

# Enwin

- Vision Keeper -

Tampereen kaupunki  
Kaupunkiympäristön kehittäminen  
PL 487  
33101 Tampere

Ratapihankatu, Tampere  
Asemakaavamuutos nro 8330  
A ja B luonnosvaihtoehtojen ilmanlaatuselvitys  
ennustetilanteessa

1.8.2011

Enwin Oy  
Tarja Tamminen  
Ari Tamminen

---

ENWIN OY  
Kivipöytälänkuja 2  
33920 Pirkkala  
Puh/Fax: 03-2664396  
[www.enwin.fi](http://www.enwin.fi)  
[ari.tamminen@enwin.fi](mailto:ari.tamminen@enwin.fi)  
puh: 040-5127006  
[tarja.tamminen@enwin.fi](mailto:tarja.tamminen@enwin.fi)  
puh: 040-8409570

ALV -rek  
Y- tunnus  
1721084-8

## SANASTOA

### Ohjearvo

Ohjearvot ilmaisevat ilmansuojelutyön päämääriä ja ilmanlaadun tavoitteita ja ne on tarkoitettu ensi sijassa ohjeeksi viranomaisille. Ohjearvot eivät ole luonteeltaan sitovia, vaan niitä sovelletaan mm. alueidenkäytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ne tulee ottaa huomioon ympäristölupaa koskevassa lupaharkinnassa. Kansalliset ilmanlaadun ohjearvot on esitetty **Valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista 480/1996.**

### Raja-arvo

Raja-arvot määrittelevät suurimmat hyväksyttävät ilman epäpuhtauksien pitoisuudet, joita ei saa ylittää. Raja-arvoja on annettu sekä terveyshaittojen ehkäisemiseksi alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä, että erikseen kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi laajoilla maa- ja metsätalousalueilla ja luonnonsuojelualueilla. **Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta 38/2011** on esitetty EU:ssa voimassa olevat ilmanlaadun raja-arvot ihmisen terveyden suojelemiseksi.

### PM10 ( Particulate matter diam.<10 µm)

PM10 tarkoittaa läpimitaltaan alle 10 µm (0.010 mm) hiukkasia. Tämän kokoluokan hiukkasia kutsutaan myös ns. hengitettäväksi hiukkasiksi, koska ne voivat päästä hengitysilman kautta ihmisen keuhkoihin asti.

### PM2.5 ( Particulate matter diam.<2.5 µm)

Pienhiukkasiksi kutsutaan läpimitaltaan alle 2.5 µm (**PM2.5**) hiukkasfraktiota. PM2.5 katsotaan olevan terveysvaikutuksiltaan vaarallisempia, koska ne voivat tunkeutua syväälle hengityselimiin ja aina verenkiertoon asti. Osa pienhiukkasista on peräisin kaukokulkeutumasta.

## YHTEYSTIEDOT

Tampereen kaupunki  
Kaupunkiympäristön kehittäminen  
Ympäristöasiantuntija  
Antonia Sucksdorff-Selkämaa  
[antonia.sucksdorff@tampere.fi](mailto:antonia.sucksdorff@tampere.fi)  
PI 487  
33101Tampere

Enwin Oy, puh. 03-2664396  
Kivipöytälanukuja 2, 33920 Pirkkala  
Ari Tamminen, [ari.tamminen@enwin.fi](mailto:ari.tamminen@enwin.fi)  
Tarja Tamminen, [tarja.tamminen@enwin.fi](mailto:tarja.tamminen@enwin.fi)  
[www.enwin.fi](http://www.enwin.fi)

## SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto .....	4
2. Ilmanlaatu.....	5
2.1 Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot.....	5
2.2 Sisäilman laatutavoitteista .....	8
2.3 Taustapitoisuus ja kaukokulkeutuminen .....	8
3. Leviämismallinnuksen lähtötiedot .....	10
3.1 Leviämismalli .....	10
3.2 Havaintopisteverkosto .....	11
3.3 Sääaineisto .....	11
4. Liikenne ja päästöt .....	13
4.1 Liikenne mallinnuskohteessa.....	13
4.2 Tieliikennepäästöt.....	14
4.3 Tampereen henkilöratapihan dieselveturiliikenteen päästöt.....	16
4.4 Tieliikenteen päästömääräysten kehityksestä ja Suomen päästöennusteet.....	17
5. Päästöjen leviäminen aluejakaumakuvina.....	19
6. Tulokset ja niiden tarkastelu .....	20
6.1 Typpidioksidin (NO <sub>2</sub> ) pitoisuudet v.2030 .....	20
6.2 PM <sub>2,5</sub> -pitoisuudet v. 2030.....	21
6.3 PM <sub>10</sub> -pitoisuudet v. 2030.....	22
7. Yhteenveto ja suositukset.....	23
8. Mallin epävarmuuden arviointi .....	26
LIITE 1. Typpidioksidin leviäminen – Vaihtoehdot A ja B.....	I
LIITE 2. PM <sub>2,5</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen – Vaihtoehdot A ja B .....	II
LIITE 3. PM <sub>10</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen - Vaihtoehdot A ja B.....	IV

## 1. Johdanto

Työssä selvitettiin leviämismallin avulla tieliikenteestä ja Tampereen henkilöratapihan dieseljunaliikenteestä peräisin olevien ilman epäpuhtauksien (NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub> hiukkaset) leviämistä ja ilmanlaatua Tampereella **Ratapihankadun asemakaava-alueella nro 8330**. Mallinnustyö tehtiin vuoden 2030 arvioiduilla tieliikennemäärillä asemakaava-alueen A ja B luonnosvaihtoehtojen mukaisesti (rakennusmassoittelut) / Kuva 1.

Työn tarkoituksena oli selvittää, minkälainen on Ratapihankadun uuden asemakaava-alueen ilmanlaatu Ratapihankadun valmistuttua ja mitä eroja eri rakennussuunnitteluvaihtoehdoissa on ilmanlaadun kannalta.

- Vaihtoehto A
  - Rakennukset pääosin muita keskustatoimintoja kuin asumista
  - 8-kerroksiset talot ylittävät osittain Ratapihankadun
- Vaihtoehto B
  - X-kerroksiset rakennukset pääosin asuinrakennuksia, joissa alimpiin kerroksiin voidaan sijoittaa toimi- ja liiketiloja
  - asuinrakennukset avautuvat ja suuntautuvat pääasiassa itään Tammelan suuntaan pois päin Ratapihankaduilta



Vaihtoehto A /Arkkitiedit LSV OY



Vaihtoehto B /Arkkitiedit LSV OY

Kuva 1. Selvitysalue A ja B vaihtoehdot. / Arkkitiedit LSV OY

Ilmanlaatumallissa on huomioitu maaston muoto ja kortteliin suunnitellut kerrostalot, jolloin huomioidaan maaston lisäksi myös rakennusten vaikutukset päästöjen leviämiseen. Samalla selviää, voidaanko ilmanlaadun puolesta monikerroksiset asuinkerrostalot sijoittaa suunnitelluille paikoilleen lähelle tieväylää niin, että terveysperusteiset ilmanlaadun ohje- tai raja-arvot eivät ylitä.

Tilaajan, Tampereen kaupungin yhteyshenkilönä selvityksessä on ympäristöasiantuntija Antonia Sucksdorff-Selkämaa. Enwin Oy:ssä mallinnustyön on tehnyt tekn. lis. Tarja Tamminen.

## 2. Ilmanlaatu

### 2.1 Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot

Ulkoilman laadun arvioinnissa on käytössä ns. ilmanlaadun raja- ja ohjearvoja.

- **Raja-arvot** määrittelevät suurimmat hyväksyttävät ilman epäpuhtauksien pitoisuudet, joita **ei saa ylittää**. Raja-arvoja on annettu sekä terveyshaittojen ehkäisemiseksi alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä, että erikseen kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi laajoilla maa- ja metsätalousalueilla ja luonnonsuojelualueilla.
- **Ohjearvot** ilmaisevat ilmansuojeluyön päämääriä ja ilmanlaadun tavoitteita ja ne on tarkoitettu ensi sijassa ohjeeksi viranomaisille. Ohjearvot eivät ole luonteeltaan sitovia, vaan **niitä sovelletaan mm. alueidenkäytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa** ja ne tulee ottaa huomioon ympäristölupaa koskevassa lupaharkinnassa.

Euroopan Unionin *Ilmanlaatudirektiivi (2008/50/EY)* määrittelee Euroopan unionin laajuisen järjestelmän sitovien ilmanlaatuvoimien määräämiseksi nimetyille ilmansaasteille. EU:n ilmanlaatuasetus on implementoitu Suomen lainsäädäntöön *Valtioneuvoston asetuksella ilmanlaadusta 38/2011* (20.1.2011). Asetuksessa on sitovat **ilmanlaadun raja-arvot** mm. tässä mallinnettaville komponenteille, typpidioksidille (NO<sub>2</sub>) ja hiukkasille (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>).

Ilmanlaatuasetuksessa 38/2011 on PM<sub>10</sub>-hiukkasten osalta poikkeussäännös, minkä mukaan EU:n jäsenvaltiot voivat nimetä alueita tai taajamia, joiden alueella PM<sub>10</sub>-hiukkasten raja-arvot ylittyvät, koska teiden talvihiekoitus tai -suolaus aiheuttaa ilmassa leijuman. Jäsenvaltioiden on lähetettävä komissiolle luettelo kyseisistä alueista ja taajamista sekä niiden PM<sub>10</sub>-pitoisuuksista ja -lähteistä. Jäsenvaltioiden on esitettävä tarvittavat todisteet, jotka osoittavat, että ylitykset johtuvat kyseisestä leijumasta ja että pitoisuuksien pienentämiseksi on toteutettu kohtuullisia toimenpiteitä.

Taulukossa 1 on asetuksen mukaiset ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi mallinnettaville epäpuhtauksille, typpidioksidille, NO<sub>2</sub> ja hengitettävillä hiukkasilla, PM<sub>10</sub> sekä pienhiukkasilla PM<sub>2,5</sub>. Lisäksi taulukossa 1 on esitetty typen oksidien (NO+NO<sub>2</sub>=NO<sub>x</sub>) kriittinen taso kasvillisuuden suojelemiseksi.

<b>Taulukko 1. Hengittävien hiukkasten, pienhiukkasten ja typpidioksidin (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>) ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi. NOx:n kriittinen vuositaso on annettu kasvillisuuden suojelemiseksi.</b> Lähde: VNA 38/2011				
Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo, µg/m <sup>3</sup> *	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa	Ajankohta, josta lähtien raja-arvot ovat olleet voimassa
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	24 tuntia kalenterivuosi	50 µg/m <sup>3</sup> * 40 µg/m <sup>3</sup>	35 -	1.1.2005 1.1.2005
Pienhiukkaset (PM <sub>2.5</sub> )	kalenterivuosi	25 µg/m <sup>3</sup>	-	1.1.2010
Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> )	1 tunti kalenterivuosi	200 µg/m <sup>3</sup> 40 µg/m <sup>3</sup>	18 -	1.1.2010 1.1.2010
Typen oksidit (NOx) kasvillisuus	kalenterivuosi	30 µg/m <sup>3</sup>	-	1.1.2010
*Kaasumaisilla yhdisteillä tulokset ilmaistaan 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa. Hiukkasten tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa				

Pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>) voivat aiheuttaa merkittäviä haitallisia vaikutuksia ihmisten terveydelle. PM<sub>2.5</sub>-hiukkasille ei tähän mennessä ole voitu määrittää kynnysarvoa, jonka alittuessa ne eivät aiheuttaisi terveysriskiä. Tämän takia EU:n ilmanlaatudirektiivissä on asetettu tavoitteeksi kaupunkien taustapitoisuuksien yleinen alentaminen, jotta voidaan varmistaa, että suuri osa väestöstä hyötyy paremmasta ilmanlaadusta. Suomessa on Valtioneuvoston asetuksessa 38/2011 määritelty pienhiukkasten kansallinen altistumisen pitoisuuskatto ja altistumisen vähennystavoitteet.

#### ***Kansallinen altistumisen pitoisuuskatto ja altistumisen vähennystavoite pienhiukkasille***

Pienhiukkasten kansallisen altistumisen pitoisuuskaton toteutumisen seurannassa sekä altistumisen vähennystavoitteen laskennassa ja sen seurannassa käytettävä keskimääräinen altistumisindikaattori lasketaan ympäristönsuojelulain 25 §:n 2 momentissa tarkoitetun, pääkaupunkiseudulla sijaitsevan kaupunkitausta-aseman mittaustulosten kolmen kalenterivuoden liukuvana keskiarvona, siten että:

- 1) vuoden 2010 keskimääräinen altistumisindikaattori on vuosien 2009—2011 pitoisuuskeskiarvo;
- 2) vuoden 2015 keskimääräinen altistumisindikaattori on vuosien 2013—2015 pitoisuuskeskiarvo;
- 3) vuoden 2020 keskimääräinen altistumisindikaattori on vuosien 2018—2020 pitoisuuskeskiarvo.

Kansallinen altistumisen pitoisuuskatto pienhiukkasille on **20 µg/m<sup>3</sup> 31.12.2015**.

Lisäksi kansallinen altistumisen vähennystavoite pienhiukkasille vuosina 2010-2020 on esitetty taulukossa 2.

<b>Taulukko 2. Pienhiukkasten altistuksen vähentämistavoitteet 31.12. 2020 mennessä (perustuvat kaupunkitaustan mittauksiin).</b>	
Keskimääräinen altistumisindikaattori (x $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ ) vuonna 2010	Vähennystavoite (%)
<8.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 %
8.5-13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 %
13-18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15 %
18-22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 %
>22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	kaikki tarvittavat toimet pitoisuuden 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alittamiseksi

Jos vuosina 2009—2011 laskettu keskimääräinen altistumisindikaattori on enintään 8.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , altistumisen vähennystavoite on nolla prosenttia. Vähennystavoite on nolla prosenttia myös, jos indikaattori saavuttaa pitoisuuden 8.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  vuosien 2010—2020 aikana ja pysyy kyseisessä pitoisuudessa tai sen alapuolella.

### **Kansalliset ilmanlaadun ohjearvot**

Ilmanlaadulle on annettu Suomessa myös **kansallisia ohjearvoja** -*Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista, VNp 480/1996*. Ohjearvojen tarkoituksena on ehkäistä ilman epäpuhtauksista aiheutuvat terveydelliset haitat ja luonnon vaurioituminen sekä vähentää viihtyisyyshaittoja. Lyhytaikaispitoisuuksien ohjearvot on annettu ensisijaisesti terveydellisiin perusteisiin. Niiden asettamisessa on pyritty ottamaan huomioon muun muassa ilman epäpuhtauksien vaikutukset herkkiin väestöryhmiin, kuten lapsiin, vanhuksiin ja hengityselinsairaisiin. Pitkäaikaispitoisuuksien ja laskeuman ohjearvojen tavoitteena on ensisijaisesti kasvillisuuteen ja muuhun luontoon kohdistuvien haittojen ehkäiseminen. Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten ilmanlaadun ohjearvot on esitetty taulukossa 3.

<b>Taulukko 3. Ilmanlaadun ohjearvot hengitettävälle hiukkasille (PM<sub>10</sub>) ja typpidioksidille (NO<sub>2</sub>). Lähde: VNp 480/1996</b>		
Aine	Ohjearvo (20 °C, 1atm)	Tilastollinen määrittely
Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Typpidioksidi (NO <sub>2</sub> )	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

Myös Maailman terveysjärjestö WHO<sup>1</sup> on antanut PM<sub>2.5</sub>-ohjearvot pienhiukkasten vuosi- ja vuorokausipitoisuudelle (Taulukko 4).

<b>Taulukko 4. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) WHO:n ohjearvot.</b>	
	Pitoisuus
WHO / PM <sub>2.5</sub> vuorokausiohjearvo	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
WHO PM <sub>2.5</sub> vuosiohjearvo	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

<sup>1</sup> WHO 2006. Air Quality Guidelines: Global Update 2005. World Health Organization.

## 2.2 Sisäilman laatutavoitteista

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa D2<sup>2</sup> (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2003) on sisäilman laadusta sanottu seuraavaa:

*"Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja."*

### 2.3.1.2

**"Sisäilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi rikkidioksidin, typpidioksidin, hiukkasten, lyijyn, hiilimonoksidin tai bentseenin pitoisuudet ovat yleensä enintään ilmanlaadusta annetun valtioneuvoston asetuksen (711/2001) mukaisia."**

Yllä mainituissa määräyksissä ja ohjeissa PM<sub>10</sub>-hiukkasille on erikseen annettu arvo 50 µg/m<sup>3</sup>, mikä on myös PM<sub>10</sub>:n ulkoilman laadun sitova vuorokausiraja-arvo. Muiden yllä olevassa listassa mainitsemattomien epäpuhtauksien osalta epäpuhtauspitoisuus sisäilmassa saa olla enintään 1/10 HTP-arvoista (HTP= haitalliseksi tunnetut pitoisuudet työpaikoilla).

## 2.3 Taustapitoisuus ja kaukokulkeutuminen

Tamperetta lähinnä oleva ilmanlaadun taustapitoisuuden mittausasema on Ähtärissä. Siellä mitataan mallinnettavista epäpuhtauksista vain typpidioksidia (NO<sub>2</sub>). Lähin tausta-asema, jossa on mitattu sekä hengitettäviä hiukkasia (PM<sub>10</sub>) että pienhiukkasia (PM<sub>2,5</sub>) sijaitsee Espoon Luukissa. Vuonna 2003 Luukissa mitattiin vielä PM<sub>10</sub>-pitoisuuksia, minkä jälkeen siellä on siirrytty PM<sub>2,5</sub> hiukkasten mittaukseen.

Taulukossa 5 on esitetty Ähtärin, Virolahden ja Luukin tausta-asevilla mitattuja typpidioksidin, hiukkasten ja otsonin vuosipitoisuuksia. Lisäksi vertailussa ovat Helsingin Kallion kaupunkitausta-aseman pitoisuudet ja Tampereen kaupungin mittaustuloksia. Kallio on nk. kaupunkitausta-asema, joka kuvaa kaupunkikeskustan yleistä ilmanlaatua ja siellä mitatut pitoisuudet vastaavat tasoa, jolle ihmiset keskimäärin altistuvat Helsingin keskustan asuinalueilla.

Erityisesti pienhiukkasissa (PM<sub>2,5</sub>) kaukokulkeuman osuus voi olla ajoittain merkittävää.

---

<sup>2</sup> Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 ,Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2003



<b>Taulukko 5. Tausta-asemien, Helsingin Kallion kaupunkitausta-aseman ja Tampereen mitta-asemien NO<sub>2</sub>- , PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> ja O<sub>3</sub>-pitoisuuksia. Vertailuna myös NO<sub>2</sub>- ja PM<sub>10</sub>/ PM<sub>2.5</sub>-pitoisuudet.</b> (Lähteet: YTV 2004 <sup>3</sup> , 2007 <sup>4</sup> ja Treen kaupunki 2007 <sup>5</sup> ja 2008 <sup>6</sup> 2009 <sup>7</sup> ja AirView <sup>8</sup> )				
	NO <sub>2</sub> vuosikeskiarvo (RA 40 µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> vuosikeskiarvo (RA 40 µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> vuosikeskiarvo (EU:n RA 25 µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> vuosikeskiarvo (µg/m <sup>3</sup> )
Ähtäri 2006	3	-	-	65
Virolahti 2006	6	11	8	60
Luukki 2003-05-06-07- 08-09	8-6-8-6-6-6	12-----	-- 8.2 -7.3- 7.0	52- 54 -58- 50- 52-49
Helsinki, Kallio 2003-05-06-07- 08-09	25-23-24-22-19	16-15-17-17-14- 15	8.8- 8.3- 9.8- 9.0- 8.6-8.2	45- 48 -51- 45- 48-46
Tampere, Pirkankatu 2006-07-08-09	26-20-17-19	17-17-17-17		
Tampere, Linja-autoas 2009.	19		8	-
Tampere, Kaleva 2009	10		7	33
Tampere Santalahti 2006-07-08-09		15-21-17-18		
Tampere Lielähti 2001-02-03-04	12-14-13-12			

<sup>3</sup> Myllynen M. et al., Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2003, B2004:5, YTV, Hki 2004, p. 93

<sup>4</sup> Myllynen M. et al., Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2006, YTV, Hki 2007, p. 109

<sup>5</sup> Tampereen ilmanlaatu 2006- Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset, Tampereen kaupunki Ympäristöpalvelujen julkaisuja 2/2007

<sup>6</sup> Tampereen ilmanlaatu 2007- Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset, Tampereen kaupunki Ympäristöpalvelujen julkaisuja 1/2008

<sup>7</sup> Tampereen ilmanlaatu 2009, Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset, Tampereen kaupunki Ympäristönsuojelun julkaisuja 1/2010

<sup>8</sup> <http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice>

### 3. Leviämismallinnuksen lähtötiedot

#### 3.1 Leviämismalli

Liikennepäästöjen leviämisen mallinnus tehtiin uusimmalla USEPAn matemaattis-fysikaalisella AERMOD-mallilla. Malli olettaa, että epäpuhtauksien leviäminen tuulen suunnassa noudattaa normaalijakaumaa sekä vaakatasossa että pystytasossa. Malli soveltuu sekä hiukkasmaisten että kaasumaisten epäpuhtauskomponenttien leviämisen tarkasteluun ja sillä voidaan tarkastella yhtä aikaa useamman päästölähteen yhteisvaikutusta alueen ulkoilmapitoisuuksiin. Malli huomioi myös maaston muodon todellisten maastokoordinaattien mukaisesti.

Ilmanlaatumallissa huomioitiin myös kerrostalot ko. korttelissa. Uusimpien US EPA:n tekemien mittausten mukaan rakennuksilla ja suurimmilla melusteilla on vaikutusta tien lähialueiden epäpuhtauspitoisuuksiin, mm. pienhiukkasten pitoisuuksiin verrattuna avoimma olevaan maastoon.

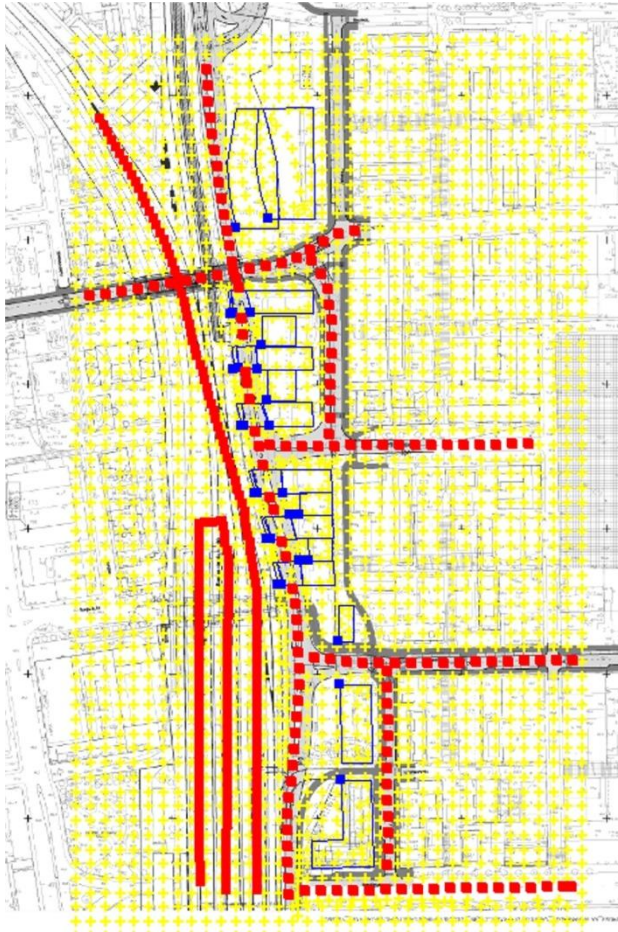
Liikenteen suorat hiukkaspäästöt on käsitelty mallissa  $PM_{2.5}$ -hiukkasina, lisäksi PILTTI-projektin mukaisesti katupölyn  $PM_{2.5}$ -osuus lisättiin pienhiukkaspäästöihin. Pienhiukkaspäästöjen ( $PM_{2.5}$ ) tulosvertailu tehtiin sekä pienhiukkasten WHO:n ohjearvoihin sekä  $PM_{2.5}$  vuosiraja-arvoon ja kansalliseen altistuskattoon. Hengitettävien hiukkasten  $PM_{10}$  (katu- ja asfalttipöly) osalta tulosvertailu tehtiin  $PM_{10}$  ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Hiukkasten nykyiset taustapitoisuudet huomioitiin mallissa.

Typenoksidien muutunta on huomioitu AERMOD-mallissa. Otsoni huomioitiin tuntipitoisuuksina Luukin tausta-asemalta. Ajoneuvopäästöjen  $NO_2/NO_x$  -suhde oli mallissa 19 %.  $NO_2$ -taustapitoisuudet huomioitiin Luukin aseman mittaustuloksista. Luukki valittiin tausta-asemaksi, koska Tampereella on suhteellisen paljon teollista toimintaa pääkaupunkiseudun tavoin. Ähtärin tausta-asema on selvästi maaseutumaisempi kuin Luukki. Ennustetilanteessa tausta-arvot voivat olla erilaiset kuin nykyisin, mutta mallinuksissa käytettiin lähtötietoina nykyisiä tausta-arvoja.

Osa ajoneuvojen typenoksidipäästöistä on typpimonoksidia (NO) ja osa typpidioksidia ( $NO_2$ ). Nykytietämyksen mukaan  $NO_2$ -osuus päästössä on pienempi heti päästöhetkellä, mutta sen suhteellinen osuus on tulevaisuudessa kasvamassa moottori- ja katalyysiteknikan kehityksen takia. Typenoksidien ilmakeiällinen muutunta liittyy typpimonoksidin muuntumiseen otsonin tai hiilivetyradikaalien vaikutuksesta haitallisemmaksi typpidioksidiksi. Jos otsonipitoisuus on alle typpimonoksidipitoisuuden, voi otsoni olla rajoittava tekijä  $NO_2$ :n muodostumisessa. Typenoksidien ilmakeiä on monimutkaista, koska otsonin lisäksi mm. pakokaasuissa olevat hiilivetyradikaalit osallistuvat myös typenoksidien ilmakeiäan. Aikaa myöten lähes kaikki typpimonoksidi hapettuu typpidioksidiksi. Typenoksidien ilmakeiän merkitys on suurin tien lähialueilla, erityisesti n. 0--> 50-->100 metrin matkalla.

### 3.2 Havaintopisteverkosto

Liikennepäästöjen leviämistä ja ulkoilmapitoisuuksien muodostumista tarkasteltiin havaintopistejoukossa (x,y,z), jotka sijoitettiin 5-10 metrin välein alueelle (©Maanmittauslaitos). Asemakaavan luonnosvaihtoehdot A ja B Arkkitehdit LSV Oy, päiväys 31.1.2011. Kuvassa 2 on maastohavaintopisteet ja mallissa mukana olevat alueen tiet ja henkilöratapihan diesel-junaliikenne (vaihtotyö ja dieseltavarajunat). Kuvassa näkyy myös asemakaavavaihtoehdon A rakennukset.

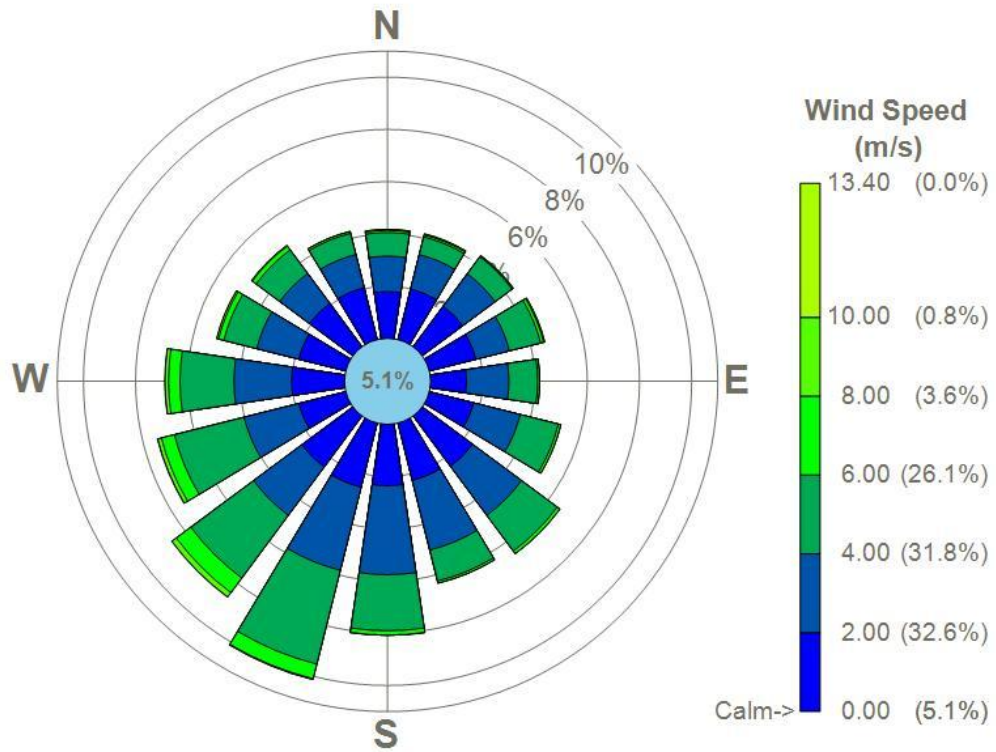


Kuva 2. Mallissa mukana olevat tiet, ratapihan dieselliikenne ja laskentapistet.

### 3.3 Sääaineisto

Mallilaskelmien meteorologisena sääaineistona käytettiin tunnin välein kerättyä vuoden 2006-2008 Tampereen lentosääaineistoa. Vertikaaliset mittaustiedot tuulen nopeudesta ja lämpötilasta saatiin Jokioisten observatorion luotauksista vuodelta 2006-2008. Tyypilliset tuulen ja potentiaalilämpötilan profiilit poikkeavat toisistaan neutraaleissa, konvektiivisissa ja stabiilisti kerrostuneissa olosuhteissa. AERMOD mallin säätietojen esiprosessointiohjelmalla laskettiin konvektiiviset ja mekaaniset rajakerrokset huomioiden mm. maanpinnan rosoisuus (roughness).

Päästöjen pääasiallinen leviämissuunta vuoden 2006-2008 tuulitietojen mukaan oli koilliseen (lounaistuuli, Kuva 3). Kuvassa 3 on kolmen vuoden tuntisääaineiston (v. 2006-2008) tuuliruusu Tampereen säätietojen mukaan.



Kuva 3. Tuuliruusu (mistä tuulee=blowing from) v. 2006-2008.

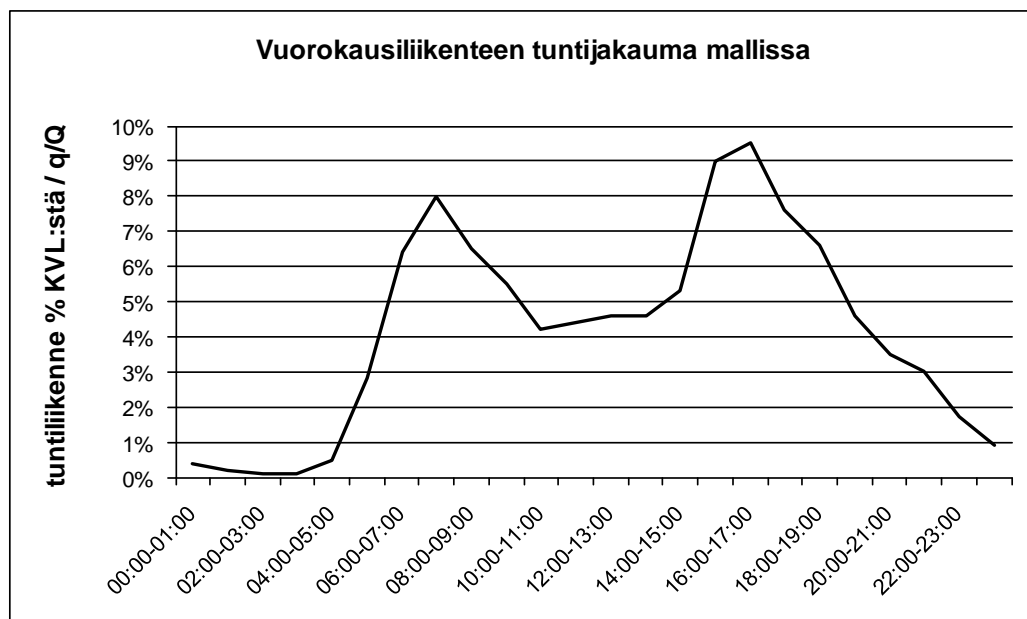
## 4. Liikenne ja päästöt

### 4.1 Liikenne mallinnuskohteessa

Mallinnuksessa käytetyt tieliikenteen v.2030 liikennemäärät perustuvat WSP Finland Oy:ltä saatuihin Tampereen keskustan liikenne-ennusteisiin iltahuipputunnin liikennemääristä (ajon/h) ko. tieosuuksilla. Raskaan liikenteen osuuksiksi on arvioitu 1-3 % vuorokausiliikenteestä eri tieosuuksilla.

Taulukossa 6 on tiekohtaiset liikennemäärät vuorokaudessa ja arvioidut raskaan liikenteen osuudet v. 2030. Mallinnuksessa huomioitiin liikenteen vuorokautinen vaihtelu, kuten aamu- ja iltahuipputunnit (Kuva 4).

<b>Taulukko 6. Mallissa käytetyt liikennemäärät ja raskaan liikenteen osuudet v. 2030.</b>			
<b>Tie/Katu</b>	<b>2030 Ajon./vrk</b>	<b>Raskas-%</b>	<b>Raskas Ajon./vrk</b>
Ratapihankatu	15535	3.0%	470
Ratapihankatu eteläpää	13219	3.0%	400
Ratapihankatu pohjoinen	13701	3.0%	414
Erkkilänkatu	4975	1.0%	52
Vellamonkatu	4018	1.0%	42
Väinölänkatu	4131	2.0%	82
Murtokatu	3540	1.0%	37
Itsenäisyydenkatu	9606	2.0%	192
Peltokatu	2786	2.0%	56



Kuva 4. Tuntiliikenne vuorokauden aikana prosentteina keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä (q/Q).

Ratapihankadun viereisen Tampereen henkilöratapihan dieselveturiliikenne huomioitiin ilmanlaatumallinnuksessa. Dieselveturiliikenteen viikkotiedot nykytilanteessa saatiin VR-Yhtymä Oy:n liikennepalvelupäälliköltä Vesa Rauhalalta. Vuoden 2030 tilanne mallinnettiin nykyisen dieselveturiliikenteen pohjalta. VTT:n RAILI 2009 ennusteessa dieseljunien käyttöasteen arvioidaan pysyvän likimain samana vuoteen 2029 mennessä.<sup>9</sup>

## 4.2 Tieliikennepäästöt

Ajoneuvojen typenoksidien (NO<sub>x</sub>) ja pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) yksikköpäästöjä laskettaessa lähtötietoina käytettiin VTT:n Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osaston uusimpia nykyliikenteen eri ajoneuvoluokkien päästökertoimia ja ennusteita vuodelle 2029 / 2009 LIISA- laskentajärjestelmä (<http://vtt.lipasto.fi>).

Ajoneuvojakaumat huomioitiin aikaisempien liikennelaskentojen pohjalta Tampereen kaupunkialueella (vrt. Hatanpään valtatie). 1-3 % raskaan liikenteen kokonaisuudesta oletettiin suurimman osan olevan linja-autoliikennettä. (Taulukko 7). Henkilöautojen päästöjä laskettaessa huomioitiin bensiinikäyttöisten katalysaattoriautojen sekä dieselautojen katusuoriteosuudet VTT:n arvioiden mukaisesti (Taulukko 8). Dieselautojen ajosuorite tulee kasvamaan nykyisestä v. 2030 mennessä (LIISA2009-raportti)<sup>10</sup>. Autotyypin suosio ja siten erityyppisten autojen katusuoritejakauma voi kuitenkin vaihdella suhteellisen lyhyelläkin aikavälillä mm. verotuksesta johtuen.

Taulukko 7. Arvioidut katusuoritejakauma autotyypeittäin (v. 2030).	
	Kevyet ajoneuvot
Henkilöautot (HA)	98 %
Pakettiautot (PA)	2 %
	Raskaat ajoneuvot
Linja-autot (LA)	80 %
Kuorma-autot (KAIP)	16 %
Puoliperävaunuyhdistelmät (KAPP)	2 %
Täysperävaunuyhdistelmät (KATP)	1 %

Taulukko 8. Henkilöautojen katusuoriteosuudet kaikista henkilöautoista		
	v. 2009 (Liisa 2009)	v. 2029/2030 (Liisa 2009)
Ei-kat-bens. autot	7.3%	-
Kat-bens.autot	64.7 %	46%
Diesel-autot	28 %	54 %

Tieliikenteen aiheuttamista **epäsuorista hiukkaspäästöistä** mallinnettiin arvioitu katupölyn osuus (PM<sub>10</sub>) sekä siinä oleva PM<sub>2,5</sub>-hiukkasten osuus (*Piltti-projekti*), joka lisättiin ajoneuvojen suoriin PM<sub>2,5</sub> pienhiukkaspäästöihin.

Katupölyksi laskettiin renkaiden nostattama hienojakoinen pöly tienpinnasta (**resuspensio**). Tämä voi olla tienpintamateriaalista irtoavaa pölyä tai rengas- ja jarrupölyä. Katupölyn vuodenajoista riippuvat päästömäärät riippuvat paikallisista liukkauden-torjuntamenetelmistä (mm. suolaus vs. hiekoitus, käytetyn hiekan

<sup>9</sup> Kari Mäkelä K, Auvinen H, Tuominen A, Pääkkönen E, *Suomen rautatieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä- RAILI 2009, Tutkimusraportti Nro VTT-R-06150-10 Espoo, 4.11.2010*

<sup>10</sup> Mäkelä K., Auvinen H, ”*Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt - LIISA 2009 laskentajärjestelmä*” Tutkimusraportti VTT-R-05541-10 Espoo 4.11.2010

ominaisuudet) sekä autoissa käytetyistä rengastyypeistä (nasta/kitka, kesä) ja tienpinnan materiaalista sekä ajonopeuksista. Varsinaiset hiekoitushiekasta johtuvat katupölyepisodit keskittyvät yleensä lyhytaikaisesti keväälle ja niihin voidaan vaikuttaa mm. tien pesulla.

Katu- ja asfalttipölyn ominaispäästötieto (= kuinka paljon yksi auto aiheuttaa resuspensiota) Suomesta on vielä vähän. Lähtötietoina mallissa on asfalttipölyn osalta käytetty *Tervahattu et al*<sup>11</sup> raporteissa ja *Kaarle Kupiaisen väitöskirjassa*<sup>12</sup> esitettyjä tutkimustuloksia, missä on mitattu PM<sub>10</sub>-pitoisuuksia renkaiden vieressä. Lisäksi on huomioitu **PILTTI-projektissa** esitetyt päästökertoimet katupölylle (PM<sub>10</sub>) sekä rengas- ja asfalttipölyn PM<sub>2,5</sub>-osuudet kevyille ja raskaille ajoneuvoille.<sup>13</sup> Asfalttipöly/katupöly on hiukkasia, jotka lähtevät liikkeelle tienpinnasta autojen liikkeen seurauksena. Kokonaishiukkaspitoisuus kasvaa liikennetiheyden kasvaessa. Osittain sama pöly voi kuitenkin liikehtiä ilmapvirtausten mukana.

Kokonaisuutena ns. resuspensio eli epäsuorat ajoneuvojen nostattamat hiukkaspäästöt ovat suuremmat kuin pelkästään autojen pakokaasuista tulevat hiukkasten massapäästöt. Toisaalta ajoneuvojen suorat hiukkaspäästöt ovat nimenomaan pienhiukkasia (<PM<sub>2,5</sub>), joiden *lukumäärä* voi olla suuri, kun taas katu- ja asfalttipölyssä hiukkaskoko vaihtelee enemmän ja pölyn koostumuskin ja haitallisuus voi olla erilainen. Pienhiukkasten on arvioitu olevan terveysvaikutuksiltaan haitallisempia kuin isommat hiukkaset.

Taulukoissa 9 on esitetty liikennemääristä lasketut ja mallissa käytetyt tiekohtaiset typenoksidi- ja hiukkaspäästöt (kg/m/a). Ajoneuvojen päästöt laskevat nykyisestä vuoteen 2030 mennessä uusien tiukempien EURO-päästönormien voimaantumisen myötä ja autokannan uusiutuessa. Vähenemä riippuu mm. ajoneuvojakaumista, kuten diesel- ja bensiiniautojen suhteesta ja erilaisten raskaiden ajoneuvojen määristä kullakin tieosuudella sekä ajonopeuksista.

Myös ajoneuvojen pienhiukkaspäästöjen EURO-normit kiristyvät, mutta katupölyn pienhiukkasfraktio toisaalta kasvattaa epäsuoria pienhiukkaspäästöjä katujen varsilla autoliikenteen lisääntyessä, joten vähenemä ei kokonaisuudessaan ole yhtä merkittävä kuin typenoksidipäästöissä. Hengitettävien hiukkasten määrän teiden varsilla arvioidaan kasvavan ajoneuvoliikenteen kasvaessa. Tähän voidaan vaikuttaa tiemateriaaleilla ja tien pesun ajoituksella etenkin runsaimpina katupölykuukausina keväisin.

---

<sup>11</sup> Tervahattu H., Kupiainen K., Räsänen M., Tutkimuksia katupölyn koostumuksesta ja lähteistä, YTV, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2005:12, Hki 2005 p. 64

<sup>12</sup> Kupiainen Kaarle, Road dust from pavement wear and traction sanding, Monographs of the Boreal Environment Research No. 26, Finnish Environment Institute, Finland, Helsinki 2007

<sup>13</sup> Ahtoniemi P. et al., Health Risks from Nearby Sources of Fine Particulate Matter: Domestic Wood Combustion and Road Traffic (PILTTI), 3/2010, National Institute for Health and Welfare, Hki, 2010

<b>Taulukko 9. Tiekohtaiset typenoksidi- ja hiukkaspäästöt (kg/m/a) vuonna 2030.</b>			
	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>PM<sub>10</sub></b>
<b>Tie/katu</b>	<b>kg/m/a</b>	<b>kg/m/a</b>	<b>kg/m/a</b>
Ratapihankatu	1.9	0.16	2.06
Ratapihankatu eteläpää	1.7	0.14	1.75
Ratapihankatu pohjoinen	1.7	0.14	1.81
Erkkilänkatu	0.5	0.05	0.65
Vellamonkatu	0.4	0.04	0.53
Väinölänkatu	0.4	0.04	0.54
Murtokatu	0.3	0.03	0.46
Itsenäisyydenkatu	1.0	0.10	1.27
Peltokatu	0.3	0.03	0.37

### 4.3 Tampereen henkilöratapihan dieselveturiliikenteen päästöt

Tampereen henkilöratapihalla työskentelee päivittäin yksi dieselveturi, DV12, matkustajajunien ns. vaihtotöissä viisi tuntia vuorokaudessa läpi viikon.

Tavarajunaliikennettä henkilöratapihan ohi kulkee dieselvetovoimalla seuraavasti:

- 4 junaa vuorokaudessa ma-pe vetovoimana kussakin 2 DV12 veturia ja junapaino 1800 tn
- 1 juna vuorokaudessa ma-pe vetovoimana 1 DV12 veturi ja junapaino 800 tn

Dieselveturiliikenteen NO<sub>x</sub>- ja PM-päästöt laskettiin VTT:n tekemän Suomen rautatieliikenteen päästölaskentajärjestelmän RAILI2009 mukaan. Dieselveturipäästöt muodostuvat veturityypin polttoaineen ominaiskulutuksesta suhteessa junan painoon. Laskennalliset dieseljunien kokonaispäästöt mallissa on esitetty taulukossa 10. Päästöt ovat nykytilanteen päästöjä. VTT:n RAILI2009 raportissa arvioidaan dieseljunaliikenteen ja sen päästöjen pysyvän likimain samoina vuoteen 2029 mennessä.

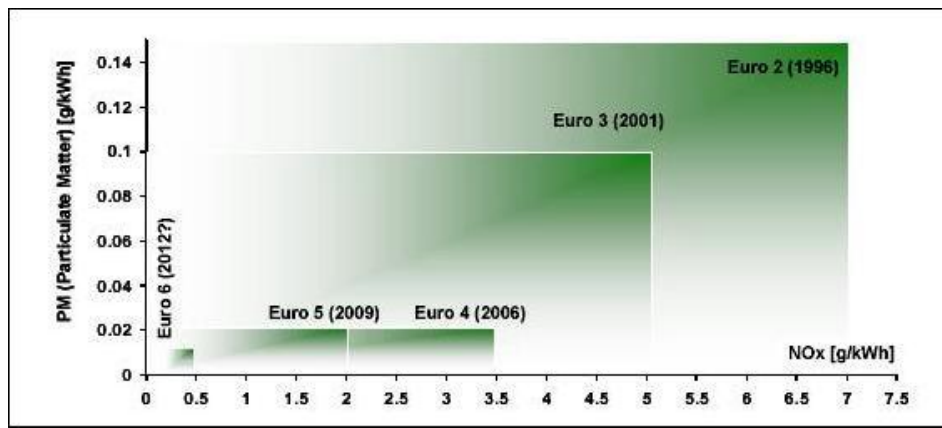
Tavarajunat sijoitettiin Ratapihankadun läheiselle raiteelle ja vaihtotyö henkilöratapihalle. Mallissa neljän tavarajunan kulku sijoitettiin vrk:n eri tunneille, painottuen kuitenkin yöaikaan, jolloin autoliikennettä on vähemmän. Vaihtotyö sen sijaan painottui aamu- ja iltapäivään. Junien ilmapäästöt muodostuvat dieselveturiosassa ja päästökorkeus on selvästi korkeampi kuin autoliikenteellä, mikä vaikuttaa leviämiseen. Hiukkaspäästöt otettiin huomioon sekä PM<sub>2.5</sub> että PM<sub>10</sub> mallissa, koska päästötiedoissa hiukkaskokojakaumaa ei erikseen ole määritelty.

<b>Taulukko 10. Dielsejunaliikenteen arvioidut päästöt.</b>		
	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM</b>
	<b>kg/m/a</b>	<b>kg/m/a</b>
Dieseljunat	0.8-1.8	0.014-0.032
Vaihtotyö	0.2	0.004



#### 4.4 Tieliikenteen päästömääräysten kehityksestä ja Suomen päästöennusteet

EURO4 –päästömääräykset tulivat voimaan 1.10. 2006 ja EURO5 astui voimaan 1.10.2009. Päästömääräykset koskevat uusia rekisteröityjä autoja ko. päivämäärän jälkeen. Myös EURO6, jossa edelleen tiukennetaan mm. PM ja NO<sub>x</sub>-päästörajoja, on jo valmistelussa (voimaan mahdollisesti 2015-2016). Erityisesti dieselkäyttöisistä ajoneuvoista peräisin olevien typpioksidipäästöjen (NO<sub>x</sub>) huomattava vähentäminen katsotaan tarpeelliseksi ilmanlaadun edelleen parantamiseksi ja ilmanlaadun raja-arvojen noudattamiseksi, koska päästön NO<sub>2</sub>-osuuden ennustetaan tulevaisuudessa kasvavan. Kuvassa 5 on esimerkki raskaiden ajoneuvojen typenoksidien ja hiukkasten päästövähennyksistä (EURO2-6).



Kuva 5. Raskaan kaluston päästönormit (hiukkaset PM ja typenoksidit NO<sub>x</sub> EURO4(2006) ja EURO5 (10/2009) ja suunnitteilla oleva EURO6 (2012-2016).<sup>14</sup>

Hiukkaspäästöjen rajoittamiseksi tulevaisuudessa voidaan asettaa myös raja-arvoja hiukkasten lukumääräpitoisuudelle massapitoisuuden lisäksi. Lukumäärää koskeva standardi on tulossa viimeistään EURO6–vaiheen aikana. Nyt puolet hiukkaspäästöistä tulee bensiinikäyttöisestä kalustosta autojen suuren lukumäärän vuoksi, vaikka hiukkaset on perinteisesti koettu dieselkäyttöisten autojen, ja varsinkin raskaan kaluston, ongelmaksi. Tutkimustiedon lisääntyminen pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) ja ultrapienien hiukkasten terveysvaikutuksista voi muuttaa käsitystä eri moottorityyppien hiukkaspäästöjen haitallisuudesta (mm. nukleatiohiukkaset, musta hiili, hiukkasten koostumus, koko ja lukumäärä).

Kuvassa 6. on VTT:n LIISA2009-laskentajärjestelmän ennuste Suomen tieliikenteen NO<sub>x</sub>-päästöjen (t/a) kehittymisestä vuoteen 2029 asti. Vastaavasti kuvassa 7. on ajoneuvojen suorien hiukkaspäästöjen kehitysenennuste vuoteen 2029. Tieliikenteen kokonaispäästöjen (NO<sub>x</sub> ja PM) ennustetaan vähenevän vuodesta 2009 → 2029 mennessä n. –45-55 %<sup>15</sup>. Ennusteissa (Liisa 2009) koko Suomen keskimääräisen liikennesuorituksen on arvioitu kasvavan n. 1.23-kertaiseksi 2029 mennessä. On arvioitu, että diesel-ajoneuvojen määrä lisääntyy merkittävästi ylittäen bensiiniautojen katusuorituksen. Liikennepolttoaineiden kehitys vaikuttaa tuleviin päästöihin eikä näin

<sup>14</sup> Nylund N-O, et al; Kaupunkibussien polttoaineenkulutus ja pakokaasupäästöt, Uusimman dieseltekniikan suorituskyky, VTT Tiedotteita 2372, Espoo 2007

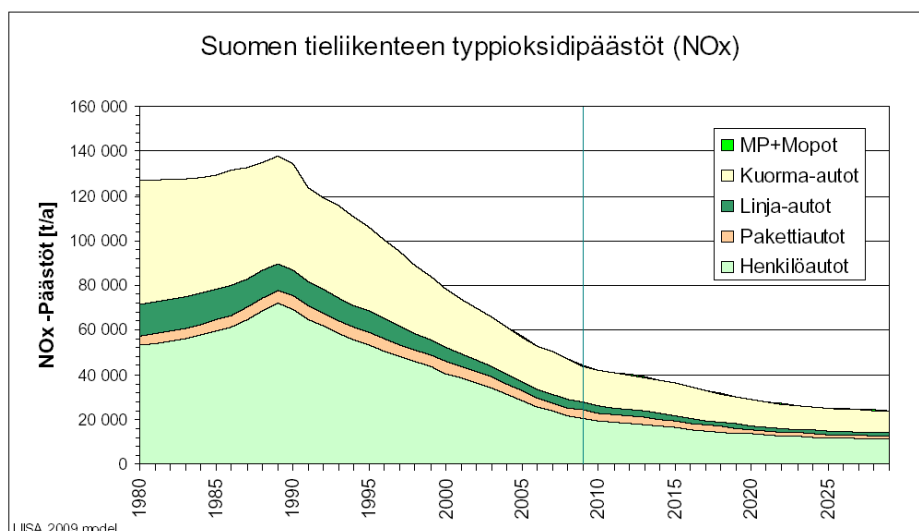
<sup>15</sup> www.lipasto.fi/LIISA2009

Mäkelä K., Auvinen, ”Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt - LIISA 2009laskentajärjestelmä” Tutkimusraportti VTT-R-05541-10 Espoo4.11.2010

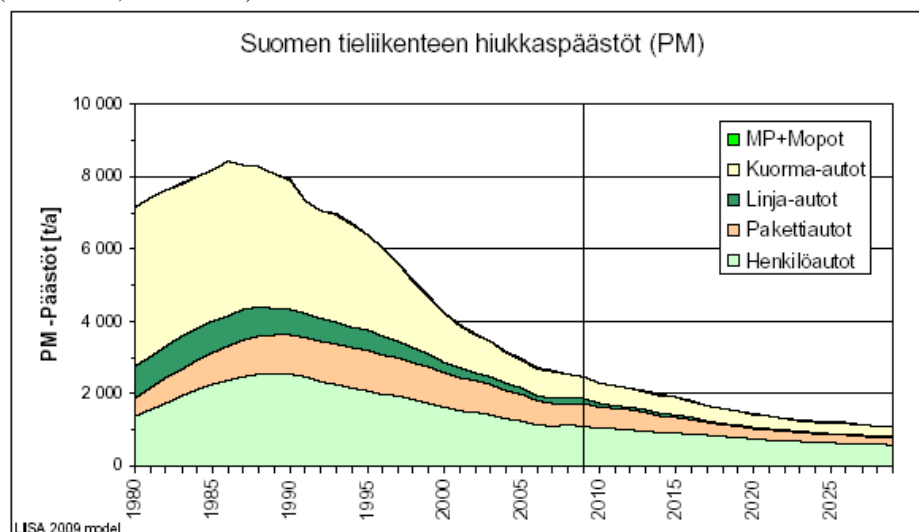
ollen ole täysin ennustettavissa. Ajoneuvojen tulisi kuitenkin saavuttaa asetetut EURO –päästönormit myös kaikilla tulevaisuuden polttoaineilla.

Epäsuorien hiukkaspäästöjen eli katu/asfalttipölyn määrän kehitys riippuu tienpintamateriaaleista, liukkaudentorjuntamenetelmistä, puhtaanapidosta sekä autojen rengasmateriaalien kehityksestä. Autokannan kasvu lisää epäsuorien hiukkaspäästöjen merkitystä entisestään liikenneväylien läheisyydessä, kun samanaikaisesti ajoneuvojen suorat hiukkasten massapäästöt pienenevät EURO-normien vaikutuksesta. Katupölyllä on ennen kaikkea vaikutusta viihtyisyyteen, kun rakennetaan lähelle tieväyliä. Osa katupölystä on kuitenkin pienhiukkasfraktiota, jolla voi olla myös terveydellisiä vaikutuksia.

Polttoainekehitys, mm. biodiesel ja etanolipohjaiset polttoaineet vaikuttavat vähentävästi fossiilisen hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) päästöihin. Mahdolliset muutokset muiden päästökemponenttien (NO<sub>x</sub>, PM) suhteissa jäävät tulevaisuudessa nähtäväksi.



Kuva 6. Tielikenteen NO<sub>x</sub>-päästöjen kehitysennuste (t/a) v. 2029. (Lähde VTT, LIISA 2009)



Kuva 7. Tielikenteen hiukkaspäästöjen (suorat ajoneuvopäästöt) kehitysennuste (t/a)vuoteen 2029. (Lähde VTT, Liisa 2009)

## 5. Päästöjen leviäminen aluejakaumakuvina

Leviämismallinnuksessa aluejakaumakuvat osoittavat pitoisuuden, joka voi käyrän sisäpuolisilla alueilla ajoittain ylittyä. Huomioitavaa on, että aluejakaumakuvat eivät aina kuitenkaan esitä ajallisesti yhtenäistä tilannetta, vaan pitoisuuksien suurimmat arvot voivat esiintyä eri laskentapisteissä eri ajankohtina vuoden aikana (mm. tuulen suunnasta ja sekoitusolosuhteista riippuen). Mallinnuskuvissa on mukana nykytiedon mukainen alueellinen tausta (vrt. kohta 2.2).

Lyhytaikaisten pitoisuuksien aluejakaumia tulkittaessa on huomattava, että suurimman osan ajasta tuntipitoisuudet ovat laskentapisteissä esitettyjä korkeimpia vertailuarvoja pienempiä. Mallinnetut tuntipitoisuudet edustavat ruuhkatuntien (aamu- tai iltapäiväruuhka) korkeimpia tuntipitoisuustasoja, jolloin autoliikenne on keskimääräiseen nähden n. kaksinkertainen. Öisin liikennemäärät vastaavasti ovat hyvin matalat. Dieseljunaliikenne painottuu yöaikaan, mutta junia kulki arkipäivinä ainoastaan neljä vuorokaudessa. Vaihtotyö henkilöratapihalla painottui mallissa päiväaikaan.

**Liitteessä 1** on esitetty typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) ulkoilmapitoisuuksien aluejakaumakuvat v. 2030 liikenteellä A ja B kaavaluonnosvaihtoehdoissa. Liikenteen typenoksidipäästöjen leviäminen laskettiin typpidioksidin ilmanlaadun raja-arvoihin ja kansallisiin ohje-arvoihin.

**Liitteessä 2** on esitetty ajoneuvojen suorista hiukkaspäästöistä ja katupölyn PM<sub>2,5</sub> – jakeesta aiheutuvat PM<sub>2,5</sub> ulkoilmapitoisuudet aluejakaumakuvina v. 2030 liikenteellä A ja B kaavaluonnosvaihtoehdoissa. Pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) pitoisuusvertailu tehtiin WHO:n PM<sub>2,5</sub> ohje-arvoihin (vrk ja vuosi) sekä PM<sub>2,5</sub> ilmanlaadun vuosiraja-arvoon.

**Liitteessä 3** on esitetty ajoneuvojen suorista hiukkaspäästöistä ja arvioidusta autojen nostattamasta asfalttipölystä aiheutuvat PM<sub>10</sub> ulkoilmapitoisuudet aluejakaumakuvina v. 2030 liikenteellä A ja B kaavaluonnosvaihtoehdoissa. Hengitettävien hiukkaspäästöjen (PM<sub>10</sub>) leviäminen laskettiin PM<sub>10</sub>:n ilmanlaadun raja-arvoihin ja kansallisiin ohje-arvoihin.

## 6. Tulokset ja niiden tarkastelu

Mallinnustulosten aluejakaumakuvat on esitetty liitteissä 1-3. Kuvissa on vierekkäin ohje- ja raja-arvoihin verrannollisissa pitoisuuksissa kaavaluonnosvaihtoehdot A ja B. Tulostarkastelussa Ratapihankadun varren epäpuhtauspitoisuuksien vertailu on tehty kaavaluonnosvaihtoehtojen A ja B välillä.

Mallinuksissa on huomioitu kaavaluonnosvaihtoehtojen A ja B mukaiset rakennusmassat. Rakennuksilla voi olla vaikutusta epäpuhtauksien leviämiseen mm. talojen sisäpihoille, koska tieltä leviävän ilman on kierrettävä ne maastoesteiden tavoin. Kaavaluonnosvaihtoehto A oli toimistorakennuksiin painottuva ja vaihtoehto B asuinkerrostaloihin painottuva luonnos asemakaavasta.

### 6.1 Typpidioksidin (NO<sub>2</sub>) pitoisuudet v.2030

Taulukossa 11 on esitetty typpidioksidin ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset korkeimmat mallinnetut NO<sub>2</sub>-pitoisuudet Ratapihankadun varrella (vrt. Liite 1 NO<sub>2</sub>:n aluejakaumakuvat). Tuloksissa on huomioitu taustapitoisuus (Luukki 6 µgNO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>).

<b>Taulukko 11. Korkeimmat mallinnetut ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset NO<sub>2</sub>-pitoisuudet v. 2030/ vaihtoehdot A ja B (Liite 1).</b> Taustapitoisuus (6 µgNO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ). huomioitu tuloksissa.		
<b>Korkein NO<sub>2</sub>-pitoisuusalue/ Ratapihankadun katutaso kerrostalojen kohdalla</b>		
<b>Vertailu NO<sub>2</sub> ohje- ja raja-arvoihin:</b>	<b>VAIHTOEHTO A</b>	<b>VAIHTOEHTO B</b>
Tuntiohjarvo (150 µg/m <sup>3</sup> , 99 p.)	50 µg/m <sup>3</sup> (33%)	50 µg/m <sup>3</sup> (33%)
Vuorokausiohjarvo (70 µg/m <sup>3</sup> , kk:n 2.korkein vrk)	30 µg/m <sup>3</sup> (43%)	25-30 µg/m <sup>3</sup> (36-43%)
Tuntiraja-arvo (200 µg/m <sup>3</sup> ) (19.tunti, v. 2010)	70 µg/m <sup>3</sup> (35%)	70 µg/m <sup>3</sup> (35%)
Vuosiraja-arvo (40 µg/m <sup>3</sup> ,v. 2010)	10 µg/m <sup>3</sup> (25%)	9-10 µg/m <sup>3</sup> (23-25%)

(suluissa korkein pitoisuus prosentteina ohje- tai raja-arvosta)

- Ratapihankadulla typpidioksidipitoisuudet eivät ylitä nykyisiä ilmanlaadun typpidioksidin terveysperusteisia ohje- ja raja-arvoja kummassakaan asemakaavavaihtoehdossa (A tai B) toimitila- tai asuinkerrostalojen kohdalla v. 2030 liikenteen päästöillä. (Ks. Taulukko 11 ja Liite 1).
- Korkeimmat tuntipitoisuudet edustavat aamu- ja iltapäiväruuhkien korkeimpia lyhytaikaisia ilmanlaatuvaikutuksia.
- Vaihtoehdossa A liikerakennukset sijaitsevat osittain Ratapihankadun päällä muodostaen lyhyitä tunnelimaisia osia autoliikenteelle Ratapihankadulla. Tällä on vaikutusta tienvarren tuulettuvuuteen, mikä näkyy vaihtoehdon A hieman korkeampina pitoisuustasoina ja/tai pitoisuusalueiden laajuutena verrattaessa vaihtoehtojen A ja B aluejakaumakuvia.

## 6.2 PM<sub>2,5</sub>-pitoisuudet v. 2030

Taulukossa 12 on esitetty korkeimmat mallinnetut PM<sub>2,5</sub>-pitoisuudet Ratapihankadun varrella (vrt. Liite 2). Tulokset ovat verrattavissa pienhiukkasten vuosiraja-arvoon ja WHO:n pienhiukkasten ilmanlaadun ohjearvoihin. Tuloksissa on mukana nykytilan taustapitoisuus (7.0 µg/m<sup>3</sup> Luukki 2009).

Tässä mallinnuksessa on mukana ajoneuvojen suorat hiukaspäästöt sekä asfalttipöly/katupölyn pienhiukkasfraktio *Piltti*-projektin tulosten mukaan.

<b>Taulukko 12. Korkeimmat mallinnetut PM<sub>2,5</sub>-pitoisuudet v. 2030 / vaihtoehdot A ja B (Liite 2). Taustapitoisuus (7.0 µg/m<sup>3</sup>) huomioitu tuloksissa.</b>		
<b>Korkein PM<sub>2,5</sub>-pitoisuusalue/ Ratapihankadun katutaso kerrostalojen kohdalla</b>		
<b>Vertailu PM<sub>2,5</sub> ohje- ja raja-arvoihin:</b>	<b>VAIHTOEHTO A</b>	<b>VAIHTOEHTO B</b>
WHO:n pienhiukkasten (PM <sub>2,5</sub> ) vuorokausiohjearvo (25 µg/m <sup>3</sup> )	10 µg/m <sup>3</sup> (40%)	9.5-10 µg/m <sup>3</sup> (38-40%)
WHO:n pienhiukkasten (PM <sub>2,5</sub> ) vuosiohjearvo (10 µg/m <sup>3</sup> )	7.5 µg/m <sup>3</sup> (75%)	7.4-7.5 µg/m <sup>3</sup> (74-75%)
Pienhiukkasten (PM <sub>2,5</sub> ) vuosiraja- arvo (25 µg/m <sup>3</sup> ) v. 2010	7.5 µg/m <sup>3</sup> (30%)	7.4-7.5 µg/m <sup>3</sup> (29-30%)
EU:n pienhiukkasten (PM <sub>2,5</sub> ) kansallinen pitoisuuskatto (20 µg/m <sup>3</sup> ) v. 2015	7.5 µg/m <sup>3</sup> (37.5%)	7.4-7.5 µg/m <sup>3</sup> (37-37.5%)

(suluissa korkein pitoisuus prosentteina ohje- tai raja-arvosta).

- Ratapihankadulla pienhiukkasten PM<sub>2,5</sub>-pitoisuudet eivät ylitä WHO:n PM<sub>2,5</sub>:n ilmanlaadun ohjearvoja tai pienhiukkasten vuosiraja-arvoa v.2030 liikennepäästöillä (vrt. Taulukko 12 ja Liite 2). Korkeimmatkin pitoisuudet jäävät alle 8.5 µg/m<sup>3</sup> vuosipitoisuuden, mikä on rajana ilmanlaatuasetuksessa (VNA 38/2011) esitetyissä altistuksenvähennystavoitteissa.
- Taustapitoisuus (7.0 µg/m<sup>3</sup>) aiheuttaa suurimman osan alueen pienhiukkaspitoisuudesta. Pienhiukkasista suurin osa tulee Suomeen kaukokulkeumana ja mm. metsäpalot Venäjällä tai Keski-Euroopassa voivat ajoittain nostaa pienhiukkaspitoisuuksia. EU:n ilmanlaatudirektiivin pienhiukkaspitoisuuksien yleinen alentamistavoite Euroopassa voi vaikuttaa myös taustapitoisuuteen vuoteen 2030 mennessä.
- Pienhiukkaspitoisuuksissa näkyy vastaavanlainen ero katutason pitoisuuksissa asemakaavavaihtoehdon A ja B välillä kuin typpidioksidipitoisuuksissakin. Vaihtoehdossa A tiealueen tuulettavuus on hieman huonompi kuin vaihtoehdossa B.
- Autojen päästöistä aiheutuvat PM<sub>2,5</sub>-pitoisuudet ovat taustapitoisuuteen nähden alhaiset vuoteen 2030 mennessä EURO-päästönormien ja autokannan uusiutuessa. Tässä mallinnuksessa on huomioitu myös katupölyn pienhiukkasfraktio, joka kasvaa liikenteen lisääntyessä.

### 6.3 PM<sub>10</sub>-pitoisuudet v. 2030

Taulukossa 13 on esitetty ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset korkeimmat mallinnetut PM<sub>10</sub>-pitoisuudet Ratapihankadun varrella (vrt. Liite 3). Tuloksissa on mukana arvioitu taustapitoisuus (12 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> Luukki).

Mallinnuksessa on mukana sekä ajoneuvojen suorat hiukkaspäästöt että arvioitu asfalttipöly, katupöly eli resuspensio (=autojen nostattama rengas- ja asfalttipöly, Piltti-projekti).

<b>Taulukko 13. Korkeimmat mallinnetut ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset PM<sub>10</sub>-pitoisuudet v. 2030 / vaihtoehdot A ja B (Liite 3).</b> Taustapitoisuus (12 µg/m <sup>3</sup> ) huomioitu tuloksissa.		
<b>Korkein PM<sub>10</sub>-pitoisuusalue / Ratapihankadun katutaso kerrostalojen kohdalla</b>		
<b>Vertailu PM<sub>10</sub> ohje- ja raja-arvoihin:</b>	<b>VAIHTOEHTO A</b>	<b>VAIHTOEHTO B</b>
Vuorokausiohjarvo (70 µg/m <sup>3</sup> ) (kk:n 2.korkein vrk)	50 µg/m <sup>3</sup> (71%)	40-50 µg/m <sup>3</sup> (57-71%)
Vuorokausiraja-arvo (50 µg/m <sup>3</sup> ),(36.vrk)	30-35 µg/m <sup>3</sup> (60-70%)	30 µg/m <sup>3</sup> (60%)
Vuosiraja-arvo (40 µg/m <sup>3</sup> )	18 µg/m <sup>3</sup> (45%)	16-18 µg/m <sup>3</sup> (40-45%)

(suluissa korkein pitoisuus prosentteina ohje- tai raja-arvosta)

- Ratapihankadulla PM<sub>10</sub>-pitoisuudet eivät ylitä PM<sub>10</sub>:n ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoja v.2030 liikennepäästöillä. (vrt. Taulukko 13 ja Liite 3).
- Eniten hengitettävälle hiukkasille altistuvat kohteet ovat Ratapihankadun kerrostalojen alimmat kerrokset aivan Ratapihankadun läheisyydessä. (57-71 % vrk-ohjearvosta, Taulukko 13). Sekä A että B vaihtoehdoissa alimpiin kerrokseen oli suunniteltu toimi- ja liiketiloja, ei asuintiloja. Hengitettävät hiukkaset PM<sub>10</sub> ovat mallinnetuista ilman epäpuhtauksista suurin epäpuhtauksikijä Ratapihankadulla.
- Myös hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa näkyy aluejakaumakuvissa vaihtoehtojen A ja B välillä eroja pitoisuusalueiden laajuudessa. Tämä johtuu edellä mainituista eroista katualueen tuulettuvuudessa suunnitteluvaihtoehtojen välillä.
- Katupölyn määrään on mahdollista vaikuttaa mm. renkaiden tuotekehityksellä, liukkaudentorjuntamenetelmillä ja tien pesun ajoittamisella. Myös tienvarrelle istutettu kasvillisuus sitoo osan suuremmista hiukkasista.
- Katupölyn päästökertoimissa on käytetty uusinta tutkimustietoa, mm. PILTTI-projektista<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Ahtoniemi P. et al., Health Risks from Nearby Sources of Fine Particulate Matter: Domestic Wood Combustion and Road Traffic (PILTTI), 3/2010, National Institute for Health and Welfare, Hki, 2010

## 7. Yhteenveto ja suositukset

Ilmanlaatuselvityksessä mallinnettiin Tampereen Ratapihankadun vuoden 2030 ilmanlaatu asemakaavaluonnosten A ja B mukaisesti. Tieliikenteen ja dieselveturiliikenteen päästöjen lisäksi mallissa huomioitiin myös rakennukset.

### Yhteenveto tuloksista

#### *Liikennepäästöjen ilmanlaatuvaikutukset Tampereen Ratapihankadulla:*

- Molempien asemakaavavaihtoehtojen (A ja B) mukaisissa rakennussijoitteluisa terveysperusteiset ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub>) eivät ylitä katutasossa eivätkä myöskään ylemmissä kerroksissa vuoden 2030 liikenteen päästöillä. Ilmanlaatu paranee yläkerroksia kohti, mikä näkyy rakennusten kohdalla aluejakaumakuvissa.
- Vaihtoehdossa A (ns. toimistovaihtoehto) talot ulottuvat Ratapihankadun ylle muodostaen tiehen lyhyitä tunnelimaisia osuuksia. Tämä huonontaa jonkin verran tien tuulettavuutta, mikä näkyy mallinnustuloksissa hieman korkeampina pitoisuustasoina tai laajempina pitoisuusalueina verrattuna vaihtoehtoon B (ns. asuinrakennusvaihtoehto).
- Vaihtoehdossa B asuinrakennukset avautuvat Tammelaan päin eli ilmanlaadun kannalta ns. puhtaammalle puolelle.
- Tammelan puoleisten sisäpihojen ilman epäpuhtauspitoisuuksiin VIII-X kerroksisilla kerrostaloilla ei ole erityisen suurta vaikutusta, koska tornitalot on sijoitettu poikittain tiehen nähden. Korkeiden kerrostalojen välissä on vaihtoehdosta riippuen kolme- tai nelikerroksisia rakennuksia, joiden yli epäpuhtaudet pääsevät leviämään. Aluejakaumakuvien mukaan vaihtoehdossa B 4-kerroksiset rakennukset näyttäisivät kuitenkin jonkin verran paremmin suojaavan Tammelan puoleisia sisäpihoja kuin vaihtoehdon A 3-kerroksiset rakennukset. US EPA:n tekemien uusimpien mittaustulosten mukaan rakennuksilla ja suuremmilla maastoesteillä on mm. pienhiukkaspitoisuuksia pienentävä vaikutus verrattuna avoinna olevaan maastoon.
- Kokonaisuutena ilmanlaadun terveysperusteisiin ohje- ja raja-arvoihin verrattuna molemmat asemakaavaluonnosvaihtoehdot A ja B ovat toteutuskelpoisia Ratapihankadulla. Eniten mallinnetuille epäpuhtauksille altistuvat kohteet ovat alimmat kerrokset Ratapihankadulle päin, mutta molemmissa vaihtoehdoissa alimpiin kerroksiin oli suunnitteilla liike- ja toimitiloja. Siellä pitoisuudet ovat korkeimmillaan taulukkovertailujen (Taulukot 11-13) pitoisuustasoa.
- Korkeimmat NO<sub>2</sub>-tuntipitoisuudet edustavat aamu- ja iltapäiväruuhkien korkeimpia lyhytaikaisia ilmanlaatuvaikutuksia.
- Ajoneuvoliikenteen pienhiukkaspäästöistä (pakokaasupäästöt ja katupölyn PM<sub>2.5</sub> osuus) aiheutuvat PM<sub>2.5</sub>-pitoisuudet jäävät Ratapihankadulla alhaisiksi. Taustapitoisuudella on erityisen suuri vaikutus pienhiukkaspitoisuuksissa. Taustapitoisuus on mallissa arvioitu nykytilanteen mukaiseksi (n. 7 µg/m<sup>3</sup>).
- Liikenteen nostattaman resuspension/ katupölyn aiheuttamat hengitettävien hiukkasten PM<sub>10</sub>-pitoisuuksien arvioidaan yleisesti kasvavan liikenteen kasvun myötä. PM<sub>10</sub>:n ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot eivät ylitä Ratapihankadulla

arvioituilla liikennemäärillä, mutta PM<sub>10</sub>-hiukkaset ovat mallinnetuista epäpuhtauksista merkittävin epäpuhtauskomponentti, kun verrataan pitoisuustasoja ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin (korkeimmat pitoisuudet vrk-ohjearvosta 57-71% , vrt. Taulukko 13).

- Henkilöratapihan vaihtotyön dieselveturiliikenne ja muu dieselvetoinen tavarajunaliikenne ei merkittävästi kasvata korkeimpia mallinnettuja ohje- ja raja-arvoihin verrannollisia epäpuhtauspitoisuuksia (NO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub>). Arkivuorokausina dieseljunia kulkee neljä vuorokaudessa painottuen yöaikaan. Vaihtotyötä on n. viisi tuntia vuorokaudessa. Veturien päästökorkeus on myös korkeammalla kuin autoilla.
- Epävarmuutta v. 2030 tilanteeseen tuo mm. liikennemäärien todellinen kehittyminen, ajoneuvojen polttoainekehitys, esim. biopolttoaineet ja toisaalta mm. polttokennoautojen ja sähköautojen kehittyminen ja mahdollinen yleistymisen liikenteessä. Myös sääolosuhteiden muuttuminen, mm. ilmastonmuutos voi vaikuttaa meteorologisiin olosuhteisiin, mm. tuulisuuteen ja sekoittumiseen ja siten päästöjen leviämiseen tulevaisuudessa. Ajoneuvojen EURO-päästönormien myötä autojen yksikköpäästökehitys on kuitenkin VTT:n Lipasto ja Liisa ennusteiden (NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub>) mukaan selvästi laskeva verrattuna nykytilanteeseen. VTT:n Rautatieliikenteen päästöennusteiden mukaan dieseljunien päästöt pysyvät nykytasossa v. 2029 mennessä.

## Suosituks:

***Ilmanlaatumallinnuksen mukaan Ratapihankadun asemakaavasuunnitelmat voidaan toteuttaa seuraavin suosituksin:***

- Molempien asemakaavavaihtoehtojen (A ja B) mukaisissa rakennussijoitteluissa terveysperusteiset ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub>) eivät ylity katutasossa eivätkä myöskään ylemissä kerroksissa. Näin ollen molemmat vaihtoehdot A (toimistovaihtoehto) ja B (asuinrakennusvaihtoehto) ovat ilmanlaadun kannalta toteuttamiskelpoisia.
- Vaihtoehdossa B on asuinkerrostalojen suunnittelussa huomioitu tien ja ratapihan läheisyys, koska asuinkerrostalot ns. avautuvat itään Tammelan suuntaan. Tämä on edullista myös ilmanlaadun näkökulmasta. Alimpiin Ratapihankadun puoleisiin kerroksiin tulisi sijoittaa esim. varastotiloja tai toimi- ja liiketiloja.
- Asemakaavavaihtoehtoista A ja B ei käy selkeästi selville autopaikkojen sijoitus tai esim. autohallin sisäänkäynti. Sijoitettaessa autopaikat maan alle kellaritiloihin tulee huolehtia siitä, että autohallien ilmanvaihto ei purkaudu talojen sisäpihojen piha-alueille eikä lasten leikkipaikkojen läheisyyteen vaan poistoilma viedään ylös.
- Kerrostalojen raitisilmanotto tulee sijoittaa talojen itäpuoleisille julkisivuille, jossa mallin mukaan ilma on puhtaampaa kuin Ratapihanpuolella. Hiukkassuodatusta tulisi suositella rakentamistapaohjeissa, vaikkakaan ilmanlaadun nykyiset pienhiukkasten ohjearvot eivät ylittyneet. Poistoilma tulisi ohjata esim. katolle.
  - Vaikka pienhiukkaspitoisuudet eivät ylittäneet WHO:n ohjearvoja tai EU:n raja-arvoja voidaan suositella pienhiukkassuodatusta perustuen EU:n Ilmanlaatudirektiiviin (2008/50/EY) :”Pienhiukkaset (PM<sub>2,5</sub>)



*aiheuttavat merkittäviä haitallisia vaikutuksia ihmisten terveydelle. PM<sub>2,5</sub>-hiukkasille ei tähän mennessä ole voitu määrittää kynnysarvoa, jonka alittuessa ne eivät aiheuttaisi riskiä. ”*

- Ilmanlaadullisesti tavoitteena on pienhiukkasten taustapitoisuuksien yleinen alentaminen erityisesti kaupunkitaajamissa ja siten annetut raja-arvot ovat vähimmäistaso terveydensuojelun kannalta ilmanlaadultaan huonoimmille alueille.
- Lasten leikkipaikkojen ja piha-alueiden oleskelualueiden sijoituksessa ilmanlaatumallinnus tulee huomioida ja sijoittaa pihat Tammelan puoleisille sisäpihoille. Kasvillisuus (havu- ja lehtikasvit) sitoo isompia katupölyhiukkasia ja on sen tähden suositeltavaa pihasuunnitelmissa.
- Suosituksen mukaan lasten leikki- ja oleskelualueet tulee sijoittaa ilmanlaatumallinnuksen eri epäpuhtauksien (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) aluejakaumakuvien mukaan kaikkein puhtaimmille alueille ko. kortteleissa, koska tällöin vältetään herkkien väestöryhmien turhaa altistumista.

## 8. Mallin epävarmuuden arviointi

Leviämismallinnuksen epävarmuusarviointia tehdään vertaamalla saman ajankohdan ulkoilmapitoisuuksien mittaustietoa ja mittauspisteeseen mallilla laskettuja pitoisuuksien aikasarjoja keskenään silloin, kun kaikki suurimmat ulkoilmapitoisuuksiin vaikuttavat päästölähteet ovat mallissa mukana. Tehtäessä mallinnuksia tulevaisuuden päästötiedoilla ei vastaavaa vertailua voida tehdä.

AERMOD-mallin ja mitattujen pitoisuuksien verifiointia on tehty useissa kohteissa pääkaupunkiseudulla kaavoitustarkastelujen yhteydessä nykyliikenteellä. Näitä ovat esimerkiksi Espoossa Tiistinniitty, Miilukorpi, Marinkallio ja Helsingissä Vartiokylä. Vertailu on luotettavinta silloin, kun mittauspisteet ja mallinnuskohde sijaitsevat lähellä toisiaan ja ovat maastollisesti samankaltaisissa paikoissa ja lisäksi liikenne tiensuoksilla on samankaltainen. Vertailutulosten perusteella uuden sukupolven AERMOD-mallia voidaan pitää luotettavana ilmanlaadun kuvaajana suomalaisissa olosuhteissa.

Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta (*VNA 38/2011, Liite 8*) on esitetty laatutavoitteet eri ilmanlaadun seurantamenetelmille. Typpidioksidin ja typen oksidien mallintamisen sallittu epävarmuus on tuntiarvoille 50-60 %, 24 tunnin arvoille 50 % ja vuosiarvoille 30 %. Hiukkasten mallintamisen vuosiarvojen sallittu epävarmuus on 50 %.

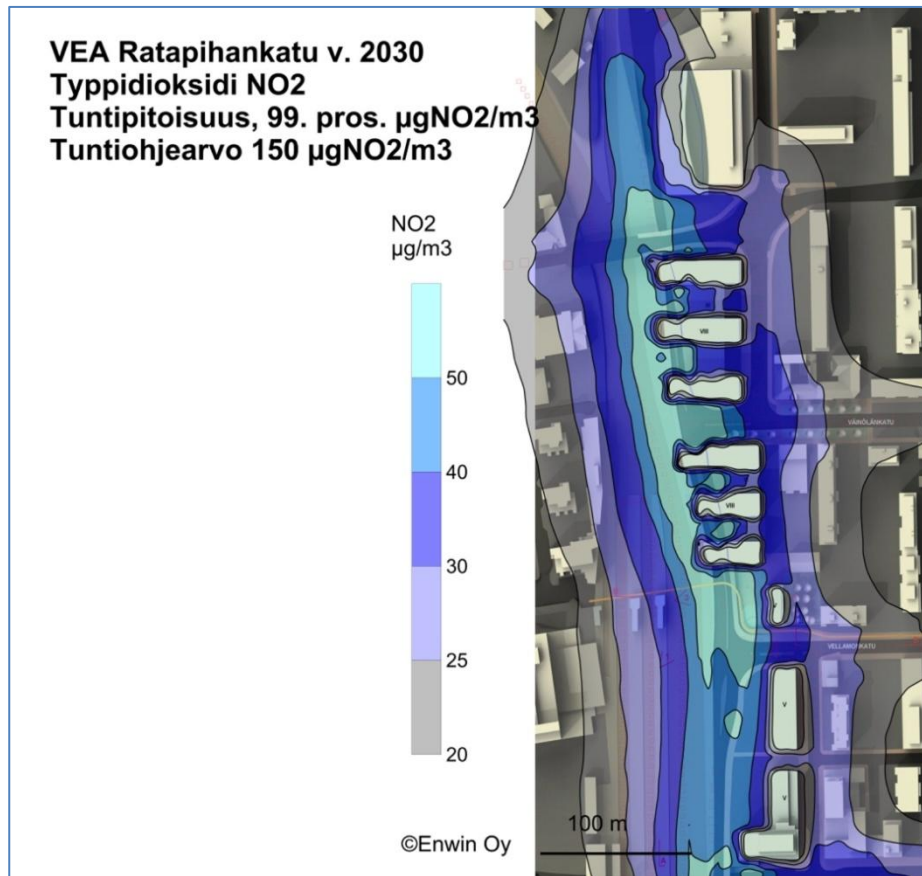
Tässä selvityksessä tehtyjen mallinnusten suurimmat epävarmuustekijät liittyvät mallin liikenteen lähtötietojen epävarmuuteen:

- liikennemääriin ja henkilö- ja raskaan liikenteen osuuksiin
- sekä toisaalta autojen yksikköpäästötietoihin, suoritejakaumiin ja ikärakenteeseen
- asfalttipölyn määrään suhteessa liikennetiheyteen ja eri ajoneuvoluokkiin

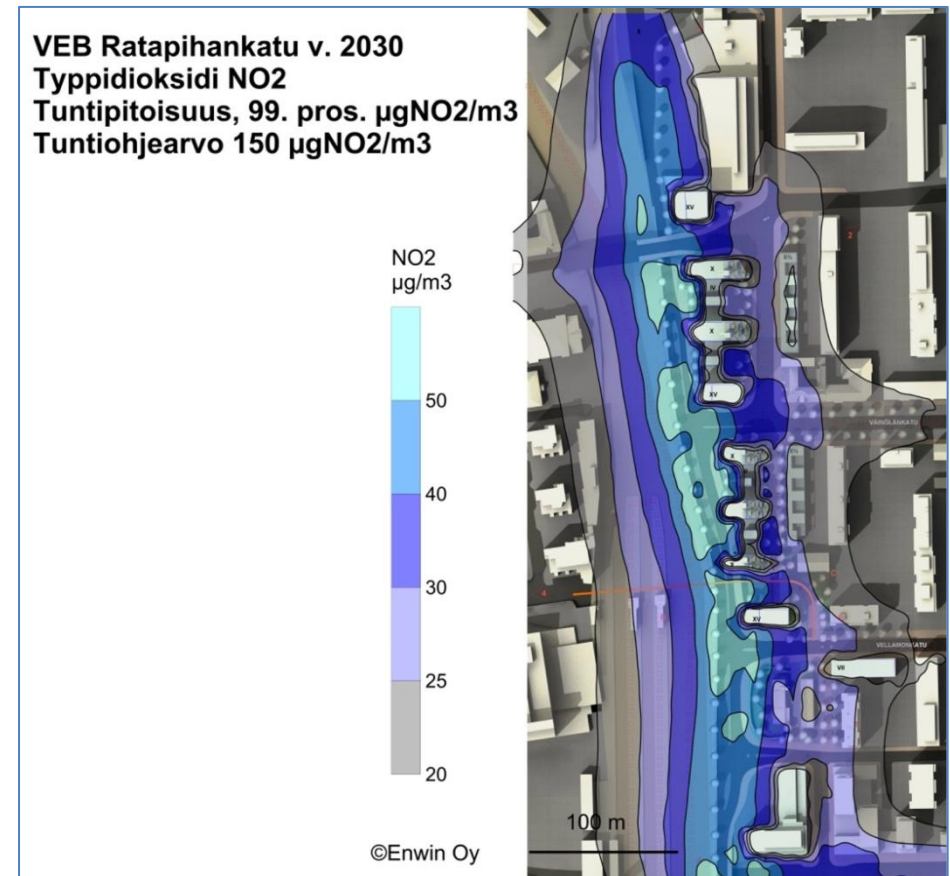
Liikennemalleissa lähtötietoihin liittyvät epävarmuudet ovat yleensä suuremmat kuin piippulähdemalleissa, koska pistelähteiden päästöjä mitataan joko jatkuvatoimisesti tai ainakin vuosittain tehtävissä päästömittauksissa. Liikennepäästötiedot sen sijaan perustuvat päästökertoimiin ja keskimääräisiin ajoneuvojen suoritejakaumiin ko. tiensuoksilla.

Tulevaisuuden ennustemalleissa myös alueellisen taustan arviointi perustuu ennusteeseen. Taustapitoisuudet on tässä arvioitu nykyisten ilmanlaadun mittaustietojen pohjalta. Luukki valittiin tausta-asemaksiksi, koska Tampereella on suhteellisen paljon teollista toimintaa pääkaupunkiseudun tavoin, jolloin taustapitoisuudetkin voivat olla liikenteen ja teollisuuden vaikutuksesta korkeammat kuin maaseutumaisilla paikkakunnilla.

**LIITE 1. Typpidioksidin leviäminen – Vaihtoehdot A ja B**

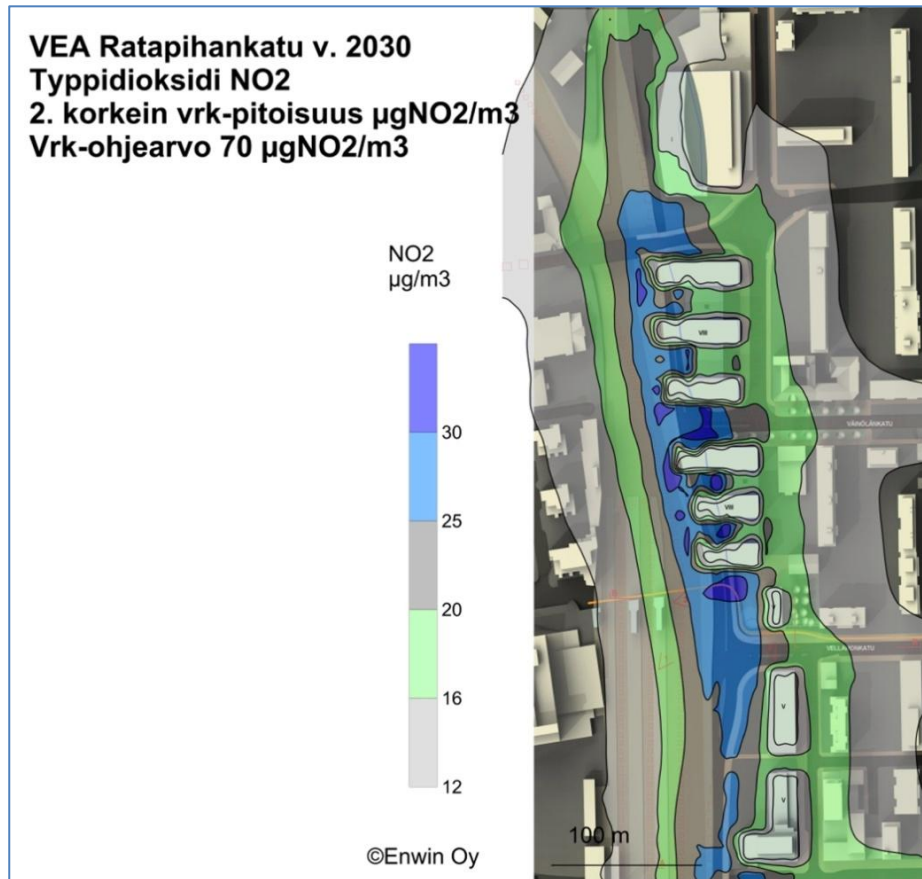


VAIHTOEHTO A

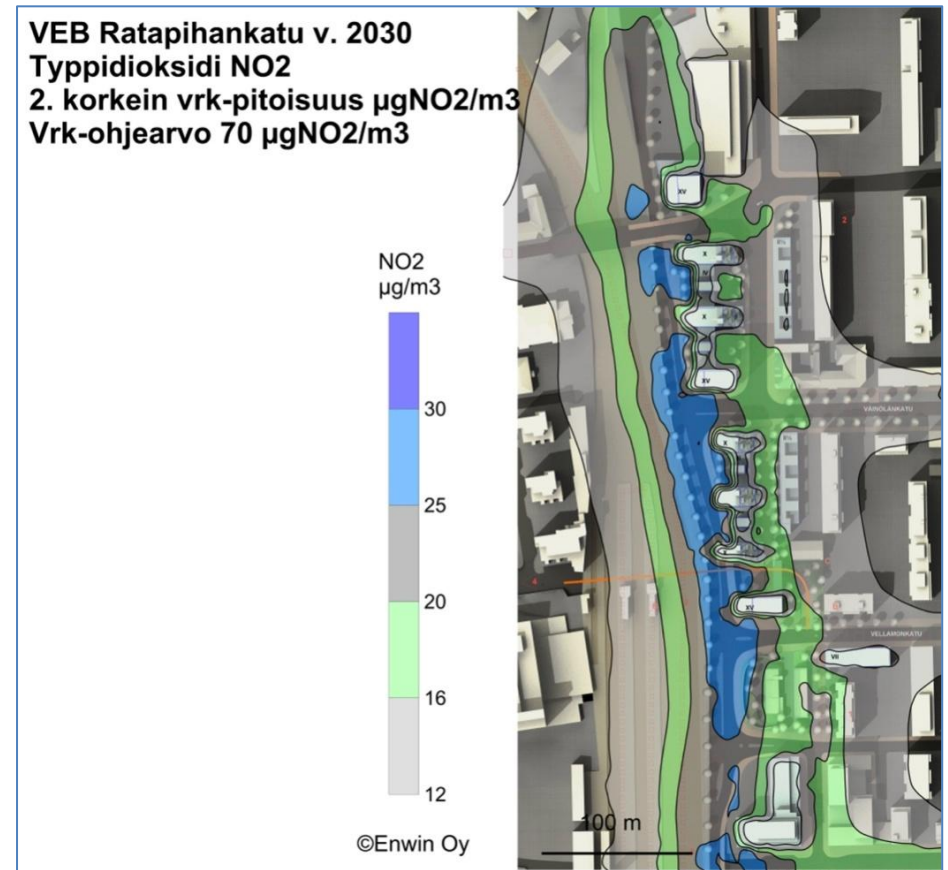


VAIHTOEHTO B

Kuva 1. Ilmanlaadun NO<sub>2</sub>:n tuntiohjarvoon (150 µg/m<sup>3</sup>, 99. prosenttipiste) verrannolliset typpidioksidi-pitoisuudet µgNO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (v. 2030 liikenne+tausta).

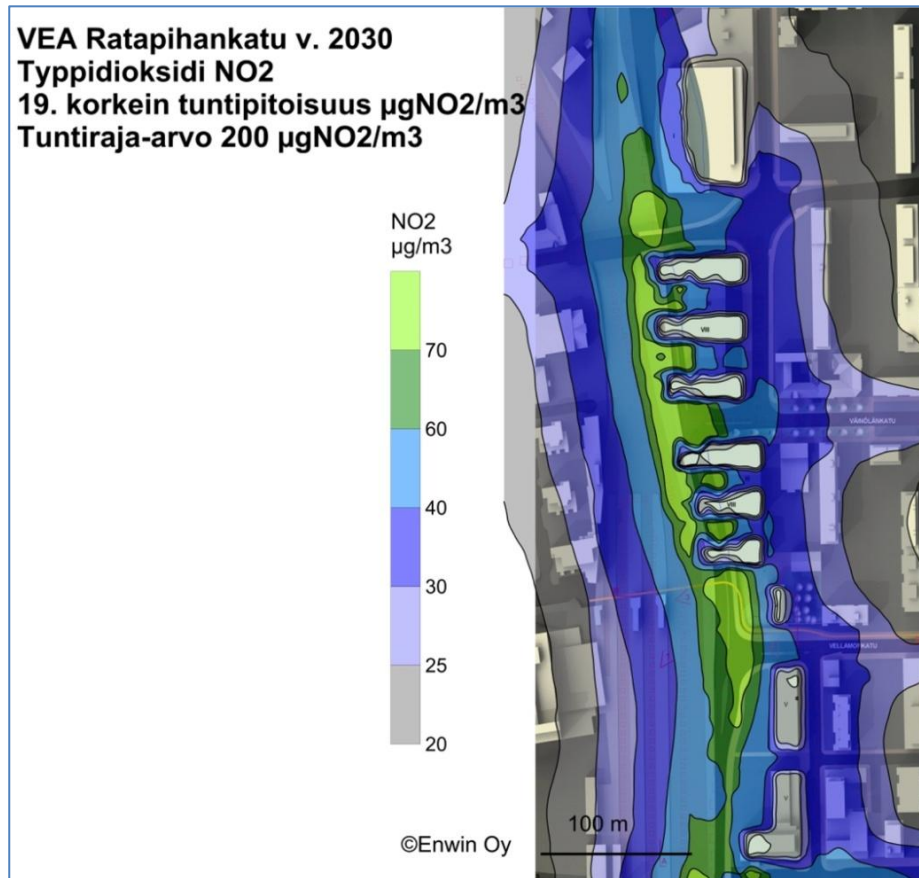


VAIHTOEHTO A

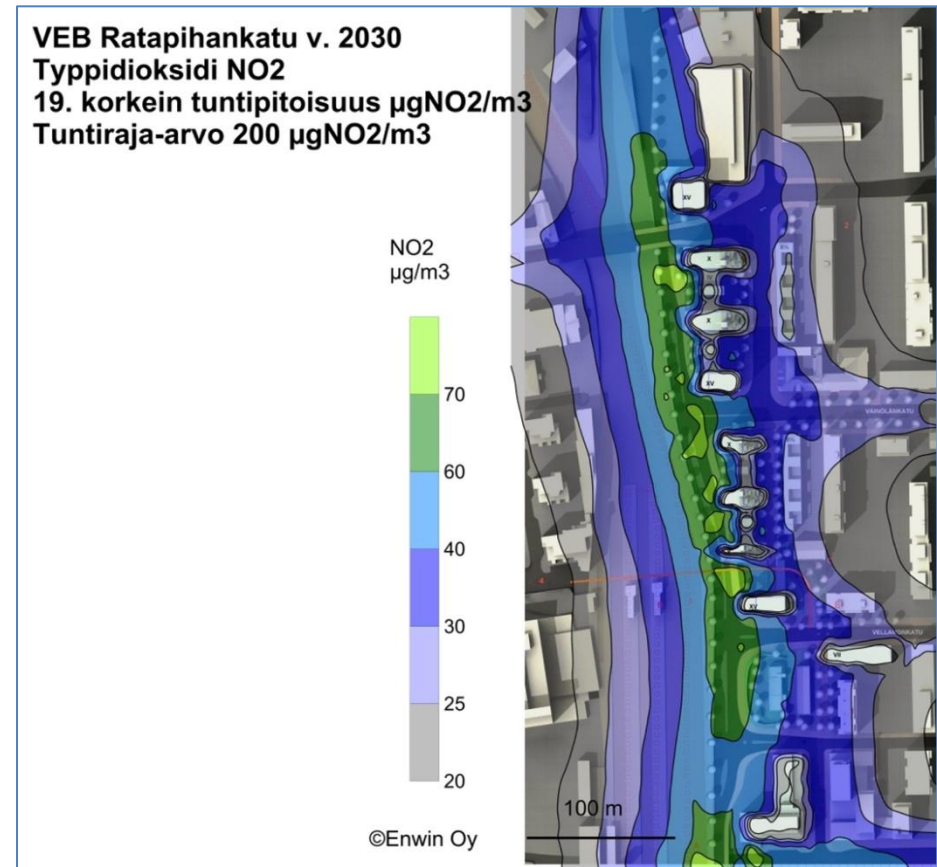


VAIHTOEHTO B

Kuva 2. Ilmanlaadun NO<sub>2</sub>:n vuorokausiohjearvoon (70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2. korkein vrk) verrannolliset typpidioksidipitoisuudet (v. 2030 liikenne + tausta).

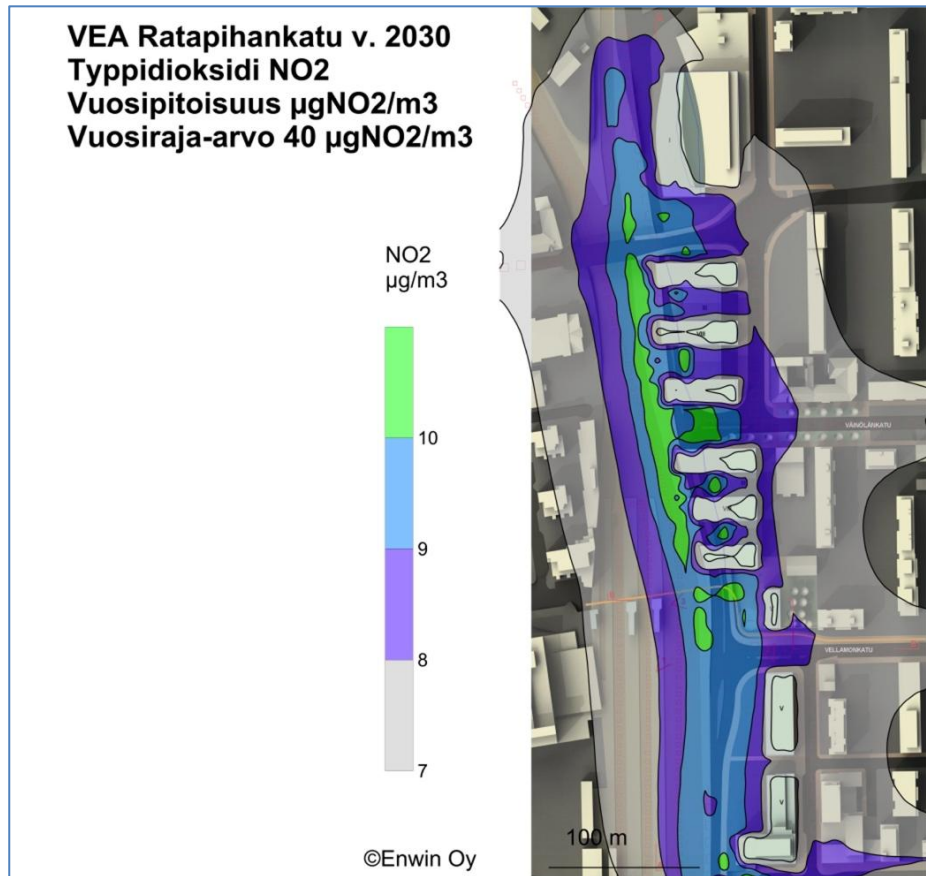


VAIHTOEHTO A

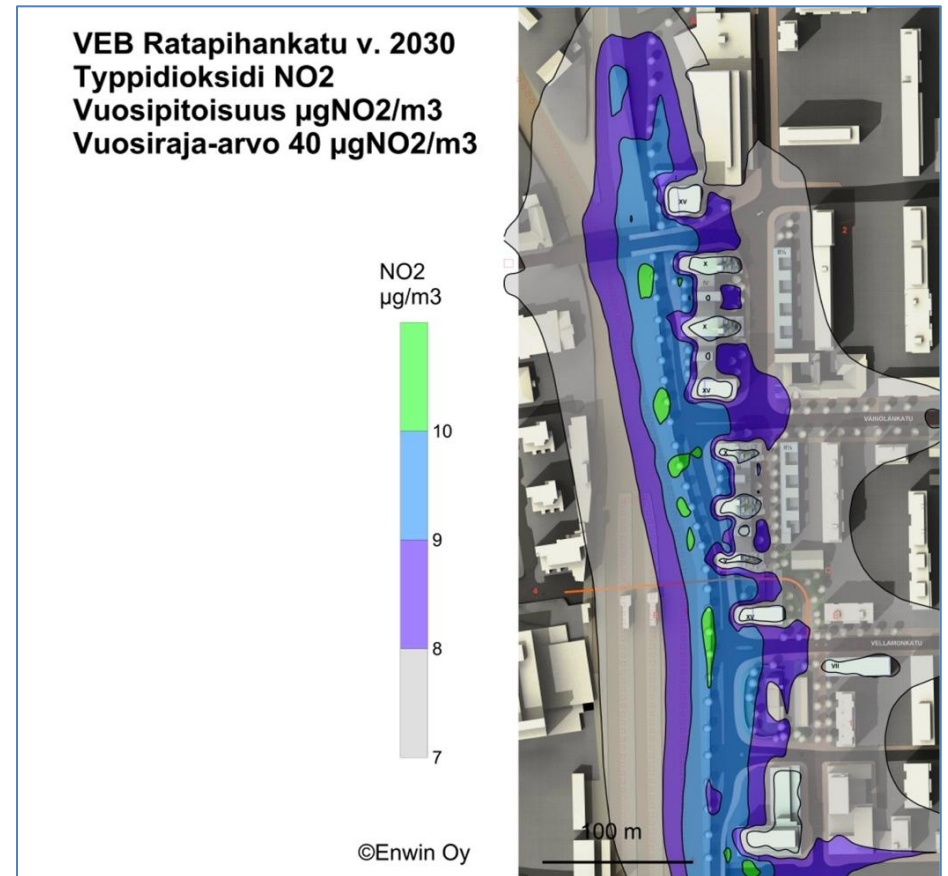


VAIHTOEHTO B

Kuva 3. Ilmanlaadun NO<sub>2</sub>:n tuntiraja-arvoon (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , vuoden 19. korkein tunti) verrannolliset typpidioksidipitoisuudet (v. 2030 liikenne + tausta).



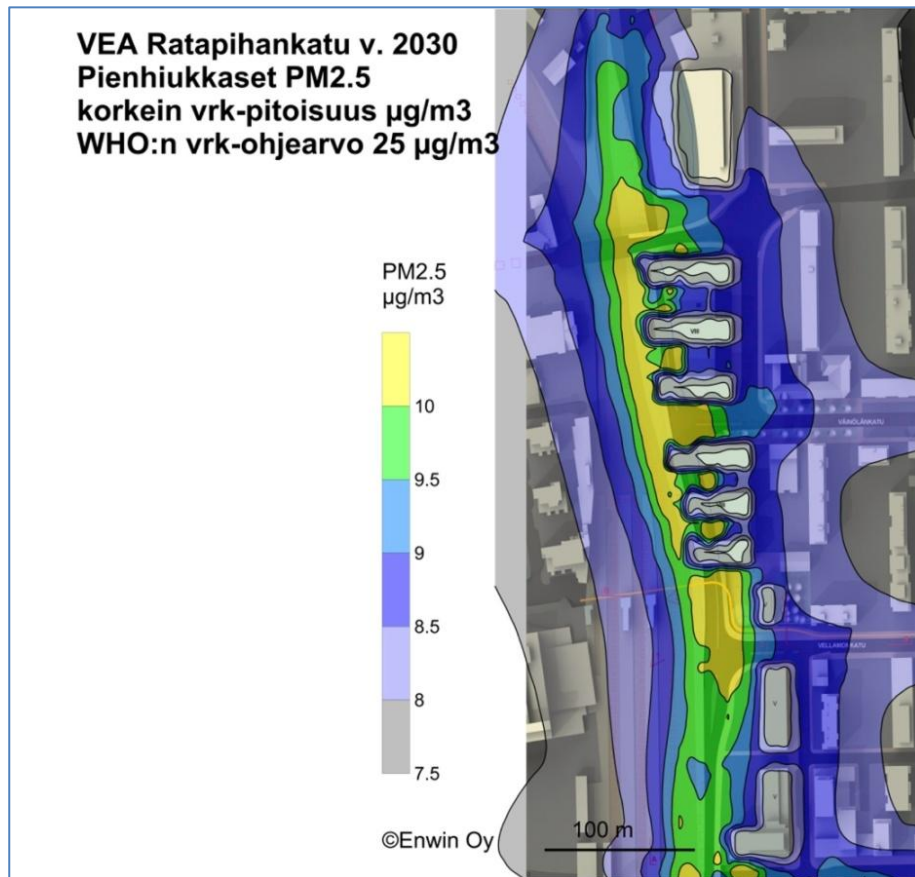
VAIHTOEHTO A



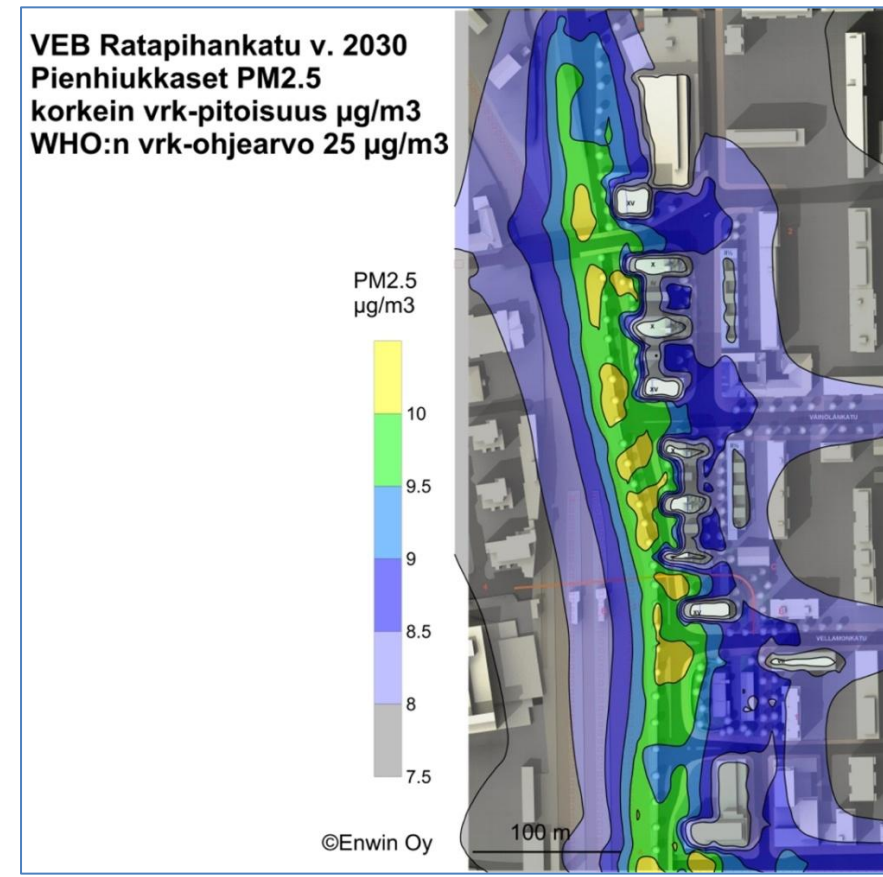
VAIHTOEHTO B

Kuva 4. Ilmanlaadun NO<sub>2</sub>:n vuosiraja-arvoon ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verrannolliset typpidioksidin vuosipitoisuudet (v. 2030 liikenne+ tausta).

**LIITE 2. PM<sub>2.5</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen – Vaihtoehdot A ja B**

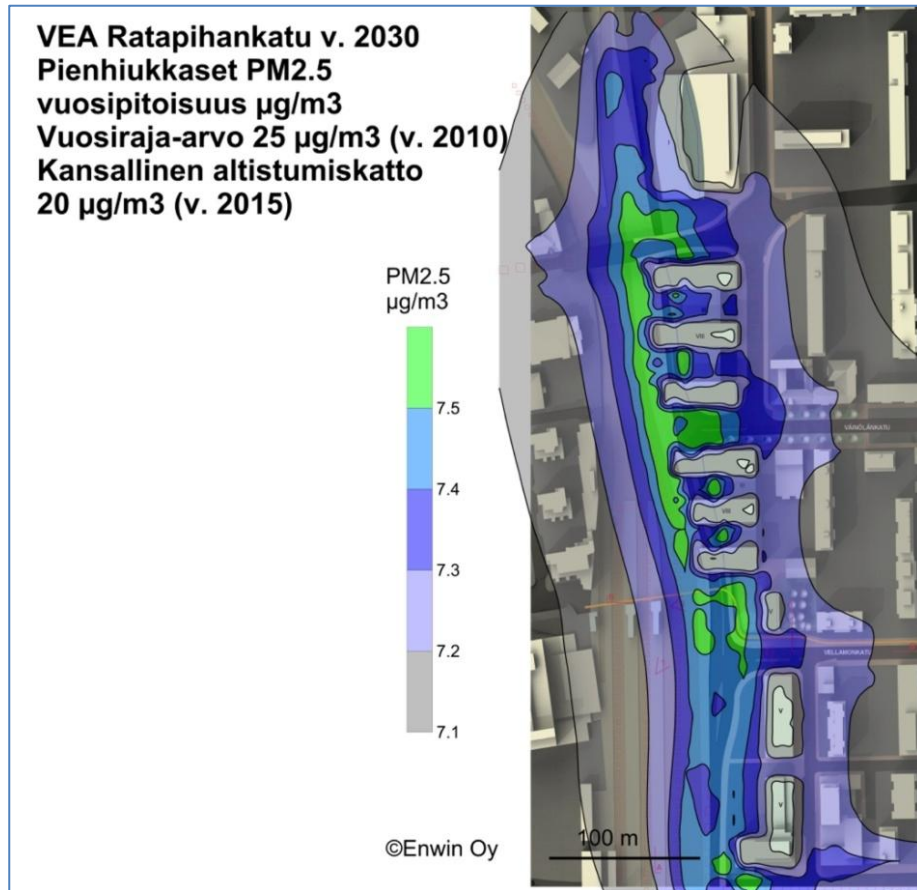


VAIHTOEHTO A

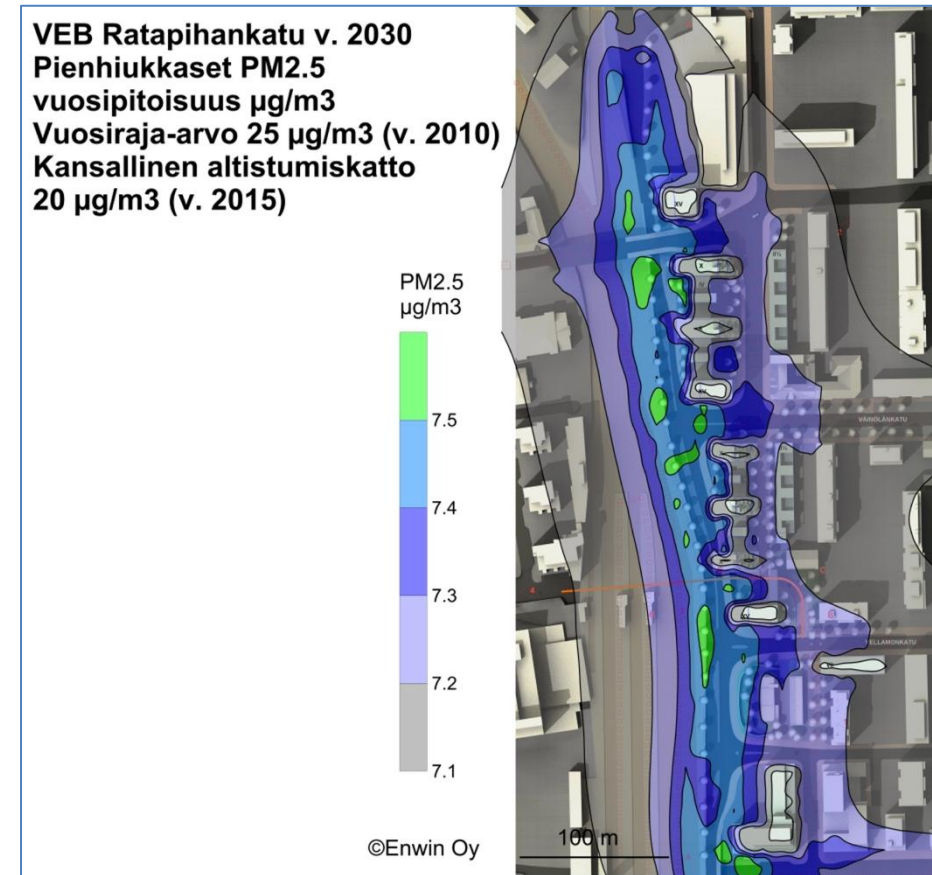


VAIHTOEHTO B

Kuva 5. WHO:n ilmanlaadun PM<sub>2.5</sub> vuorokauden ohjearvoon (25 µg/m<sup>3</sup>) verrannolliset PM<sub>2.5</sub>-pitoisuudet (v. 2030 liikenne+tausta).



VAIHTOEHTO A

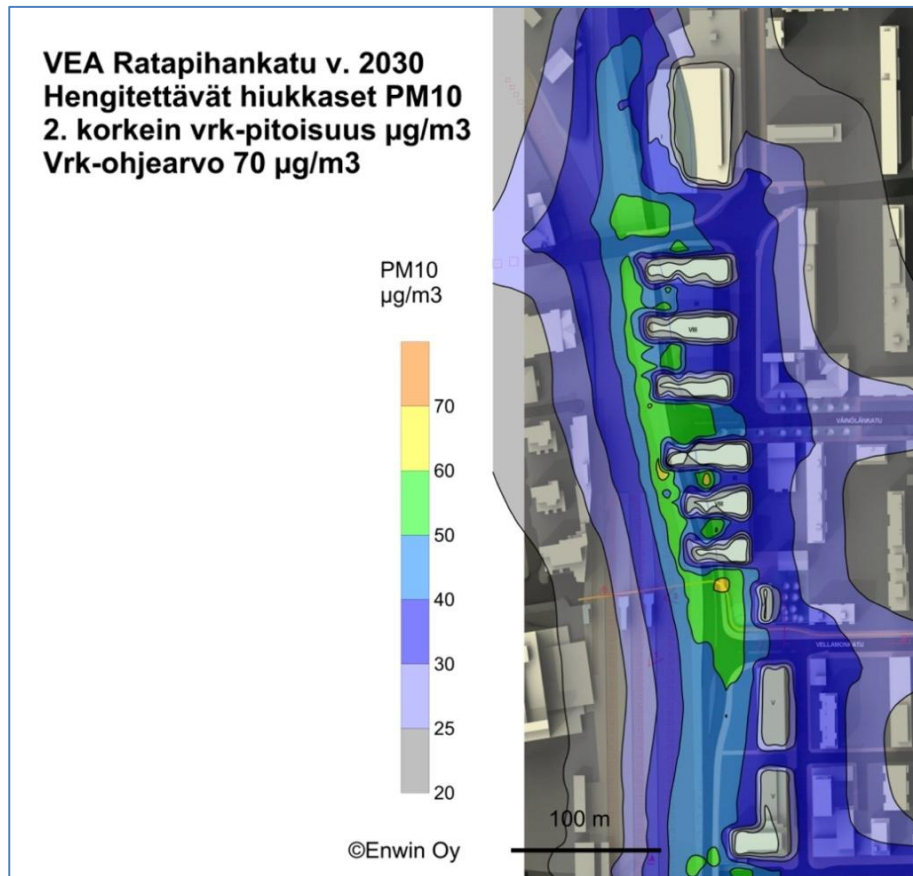


VAIHTOEHTO B

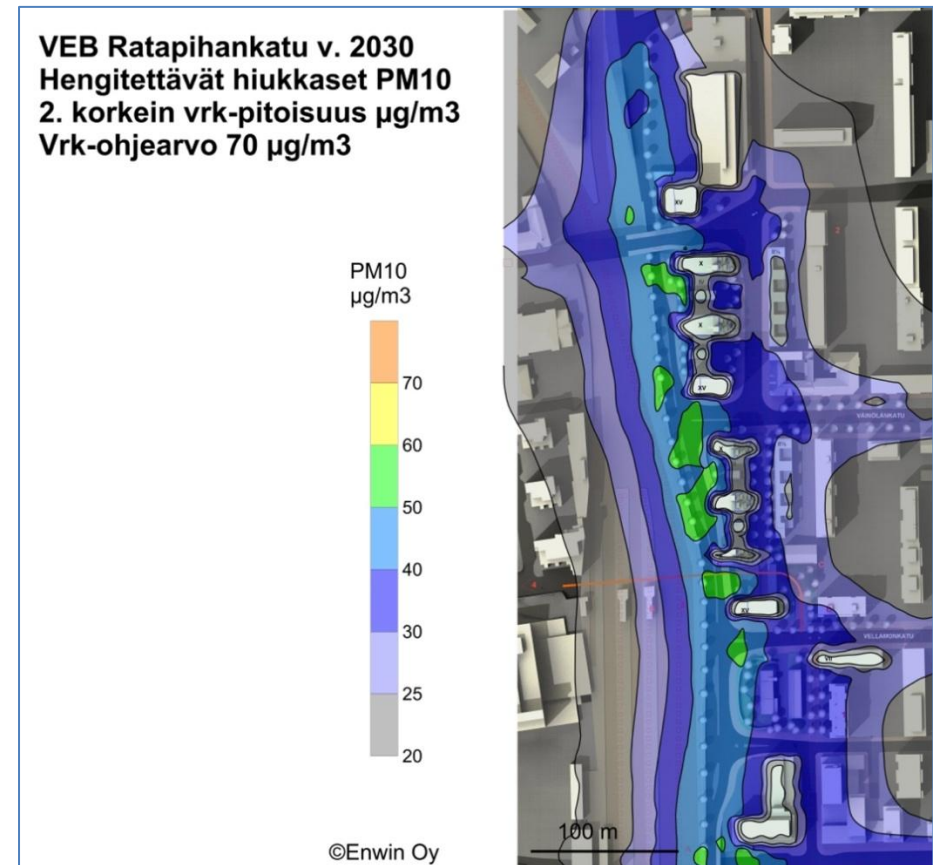
Kuva 6. PM<sub>2,5</sub>-vuosipitoisuus – verrannollinen ilmanlaadun PM<sub>2,5</sub> vuosiraja-arvoon (25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ja WHO:n vuosiohjeeseen (10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (v. 2030 liikenne+tausta). Jos < 8.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ei altistuksen vähennystavoitetta.



**LIITE 3. PM<sub>10</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen - Vaihtoehdot A ja B**

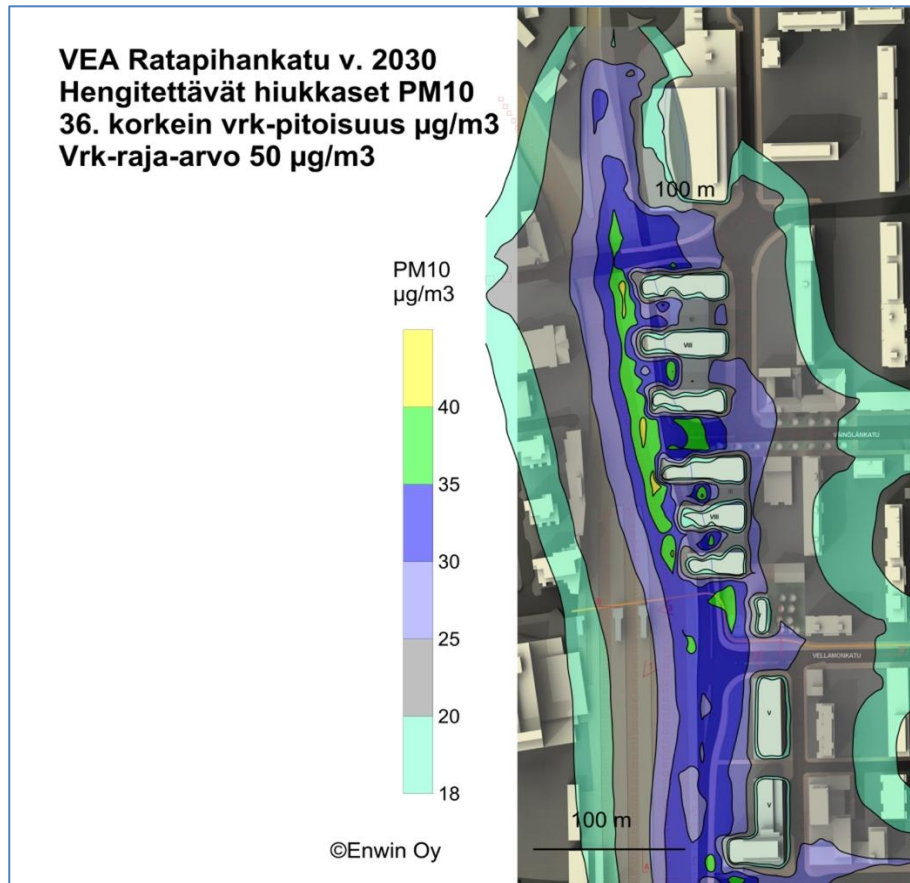


VAIHTOEHTO A

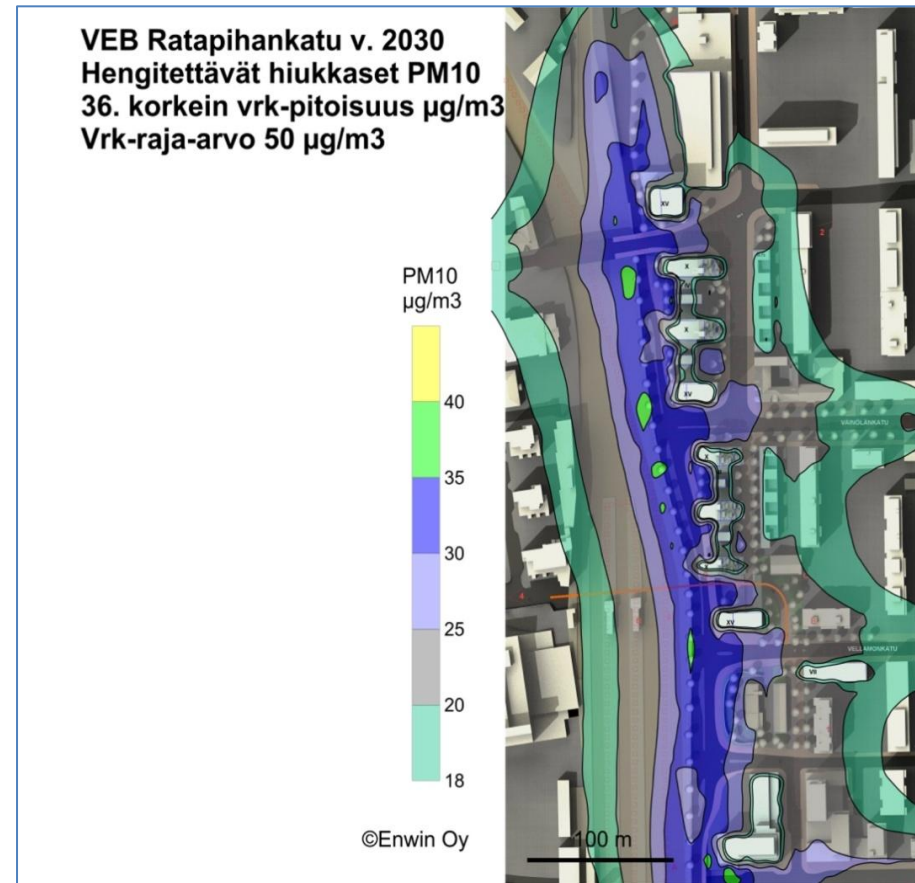


VAIHTOEHTO B

Kuva 7. Ilmanlaadun PM<sub>10</sub> vuorokauden ohjearvoon (70 µg/m<sup>3</sup>, 2. korkein vrk) verrannolliset PM<sub>10</sub>-pitoisuudet (v. 2030 liikenne+tausta).

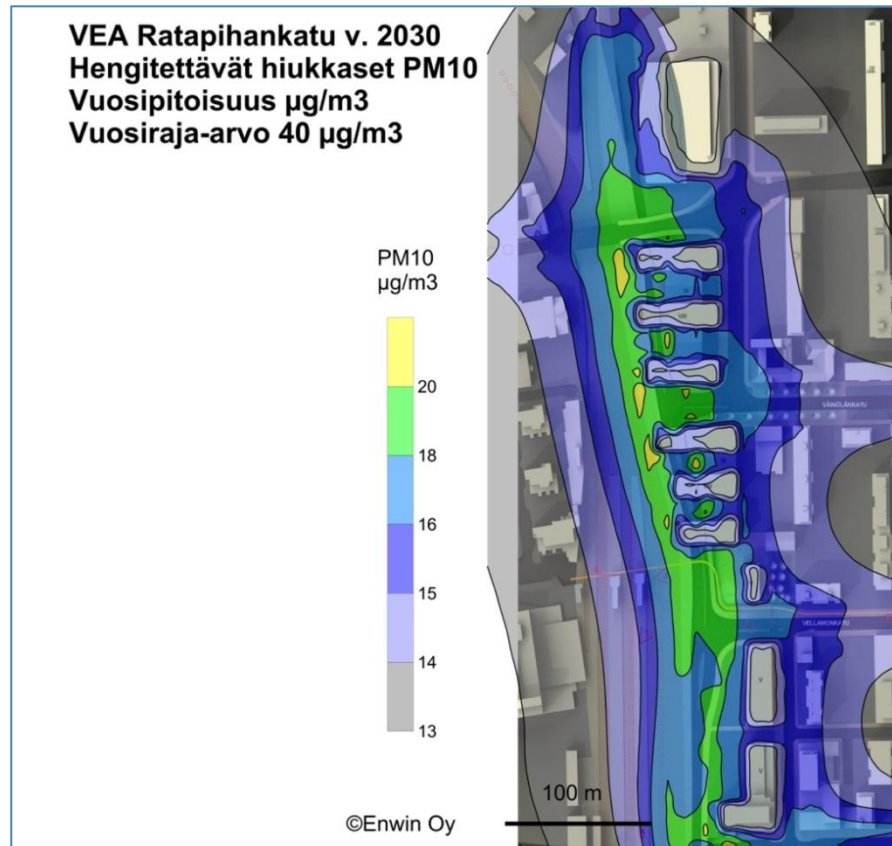


VAIHTOEHTO A

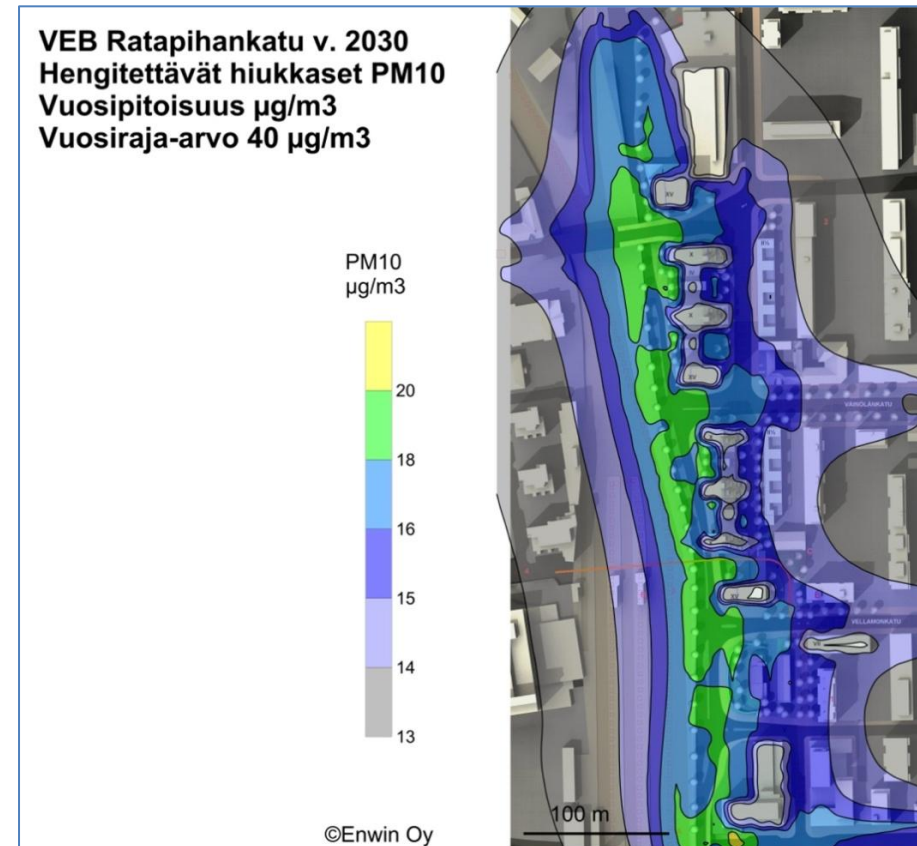


VAIHTOEHTO B

Kuva 8. Ilmanlaadun  $\text{PM}_{10}$  vuorokauden raja-arvoon ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 36.korkein vrk) verrannolliset  $\text{PM}_{10}$ -pitoisuudet (v. 2030 liikenne+tausta).



VAIHTOEHTO A



VAIHTOEHTO B

Kuva 9. Ilmanlaadun  $\text{PM}_{10}$  vuosiraja-arvoon ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verrannolliset  $\text{PM}_{10}$ -pitoisuudet (v. 2030 liikenne+tausta).