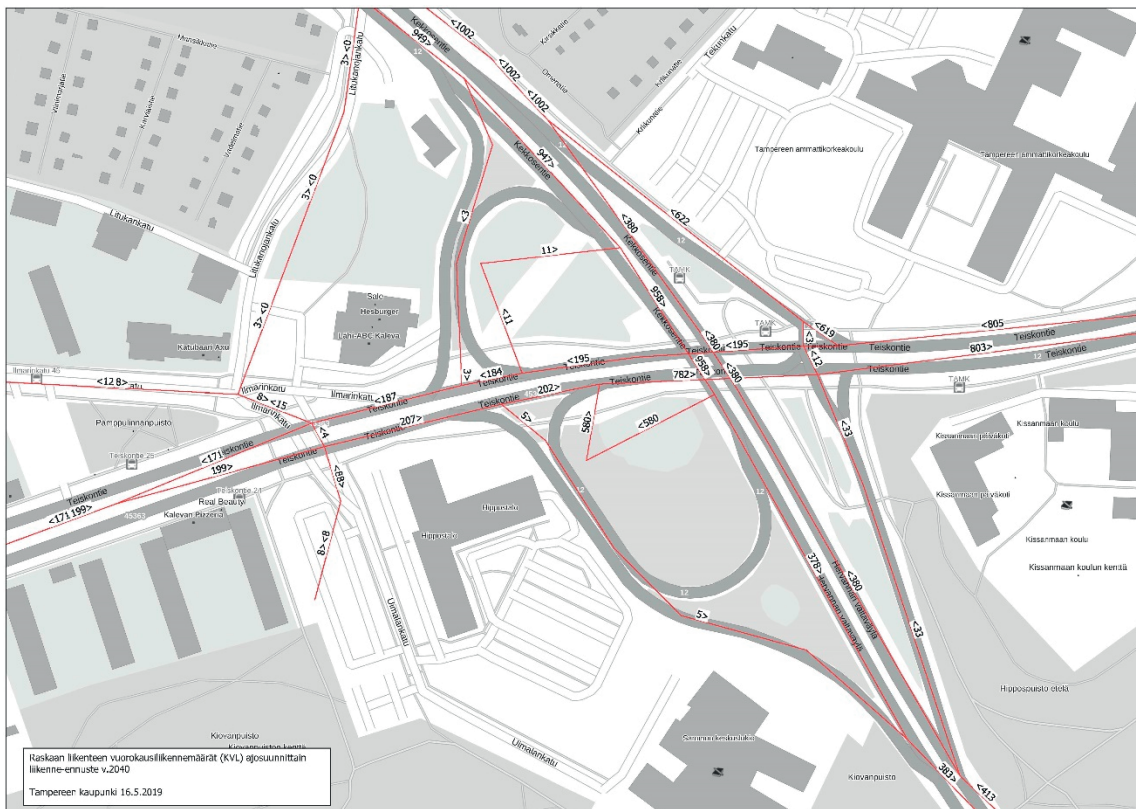
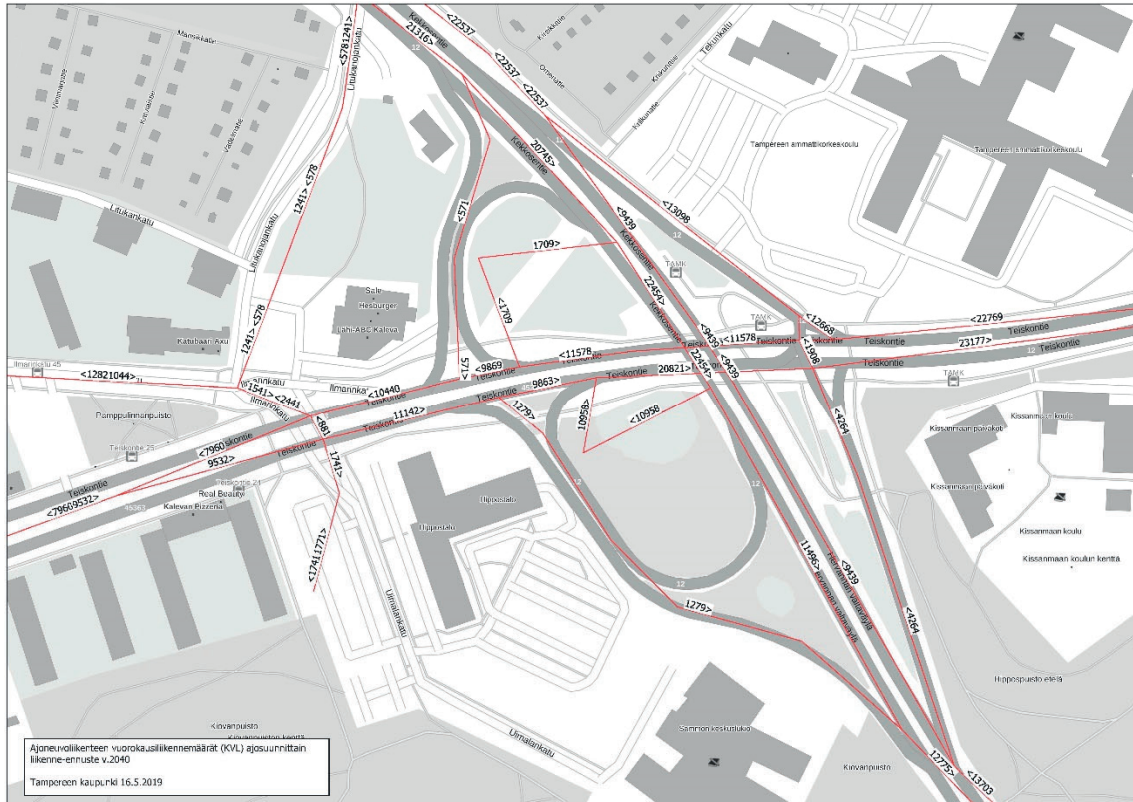


Kuva 1/L2. Tuuliruusu (=mistä tuulee) Tampere-Pirkkala tuntisäätitietojen mukaan vuosina 2014-2016.

Epäpuhtauksien alueellinen tausta on huomioitu nykytilanteen mukaisesti ilmanlaatumallinnuksissa 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.



Liikennemäärät ja raskas liikenne vuoden 2040 ennustetilanteessa



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 NOx-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 NOx-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 pienhiukkassosuus nykyarvioiden perusteella. Katupölypäästöön vaikuttaa eniten tien pintamateriaalien kehitys, kitka/nastarenkaiden käyttö ja rengaskulumat sekä liukkaudentorjunta ja tienpinnan puhdistusmenetelmät ja puhdistussyklit.

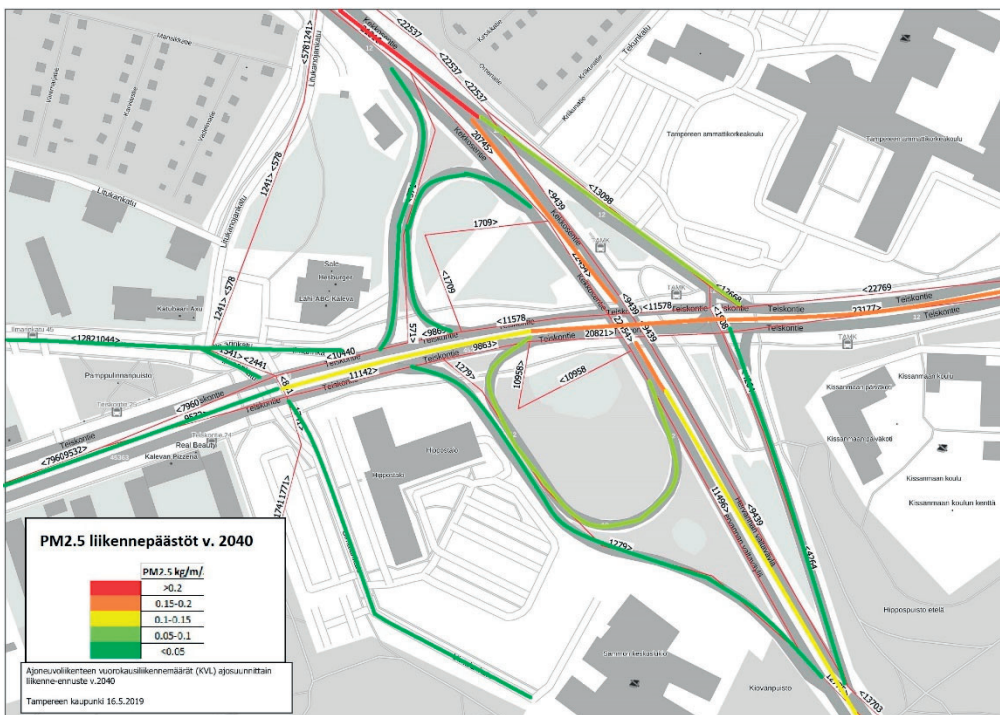
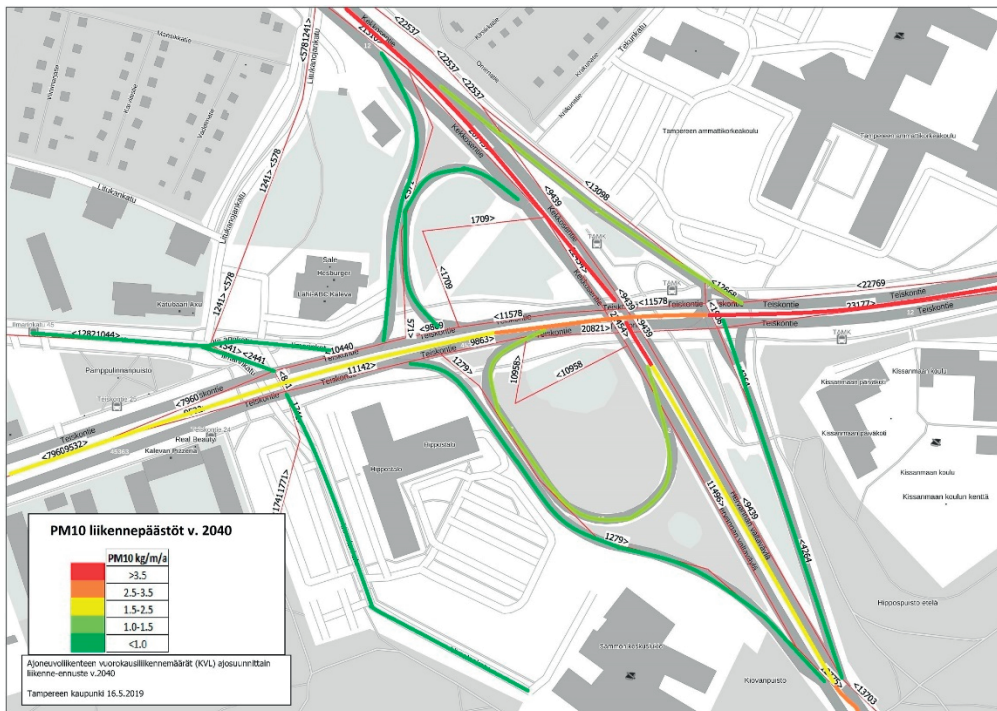
Raitiotien hiukkaspäästöt

Raitiotielle laskettiin vuoden 2040 skenaariossa PM₁₀-päästöjä liikennetiheyden (pääosin 5 min vuoroväli, n. 400 vuoroa/vrk molemmat suunnat yhteensä ⁶) ja raitiotielle julkaistujen PM₁₀-päästökertoimien mukaisesti ⁷. Raitiovaunujen hiukkaspäästökertoimista on kuitenkin hyvin vähän julkaisuja. Osa raitiotien hiukkaspäästöstä on itse raitiotiekiskoista tai vaunujen jarruista irtoavaa metalli/hiilikuitu hiukkasia ja osa raitiovaunun ilmavirran mukanaan nostattamaa ns. katupölyä. Huomioitava on myös, että raitioiteilla käytetään ns. jarruhiekkää jarrutusten apuna. Esimerkiksi Helsingissä raitiovaunut käyttävät jarrutuksessa jarruhiekkana noin 2 mm raekoon mursketta, mikä jää katu ympäristöön ja on mukana katupölypäästöissä.

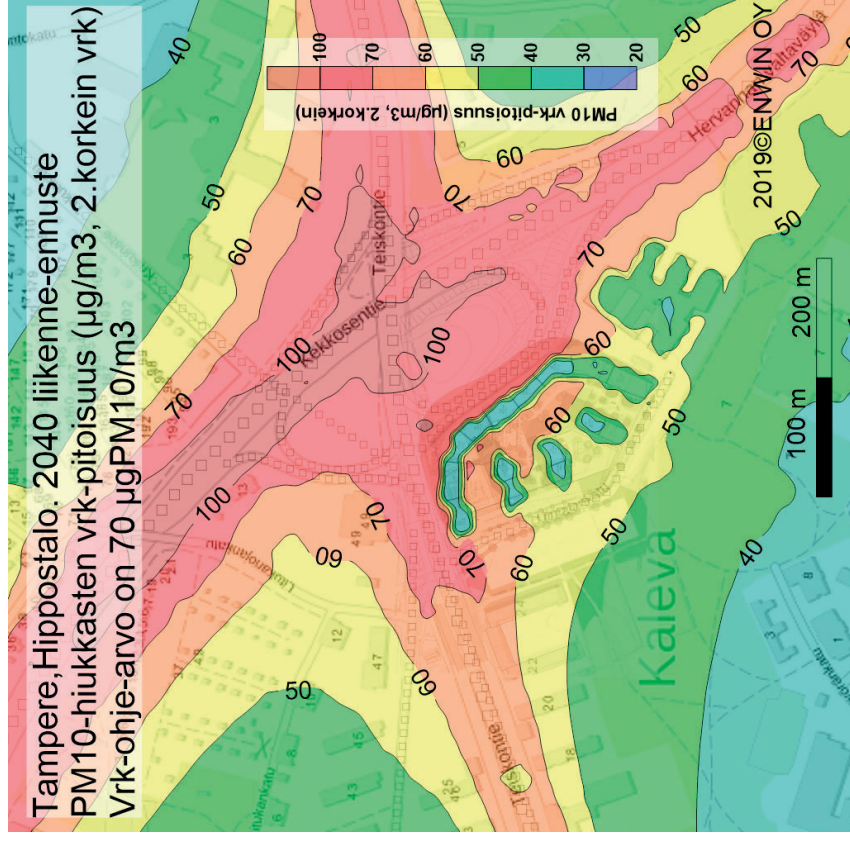
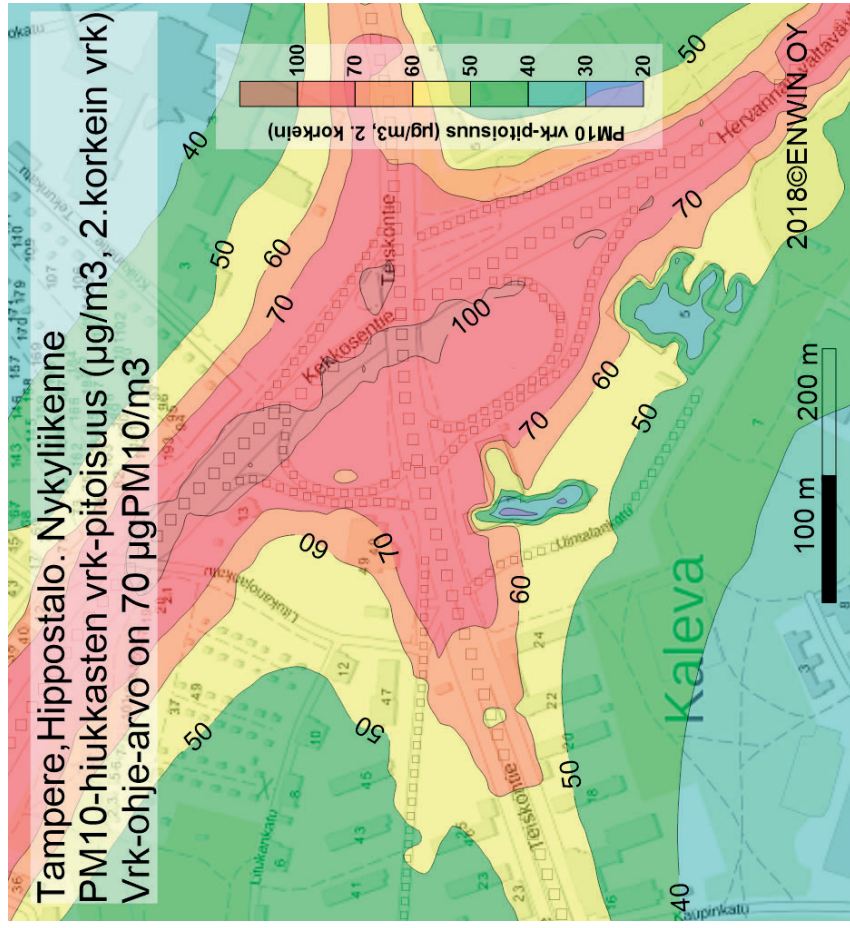
Raitiotien PM₁₀-hiukkaspäästöksi arvioitiin 0.05 kg/m/a, josta n. puolet arvioitiin pienhiukkasiksi (0.025 kg/m/a). Barcelonassa tehdyissä testimittauksissa on todettu, että suuri osa hiukkaspäästöstä on todennäköisesti pienhiukkasta, mutta kuitenkin kokonaisuutena raitiotiestä tuleva asukkaiden hiukkasaltistus on pienin kaikista joukkoliikennemuodoista, busseihin ja myös mm. metroon verrattuna.

⁶ Tampereen kaupunki, Petri Hakala 31.5.2017

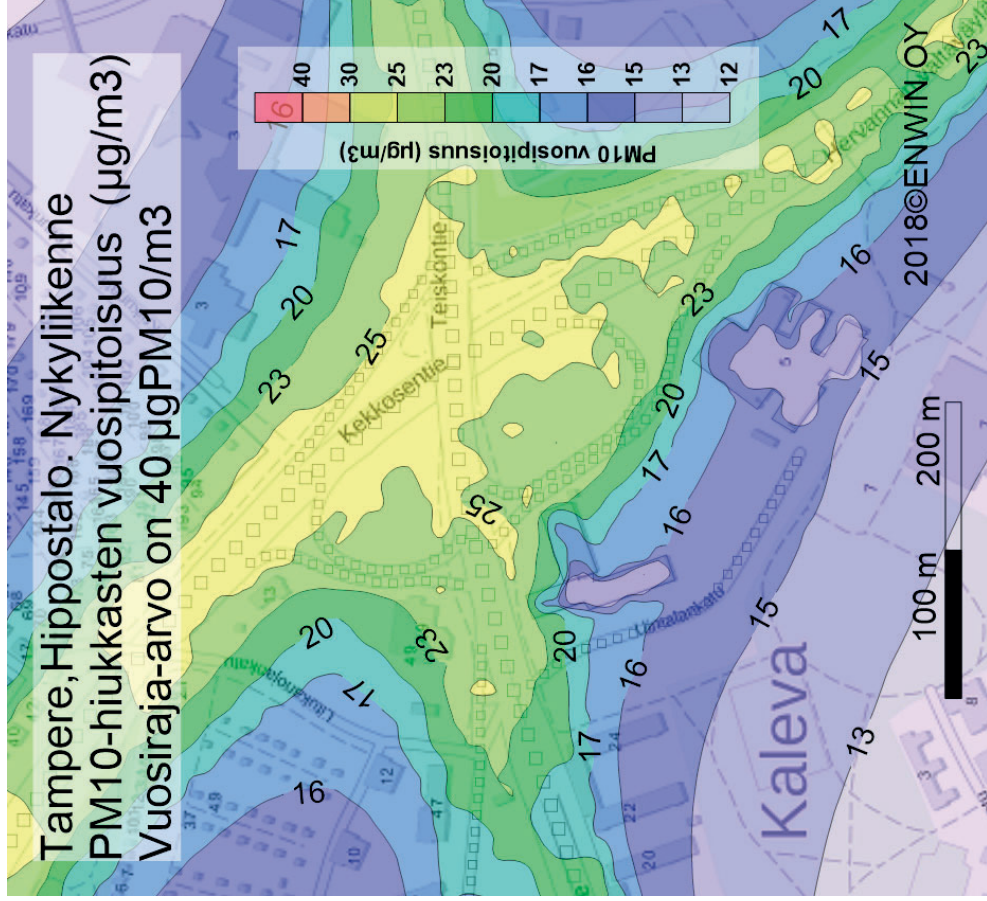
⁷ IIASA, PM Emission factors



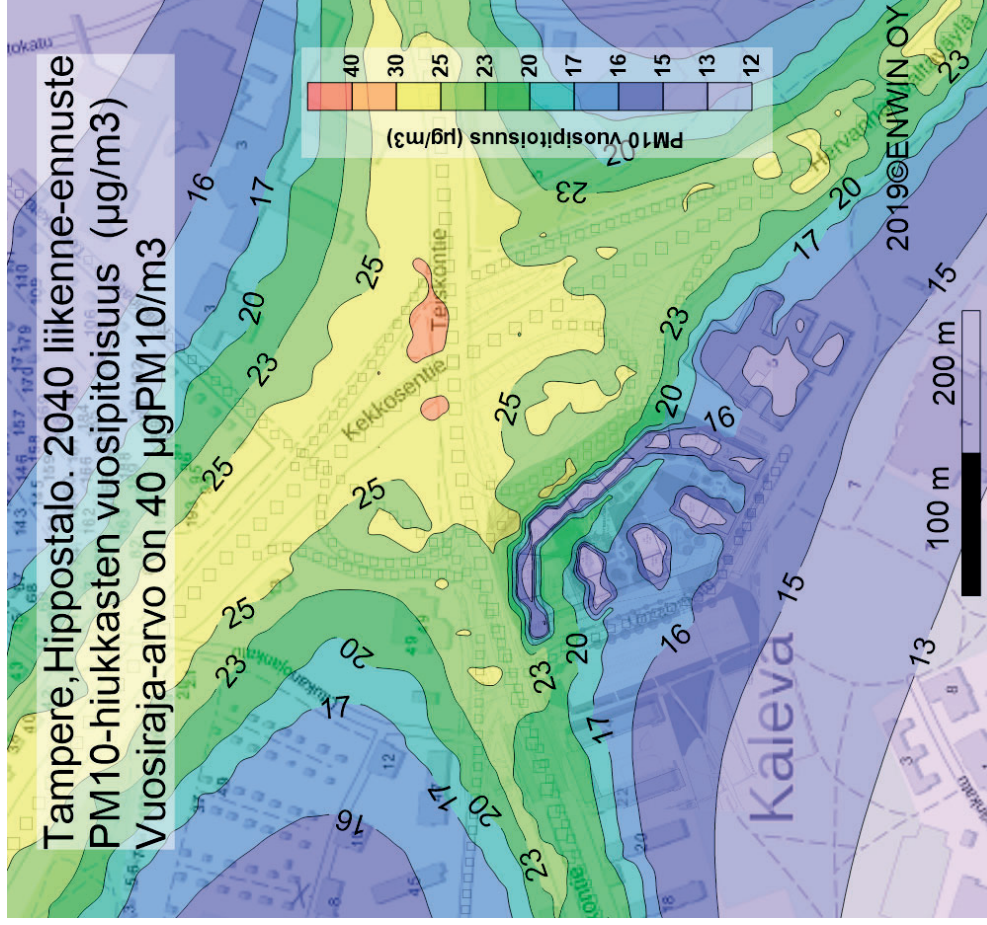
LIITE 4. PM₁₀-hiukkasten vuorokausi- ja vuosipitoisuudet – Nykytilanne ja ennustevuosi 2040



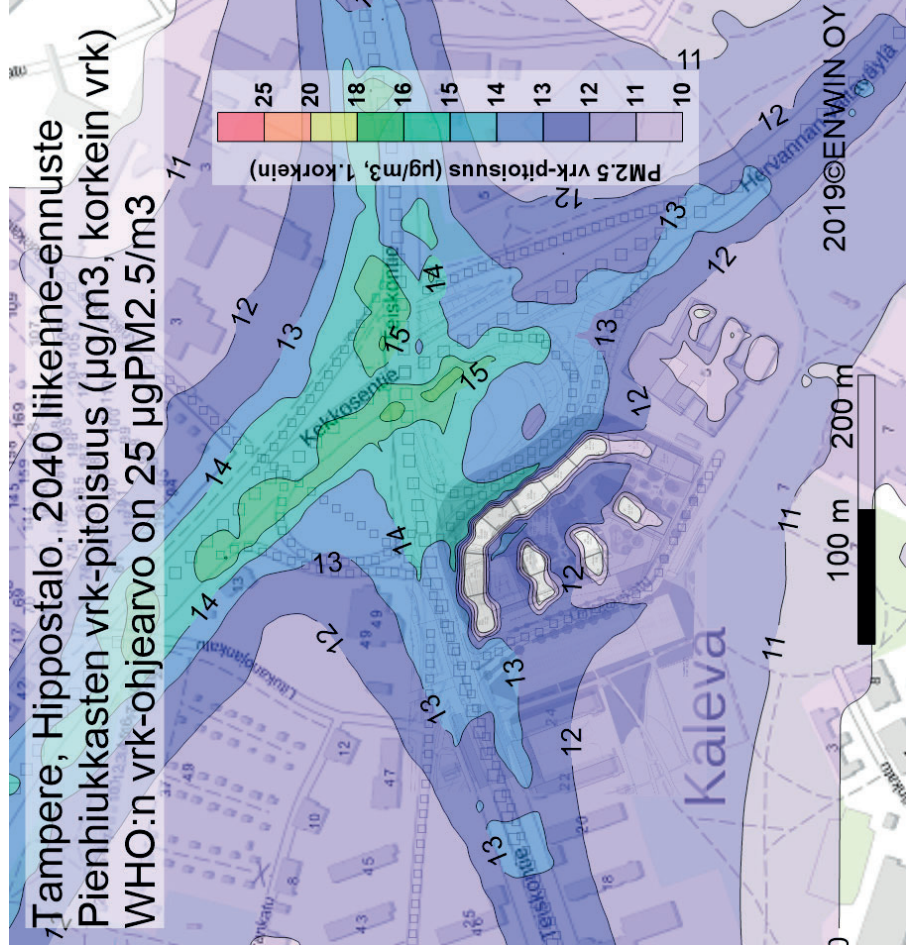
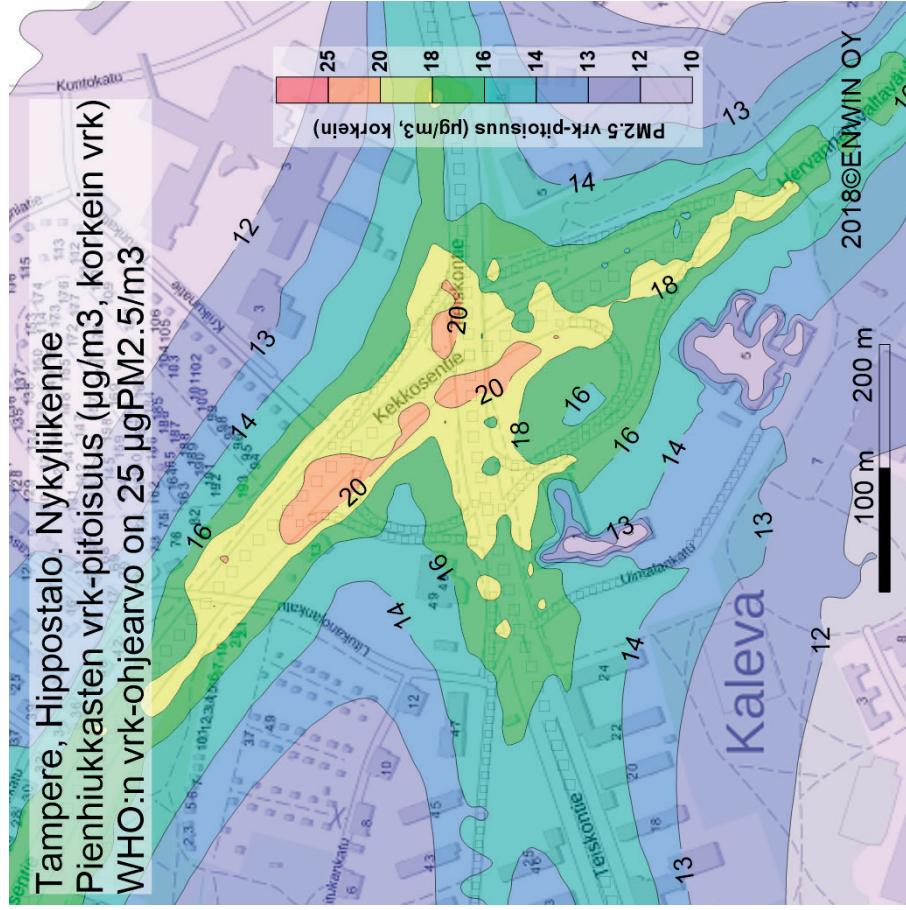
Tampere, Hippostalo. Nykyliikenne
PM10-hiukkasten vuosipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Vuosiraja-arvo on $40 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$



Tampere, Hippostalo. 2040 liikenne-ennuste
PM10-hiukkasten vuosipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Vuosiraja-arvo on $40 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$

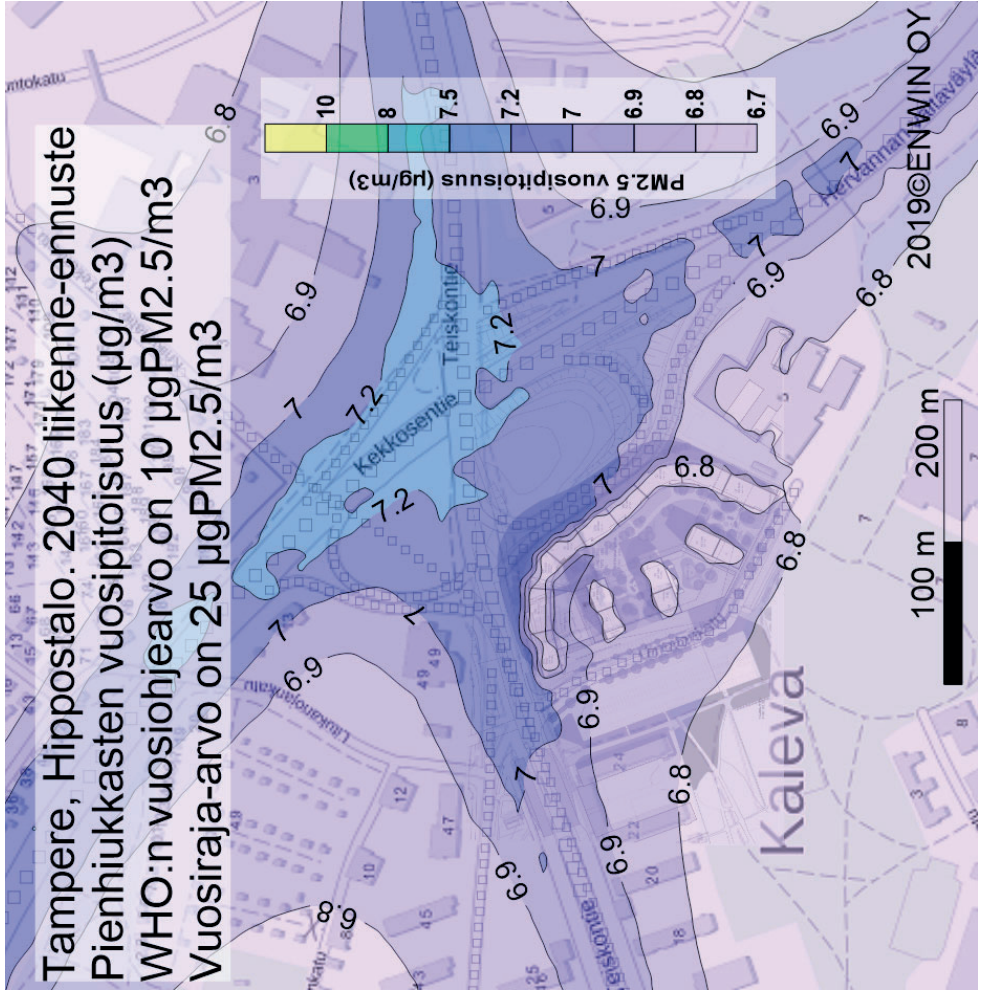
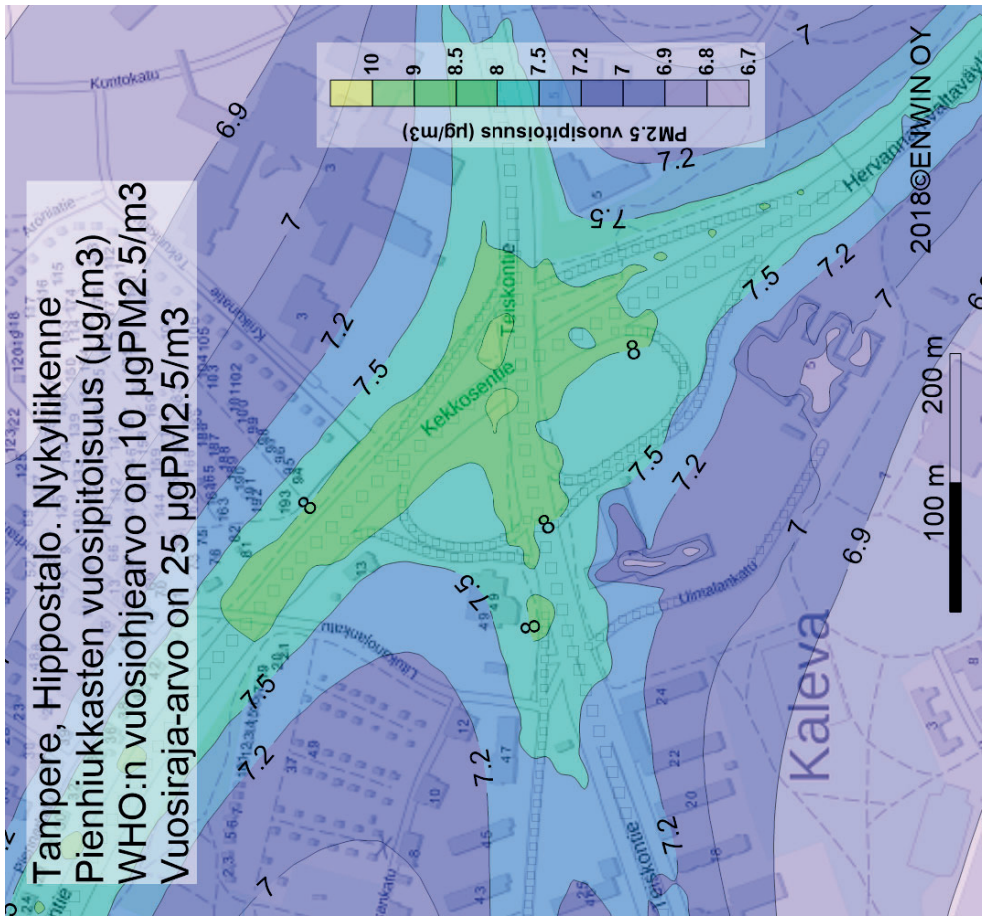


LIITE 5. PM_{2.5}-hiukkasten vuorokausi- ja vuosipitoisuudet – Nykytilanne ja ennustevuosi 2040

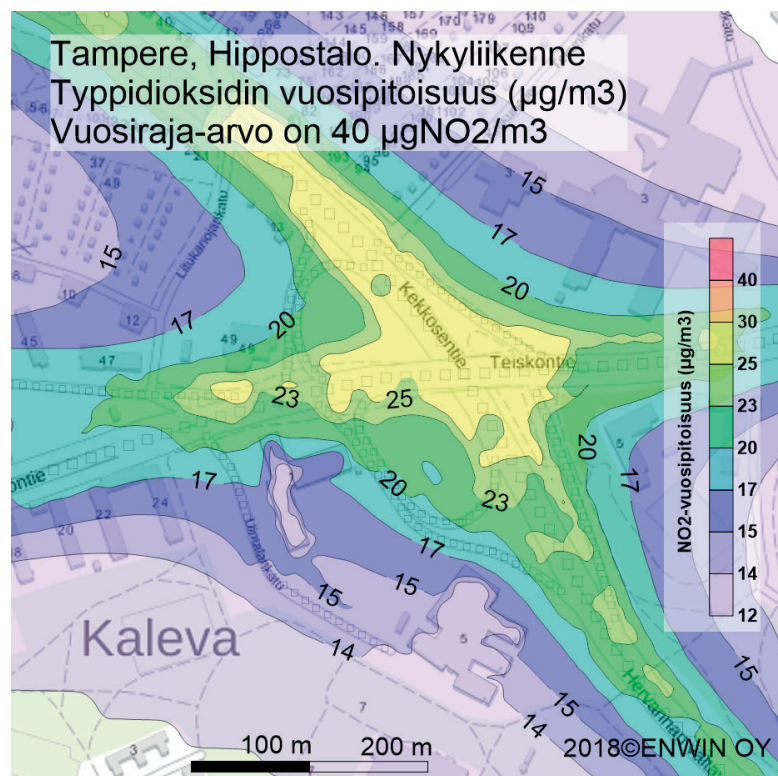
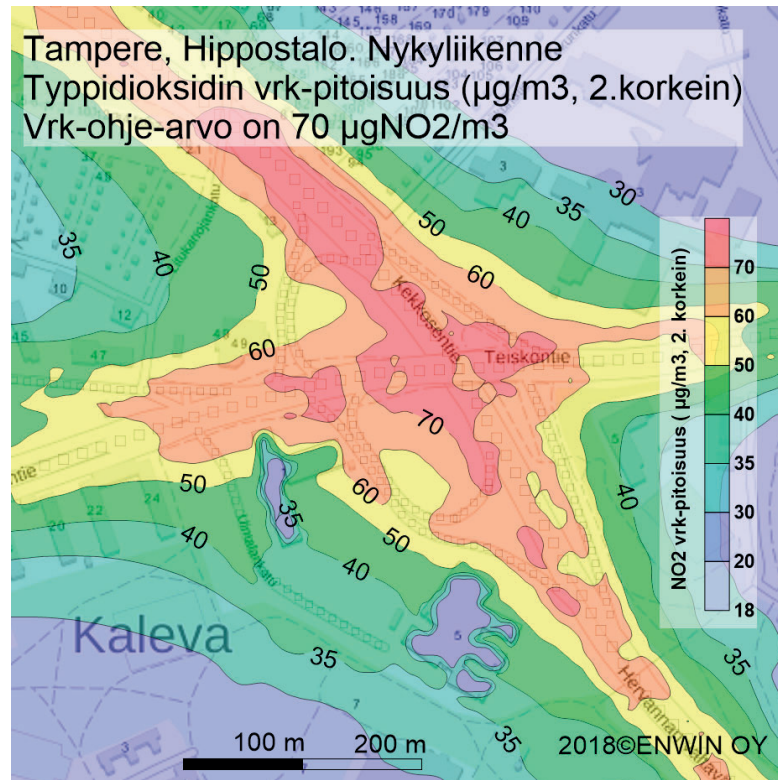


17.6.2019

LIITE 5



LIITE 6. Nykytilanteen NO₂-pitoisuudet



-
- 17.6.2019 Hippotalon ilmanlaatuselvityksen päivitys (uusi korttelisuunnitelma (VE5 2019-04-17 - ja uusi liikenne-ennuste vuodelle 2040 (16.5.2019))
 - 9.5.2018 Hippotalon ilmanlaatuselvitys

Copyrights2019©ENWIN OY