

Vastaanottaja
Tampereen kaupunki

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
18.1.2010

PISPALAN JA SANTA- LAHDEN ILMANLAA- TUSELVITYS

**TYPPIDIOKSIDIN RAJA-ARVOT SEKÄ
HIUKKASTEN RAJA- JA OHJEARVOT**

ASEMAKAAVAT NRO 8256, 8309, 8310 JA 8048



ASEMAKAAVAT NRO 8256, 8309, 8310 JA 8048

Päivämäärä **18/01/2010**
Laatija **Sanna Sorvoja**
Tarkastaja **Jukka Räsänen**
Hyväksyjä **Jukka Räsänen**

SISÄLTÖ

1.	Työn tausta ja tutkimusmenetelmä	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tutkimuksen suoritus	1
1.3	Käytetyt ohjelmistot	2
2.	Mallinnuksen lähtötiedot	3
2.1	Liikenteelliset tiedot	3
2.2	Päästökertoimet	3
2.3	Taustapitoisuudet	5
2.4	Meteorologinen aineisto	5
2.5	Maastomalli	6
3.	Raja- ja ohjearvot	6
4.	Tulokset	7
4.1	Ilmanlaatua kuvaavat pitoisuuskartat	7
4.2	Typpidioksidi NO ₂	8
4.3	Hengitettävät hiukkaset PM ₁₀	8
4.4	Pienhiukkaset PM _{2,5}	9
4.5	Epävarmuustekijät	9
5.	Johtopäätökset	9
	Lähteet	11
	Liitteet	12

LIITTEET

Liite 1: Typpidioksidin keskimääräinen vuosipitoisuus 0-3 metrin korkeudella maanpinnasta, nyky- ja ennustetilanteessa

1. TYÖN TAUSTA JA TUTKIMUSMENETELMÄ

1.1 Tausta

Työssä laadittiin ilmanlaatuselvitys Tampereen Pispalan ja Santalahden kaupunginosien asema-kaava-alueille nro 8256 (Pispala, vaihe Ia), 8309 (Pispala, vaihe IIa), 8310 (Pispala, vaihe IIb) ja 8048 (Santalhti).



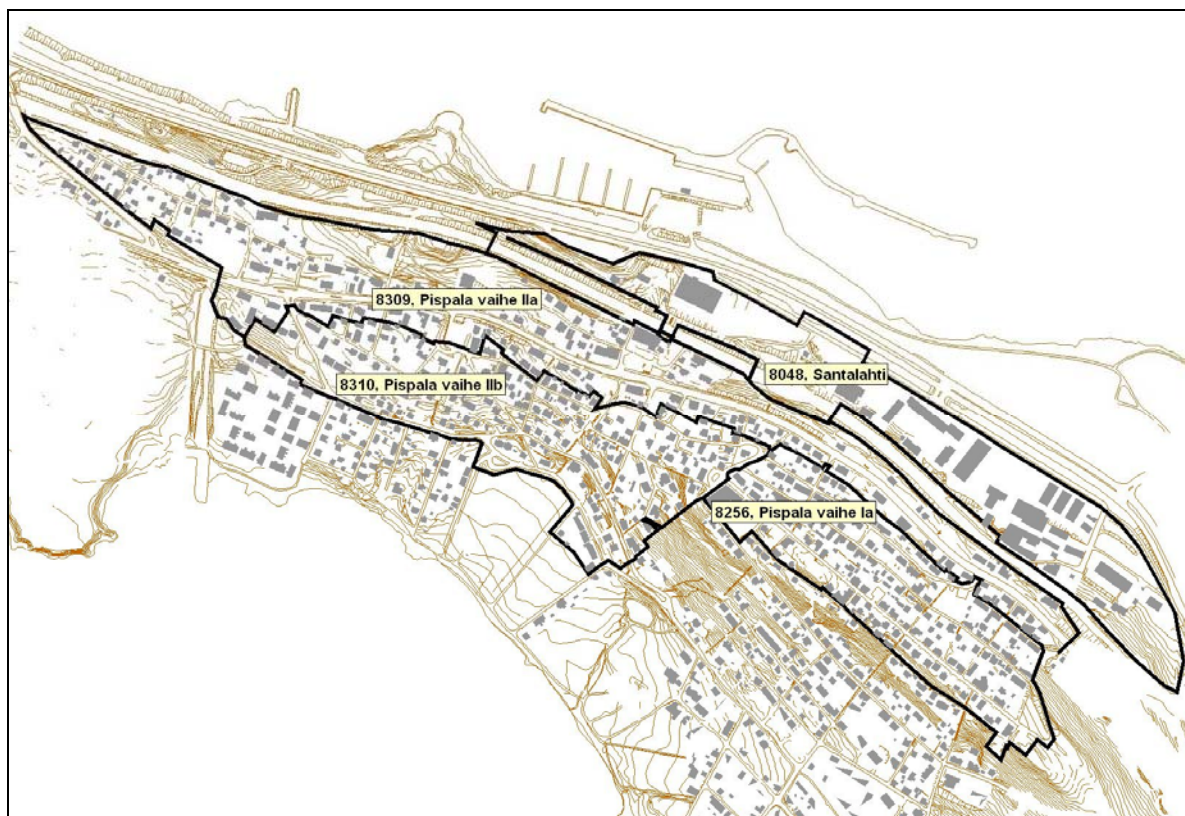
Kuva 1. Selvityskohde

Työ on tehty Tampereen kaupungin kaupunkiympäristön kehittämisen toimeksiannosta. Tilaajan yhteyshenkilönä on toiminut ympäristöasiantuntija Antonia Sucksdorff-Selkämaa. Ilmanlaatuselvityksen on laatinut Ramboll Finland Oy, jossa työstä ovat vastanneet suunnittelija Sanna Sorvoja ja projektipäällikkö Jukka Räsänen.

Tässä raportissa on esitetty ainoastaan typpidioksidin ja pienhiukkasten raja-arvoihin sekä hengittävien hiukkasten raja- ja ohjearvoihin verrannollisten pitoisuusmallinnuksien tulokset. Typpidioksidin ohjearvoihin verrannolliset tulokset on esitetty erillisessä raportissa.

1.2 Tutkimuksen suoritus

Työssä tehtiin ilmanlaatumallinnukset neljälle asemakaava-alueelle. Tutkittavia ilman epäpuhtauksia olivat typpidioksidi, hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset. Mallinnuksissa päästölähteinä otettiin huomioon ainoastaan pakokaasupäästöt ja taustapitoisuus. Näin ollen hiukkasten osalta tulokset eivät edusta tavanomaisissa olosuhteissa ilmassa olevaa pitoisuutta, sillä kaupunki-ilmassa erityisesti hengitettävien hiukkasten osalta suurimman osan pitoisuudesta muodostaa katupöly, ja lisäksi pientaloalueella mahdollisesti puun pienpoltto. Katupölyn merkitystä alueen hiukkaspitoisuuksiin on arvioitu sanallisesti.



Kuva 2. Selvitykseen kuuluvat asemakaava-alueet

Typidioksidin mallinnuksessa on otettu huomioon typpimonoksidin muutunta typpidioksidiksi. Pakokaasupäästöjen tyyppioksidiensa suurin osa on typpimonoksidia, joka reagoi hapen tai otsonin kanssa ilmakehässä muuttuen typpidioksidiksi. Tyyppioksidien ilmakemiallisten reaktioiden kuvaamiseen on käytetty Ilmatieteen laitoksen kehittämää kaavaa. Kaavan perustana ovat Suomesta empiirisesti kerätyt mittausarjat. (Karpainen 1998)

Pitoisuudet laskettiin kahdelle eri korkeudelle maanpinnasta, 0-3 metriä sekä 6-9 metriä. Mallinnuksissa käytettiin 10x10 metrin kokoista laskentaruudukkoa. Rakennuksien kohdalla laskentaruudukon koko oli tihennetty 2x2 metrin kokoiseksi, jotta rakennuksien todellisen koon ja muodon voisi ottaa huomioon tarkemmin.

Mallinnuksien tuloksena saatuja tunti-, vuorokausi- ja vuosipitoisuuksia verrattiin vastaaviin ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin. Tämän perusteella vedettiin johtopäätökset liikenteen vaikutuksesta alueen ilmanlaatuun ja suositukset tulevalle maankäytölle.

1.3 Käytetyt ohjelmistot

Työssä tehdyissä päästöjen leviämislaskelmissa käytettiin kahta eri ohjelmistoa. Tutkittujen ilman epäpuhtauksien raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet laskettiin AUSTAL2000-ohjelmistolla. Ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet laskettiin Gauss TA Luft '86-ohjelmistolla, koska AUSTAL2000-ohjelmistolla voidaan laskea ainoastaan maksimi tunti- ja vuorokausipitoisuuksia, kun taas Gauss TA Luft '86-ohjelmistolla voidaan laskea ohjearvojen tilastollista määrittelyä vastaavat pitoisuudet.

AUSTAL2000

AUSTAL2000 (Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft) on Saksan ympäristöviraston kehittämä päästöjen leviämismallinnusohjelmisto, joka vastaa TA Luft 2002 -säännöskokoelmassa olevia

vaatimuksia. AUSTAL2000 koostuu kolmesta eri ohjelmasta, joista tieliikenteen päästöjen mallinnuksessa käytetään kahta. TALdia laskee tuulikentän ja AUSTAL2000 laskee ilmansaasteiden leviämisen. AUSTAL2000 pohjautuu kaupalliseen LASAT-päästömallinnusohjelmistoon. AUSTAL2000 on lagrange-tyyppinen partikkelimalli, joka noudattaa normaalijakaumaa. Päästölähteet voivat olla piste-, viiva-, alue- ja tilälähteitä. Sillä voidaan laskea muun muassa typen oksidien, rikkidioksidin ja hiukkasten pitoisuuksia. Meteorologisena datana käytetään tuulen nopeutta ja suuntaa sekä ilmakehän stabiilisuutta. AUSTAL2000-ohjelmistossa voidaan tilanteen mukaan määrittää kuinka monta ajoneuvoluokkaa ja muuta tekijää otetaan huomioon päästökertoimissa. Ohjelmisto ottaa huomioon typen oksidien perusreaktiot, kuivadeposition, maanpinnan muodon vaikutukset ja rakennukset.

Gauss TA Luft '86

TA Luft '86-säännöksen mukainen Gauss-malli on kehitetty Saksassa. TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) on saksalainen ilmanlaadun kontrolloimiseen tarkoitettu säännös. Meteorologisena datana käytetään tuulen nopeutta ja suuntaa sekä ilmakehän stabiilisuutta. Ohjelmisto ei laske tuulikenttää, vaan käyttää empiirisesti perusteltuja yhtälöitä, joissa on parametrit tuulen nopeudelle, suunnalle ja kuudelle ilmakehän stabiilisuusluokalle. Ohjelmisto ei ota huomioon maanpinnan muotoja tai rakennuksia. Ohjelmisto voi yliarvioida pitoisuuksia aivan päästölähteellä. Ohjelmisto ottaa huomioon typen oksidien muutunna. Ohjelmistoon määritetään, kuinka monta ajoneuvoluokkaa ja muuta tekijää otetaan huomioon päästökertoimissa.

2. MALLINNUKSEN LÄHTÖTIEDOT

2.1 Liikenteelliset tiedot

Mallinnuksissa otettiin huomioon Paasikiventien ja Pispalan valtatie liikenne. Tarkastelualueen muiden katujen liikennemäärät ovat niin pieniä, että niillä ei ole merkittävää vaikutusta tutkimusalueen ilmanlaatuun, eikä niitä tämän vuoksi nähty tarpeelliseksi ottaa huomioon mallinnuksessa. Nykytilanteen liikennemäärien lähtötietoina käytettiin Pispalan liikenteellistä esiselvitystä. Vuoden 2030 liikennemäärät saatiin tilaajan toimittamasta EMME-mallilla tuotetusta ennustemalliaineistosta. Ajoneuvotyyppijaottelun pohjana on käytetty Paasikiventiellä sijaitsevasta LAM-pisteestä saatuja tietoja (LAM-piste nro 452). Taulukoissa 1 ja 2 on kerrottu mallinnuksissa käytetyt liikennemäärät sekä ajoneuvotyyppijakauma. Ajonopeudet mallinnettiin nykyisten nopeusrajoitusten mukaisesti.

Taulukko 1. Liikennemäärät ja ajoneuvotyyppijakauma nykytilanteessa

	KAVL	HAPA %	LA %	KAIP %	KAPP %	KATP %
Paasikiventie	45 510	94,3	0,3	3,0	0,6	1,8
Pispalan valtatie, länsiosa	19 000	94,3	0,3	3,0	0,6	1,8
Pispalan valtatie, itäosa	16 550	94,3	0,3	3,0	0,6	1,8

Taulukko 2. Liikennemäärät ja ajoneuvotyyppijakauma ennustetilanteessa (v. 2030)

	KAVL	HAPA %	LA %	KAIP %	KAPP %	KATP %
Paasikiventie	58 946	94,3	0,3	3,0	0,6	1,8
Pispalan valtatie, länsiosa	11 604	94,3	0,3	3,0	0,6	1,8
Pispalan valtatie, itäosa	13 148	94,3	0,3	3,0	0,6	1,8

2.2 Päästökertoimet

Päästökertoimilla kuvataan, kuinka paljon yksi ajoneuvo tuottaa päästöjä tietynlaisissa liikenneolosuhteissa tiettyä ajettua matkaa kohden. Yhden ajoneuvon päästöjen määrään vaikuttavista

tekijöistä on huomioitu ajonopeus, väylien pystygeometria ja liikennetilanne. Kutakin liikenneolosuhdetta kuvaavat päästökertoimet on laskettu erikseen viidelle ajoneuvotyypille:

- henkilö- ja pakettiautot (HAPA)
- linja-auto (LA)
- kuorma-auto ilman perävaunua (KAIP)
- kuorma-auto puoliperävaunulla (KAPP)
- kuorma-auto täysperävaunulla (KATP)

Kertoimien laskentaa varten koottiin tietoja Suomen ajoneuvokannan ominaisuuksista eri lähteistä, joista tärkeimpiä olivat:

- LIISA- ja LIPASTO-laskentajärjestelmät
- VEMOSIM-simulointimalli
- YTV:n mallijärjestelmän päästöfunktiot
- COPERT IV-malli

Päästökertoimien laskennan pohjana on käytetty VTT:n vuoden 2009 päivitettyä LIISA- ja LIPASTO-järjestelmää. Ns. perustilanteisiin ja eri nopeusrajoitustasoille lasketut keskimääräiset päästökertoimet yhdistettiin siten, että saatiin eri ajoneuvotyypille keskimääräiset typen oksidien (NOx) ja hiukkasten (PM) päästökertoimet (g/ajoneuvokm) eri liikenneolosuhteisiin, joista huomioitiin tieluokka (maantie/katu) ja nopeusrajoitustaso. Ajoneuvotyyppien suoriteosuuksien lähteenä käytettiin LIISA 2007-raporttia. Päästökertoimissa on laskettu hiukkasille vain yksi kerroin. EEA:n tekemien tutkimuksien mukaan pienhiukkasten ja hengittävien hiukkasten välinen jakauma liikenteessä on noin 1/3 hengittettäviä hiukkasia ja 2/3 pienhiukkasia, tätä jakaumaa on käytetty mallinuksissa. (EEA 2007)

Vuoden 2009 päivityksessä päästökertoimiin tuli merkittäviä muutoksia. Vertailun vuoksi taulukossa 3 on esitetty vuoden 2007 ja 2009 päästökertoimia typpidioksidille eri nopeuksilla kolmessa eri ajoneuvoluokassa.

Taulukko 3. Vuosien 2007 ja 2009 päästökertoimia typpidioksidille (Lähde: VTT)

NOx g/km	km/h	HAPA		LA		KAIP	
		2007	2009	2007	2009	2007	2009
Maantiet	30	1,03	0,47	13,34	10,59	8,93	4,90
	40	0,98	0,46	12,45	9,00	7,66	4,80
	50	0,91	0,46	7,82	7,05	6,38	4,43
	60	0,93	0,47	7,38	6,65	5,81	4,04
	70	0,99	0,50	7,11	6,41	5,30	4,00
	80	1,06	0,59	6,94	6,99	4,85	4,08
	90	1,19	0,66	7,11	7,17	4,53	3,81
	100	1,32	0,73	7,29	7,35	4,53	3,81
	110	1,52	0,85	7,29	7,35	4,53	3,81
	120	1,72	0,96	7,29	7,35	4,53	3,81
Kadut	30	1,06	0,47	17,56	11,22	6,47	3,63
	40	1,03	0,49	16,39	10,50	5,55	3,58
	50	1,01	0,51	13,35	9,12	5,32	3,43
	60	1,00	0,51	12,47	8,52	4,88	3,15
	70	1,04	0,59	11,32	8,24	4,41	3,22

Tien pystygeometrialla on suuri merkitys ajoneuvon tuottamaan päästömäärään. Tien pituuskaltevuuden mukaan muuttuvat päästökertoimet laskettiin erikseen jokaiselle ajoneuvotyypille ja nopeudelle käyttäen hyväksi VEMOSIM-simulointimallista tuotettuja korjauskertoimia. Päästökertoimien oikean suuruusluokan varmistamiseksi niitä vertailtiin YTV:n mallijärjestelmän EMME/2-liikennemallin sekä COPERT IV-mallin käyttämiin päästöfunktioihin.

2.3 Taustapitoisuudet

Taustapitoisuuksilla kuvataan tarkastelualueella vallitsevaa pitoisuutta, kun ei oteta huomioon paikallisten tekijöiden vaikutusta. Taustapitoisuuden suuruuteen vaikuttaa mm. kaukokulkeutuma. Tampereella ei ole toistaiseksi ilmanlaadun mittausasemaa, joka olisi tarkoitettu nimenomaan taustapitoisuuden mittaamiseen.

Mallinuksissa päädyttiin käyttämään Espoon Luukin taustapitoisuusaseman mittaamia pitoisuuksia hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten osalta. Luukki on ns. alueellinen tausta-asema, joka edustaa maaseutumaista ympäristöä. Sen vuoksi mittaustuloksia voidaan hyödyntää muualakin Suomessa, jos muita taustapitoisuuksia ei ole käytettävissä. Taulukossa 4 on esitetty Luukin mittausasemalla mitattuja hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten keskimääräisiä kuukausiarvoja.

Taulukko 4. Hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten keskimääräisiä kuukausiarvoja Espoon Luukissa

	Pienhiukkaset (PM _{2,5}) (µg/m ³)	Hengittävät hiukkaset (PM ₁₀) (µg/m ³)
Tammikuu	3	12
Helmikuu	9	18
Maaliskuu	8	17
Huhtikuu	3	13
Toukokuu	6	11
Kesäkuu	3	9
Heinäkuu	4	17
Elokuu	6	8
Syyskuu	4	11
Lokakuu	6	9
Marraskuu	2	9
Joulukuu	3	7

Typen oksidien osalta Luukin mittausasemalla mitatut pitoisuudet ovat liian korkeita Tampereella käytettäväksi. Typen oksidien taustapitoisuutena käytettiin Ähtärin mittausasemalla mitattuja pitoisuuksia. Mittausasemalla mitatut typpidioksidin tuntipitoisuudet ovat pääasiassa 0-10 µg/m³.

2.4 Meteorologinen aineisto

Lyhyillä etäisyyksillä ilmansaasteiden liikkeen suunnan ja nopeuden määrittelevät keskimääräiset tuuliolosuhteet. Vaaka- ja pystytasoisien leviämisen ja laimentumisen perustana on puolestaan rajakerroksen turbulenssi. Näin ollen mallinnuksen kannalta tärkeimmät meteorologiset tekijät ovat tuulen nopeus ja suunta sekä ilmakehän stabiilisuus.

Mallinuksissa käytetyt meteorologiset tiedot on saatu Ilmatieteen laitoksen toimittamasta sääaineistosta. Aineisto sisältää tuulen suunnan ja nopeuden sekä ilmakehän stabiilisuutta kuvaavan Monin-Obukhovin pituuden tunneittain eriteltynä kahden vuoden ajalta. Aineiston tuntiaikasarjat tuotetaan ilmakehän parametrisointimenetelmällä. Mallinuksissa käytetty aineisto kuvaa Tampereen seudun meteorologisia olosuhteita. Se on muodostettu Tampere-Pirkkalan lentokentän ja Tampereen Siilinkarin havaintoasemien sekä Jokioisten luotausaseman havaintojen perusteella vuosien 2005 ja 2006 aineistoista. Aineisto on laskettu kuvaamaan olosuhteita 10 metrin korkeudella maanpinnasta.

Vuosina 2005–2006 vallitseva tuulen suunta oli lounaasta koilliseen. Vuonna 2005 keskimääräinen tuulen nopeus oli koko vuoden ajalta 2,92 m/s ja vuonna 2006 se oli 2,97 m/s.

2.5 Maastomalli

Maastomalli alueesta muodostettiin tilaajan toimittamasta Tampereen numeerisesta 3d-kantakartta-aineistosta. Malli sisältää maastonmuodot korkeuskäyrinä ja ajoradat yms. taiteviivoina, sekä lisäksi rakennukset ja muut ilman epäpuhtauksien etenemiseen vaikuttavat tekijät. Nyky- ja ennustetilanteiden (v. 2030) mallinnuksissa käytettiin samaa maastomallia.

3. RAJA- JA OHJEARVOT

Ilmanlaadun sääntelemistä varten on annettu raja-, ohje-, kynnys- ja tavoitearvoja. Arvoilla pyritään ehkäisemään ja vähentämään ilman epäpuhtauksien aiheuttamaa ympäristön pilaantumista ja terveyshaittoja. Ohjearvot kuvaavat ilmansuojelun tavoitetasoa, ja ne on pääasiassa tarkoitettu viranomaisten ohjeiksi suunnittelussa. Raja-arvot sen sijaan ovat ohjearvoja sitovampia, ja määrittelevät ilmansaasteiden suurimmat sallitut pitoisuudet. Kynnysarvot kertovat tason, jonka ylittyessä on tiedotettava kohonneista ilmansaastepitoisuuksista, ja tavoitearvot määrittelevät pitoisuuden, joka ei saisi enää ylittyä määräajan kuluttua. (9.8.2001/711, YTV 2008a)

Päästöjen leviämismallinnuksen tuloksena saatuja pitoisuuksia voidaan verrata raja- ja ohjearvoihin, minkä perusteella voidaan vetää johtopäätökset tarkasteltavan alueen ilmanlaadun tasosta nykytilanteesta ja tulevaisuudessa.

Ilmansaasteiden pitoisuuksille on asetettu sitovia raja-arvoja, joita ei saa ylittää. Suomessa ilmanlaadun raja-arvot on annettu valtioneuvoston asetuksella ilmanlaadusta vuonna 2001. Asetuksella on tuotu kansalliseen lainsäädäntöön direktiivit 96/62/EY, 1999/30/EY, 2000/69/EY ja 2002/3/EY. Nämä direktiivit sekä ilmanlaadun mittauspisteitä koskeva direktiivi 97/101/EY korvattiin vuonna 2008 direktiivillä 2008/50/EY, joka tuli implementoida kansalliseen lainsäädäntöön vuoteen 2010 mennessä. Ilmanlaadun raja-arvot typpidioksidin ja hiukkasten osalta on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. EY:n asettamat ilmanlaadun raja-arvot

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sallittujen ylitysten määrä vuodessa	Tavoiteajankohta, jolloin raja-arvo alitettava
Typpidioksidi (NO_2)	tunti	200	18	1.1.2010
	vuosi	40	-	1.1.2010
Hiukkaset (PM_{10})	vuorokausi	50	35	voimassa
	vuosi	40	-	voimassa
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2,5}$) *	vuosi	25	-	1.1.2015

* Raja-arvoa vastaava tavoitearvo tulee saavuttaa vuoteen 2010 mennessä

Lisäksi typen oksideille (NO_x) on asetettu laajoilla maa- ja metsätalousalueilla sekä luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla vuosiraja-arvoksi 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ilmansaasteiden pitoisuuksien ohjearvot on laadittu kansallisella tasolla (taulukko 6). Ne on tarkoitettu pääasiassa viranomaisten työn tueksi muun muassa liikenteen suunnittelussa ja kaavoituksessa, sillä ne kuvastavat ilmansuojelutyön tavoitteita. Myös ohjearvojen ylittyminen pyritään estämään.

Taulukko 6. Ilmanlaadun ohjearvot

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Ohjearvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tilastollinen määrittely
Typidioksidi (NO_2)	tunti vuorokausi	150 70	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste kuukauden toiseksi suurin vrk-arvo
Hiukkaset (PM_{10})	vuorokausi	70	kuukauden toiseksi suurin vrk-arvo

Raja- ja ohjearvojen lisäksi ilmanlaatua tarkkaillaan ja säädellään kynnys- ja tavoitearvoilla. Kynnysarvo kertoo sen pitoisuustason, jonka ylittyessä on tiedotettava ilman epäpuhtauksien määrän kohoamisesta. Tavoitearvo määrittelee pitoisuuden, joka ei saa ylittyä tietyn ajan kuluttua.

WHO (World Health Organisation) uudisti vuonna 2005 omat ohjearvonsa hiukkasille, otsonille, typidioksidille ja rikkidioksidille. Suomen kansallisiin ohjeisiin verrattuna WHO:n ohjeet ovat tiukemmat hiukkasten ja rikkidioksidin osalta. WHO:n vuorokausiohjearvo hengitettävillä hiukkasilla (PM_{10}) on $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuosiohjearvo on $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) vuorokausiohjearvo on $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuosiohjearvo on $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (WHO 2006)

4. TULOKSET

4.1 Ilmanlaatua kuvaavat pitoisuuskartat

Selvityksen tulokset on esitetty liitteenä olevissa pitoisuuskarttaliitteissä (96 kpl, erillisellä muistitikulla). Tässä raportissa on typidioksidin raja-arvoihin verrannolliset tulokset, pienhiukkasten raja-arvoihin verrannolliset tulokset sekä hengitettävien hiukkasten raja- ja ohjearvoihin verrannolliset tulokset. Keskeisimmistä tuloksista on koko tarkastelualueen kattavat kuvat tämän raportin lopuksi (liite 1), tarkemmat tulokset asemakaava-alueittain ovat erillisellä muistitikulla.

Kaikista tutkituista ilman epäpuhtauksista on esitetty tulokset kahdella eri korkeudella, 0-3 metriä ja 6-9 metriä maanpinnasta. 0-3 metriä kuvaa pitoisuutta maanpinnan tasolla, ja 6-9 metriä pitoisuutta noin 3. kerroksen parvekkeen tasolla. Lisäksi kaikki mallinnukset on tehty sekä nykyettä ennustetilanteen (v. 2030) liikennemäärillä. Nyky- ja ennustetilanteiden mallinuksissa on käytetty samaa maankäyttöä, eli mahdollisesti vuoden 2020 aikoihin valmistuvaa Santalahden alueelle ulottuvaa tunnelia ei ole otettu huomioon. Tunnelin toteutuminen luonnollisesti parantaa ilmanlaatua Santalahden itäpäässä, sillä se johtaa liikennemäärän pienentymiseen maanpinnan tasolla. Tunnelin toteutumisen vaikutuksia ilmanlaatuun on tarkasteltu omassa selvityksessään. Pitoisuuskartat on esitetty asemakaava-alueittain. Kartoissa tumman turkoosi viiva kuvaa asemakaava-alueen rajaa. Lisäksi typidioksidin keskimääräisestä vuosipitoisuudesta on esitetty koko alueen kattava kuva nyky- ja ennustetilanteessa.

Typidioksidin pitoisuuksista on esitetty vuosiraja-arvoon verrannollinen keskimääräinen vuosipitoisuus. Tuntiraja-arvon osalta kartoissa on esitetty todennäköisyys sille, että typidioksidin tuntiraja-arvo ylittyy. Todennäköisyyden ollessa alle 0,5, tuntiraja-arvon ylittyminen on epätodennäköistä. Jos taas todennäköisyys on yli 0,5, tuntiraja-arvo ylittyminen on todennäköistä ja alueen pitoisuudet voivat ylittää terveysperusteiset rajat. Todennäköisyys tuntiraja-arvon ylittymiselle on muodostettu laskennallisesti käytettävissä olleen kahden vuoden sääaineiston ja muiden lähtötietojen perusteella. Hengitettävistä hiukkasista on laskettu vuorokausi- ja vuosiraja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet sekä vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus. Pienhiukkasista on esitetty vuosiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus.

Raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet laskettiin AUSTAL2000-ohjelmistolla. Ohjearvoihin verrannolliset typidioksidi- ja hiukkaspitoisuudet laskettiin Gauss TA Luft '86-ohjelmistolla, koska sillä pystytään laskemaan ohjearvojen tilastollista määrittelyä vastaavat korkeimmat pitoisuudet.

Gauss TA Luft '86- ohjelmisto ei ota mallinuksissa huomioon rakennuksien vaikutusta päästöjen kulkeutumiseen.

4.2 Typpidioksidi NO₂

Tarkastelualueen typpidioksidipitoisuuksista tutkittiin vuosiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet, todennäköisyys tuntiraja-arvon ylittymiselle sekä tunti- ja vuorokausiohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet. Ohjearvoihin verrannolliset pitoisuudet on esitetty erillisessä raportissa. Mallinuksissa otettiin huomioon ajoneuvojen pakokaasupäästöt sekä taustapitoisuus.

Nyky- ja ennustetilanteessa typpidioksidin vuosipitoisuus ylittää raja-arvon ainoastaan Paasikiventien liikenneväylällä, mutta on otettava huomioon, että raja- ja ohjearvot eivät ole voimassa ajoradoilla. Päästöt laimenevat nopeasti etäisyyden kasvaessa väylään, ja lähimpien asuintalojen kohdalla keskimääräinen vuosipitoisuus on korkeimmillaan noin 20–30 µg/m³, tosin aivan Pispalan valtatie vieressä olevien rakennusten liikenneväylän puoleisella julkisivulla pitoisuus on korkeimmillaan 30–40 µg/m³. Verrattuna nykytilanteeseen ennustetilanteessa Paasikiventien liikenteestä aiheutuvat päästöt kasvavat jonkin verran, ja Pispalan valtatie liikenteestä aiheutuvat päästöt pienenevät jonkin verran. 6-9 metrin korkeudella Pispalan valtatie ympäristössä oleva pitoisuus on pääasiassa 10–20 µg/m³, ja Paasikiventien ympäristössä 20–30 µg/m³.

Typpidioksidin tuntiraja-arvon ylittyminen nykytilanteessa on hyvin epätodennäköistä koko alueella 0-3 ja 6-9 metrin korkeudella maanpinnasta. Ennustetilanteessa Paasikiventien liikenteen tuottamat typpidioksidipäästöt kasvavat jonkin verran, jolloin tuntiraja-arvon ylittyminen voi olla mahdollista aivan liikenneväylän vieressä, mutta muualla tarkastelualueella raja-arvo ei ylitä.

Santalahdessa sijaitti vuonna 2008 ilmanlaadun mittausasema. Mittausasema oli noin 50 metrin päässä Paasikiventiestä 5 metrin korkeudella maanpinnasta. Mittausasemalla tutkittiin mm. alueen typpidioksidipitoisuuksia. Vuonna 2008 typpidioksidin keskimääräiseksi vuosipitoisuudeksi mitattiin 18 µg/m³. Mallinnustulokset vastaavat tämän osalta hyvin mittausaineistoa. Myöskään typpidioksidin tuntiraja-arvo ei ylittynyt mittausasemalla.

4.3 Hengitettävät hiukkaset PM₁₀

Hengitettävien hiukkasten osalta tutkittiin vuosi- ja vuorokausiraja-arvoon sekä vuorokausiohjearvoon verrannollisia pitoisuuksia. Mallinuksissa otettiin huomioon ainoastaan pakokaasuista aiheutuvat hiukkaspäästöt sekä taustapitoisuus. Mallinuksien perusteella hengitettävien hiukkasten pitoisuus tarkastelualueella ei ylitä raja- ja ohjearvoja.

Mallinuksien mukaan hengitettävien hiukkasten keskimääräinen vuosipitoisuus alueella on alle 15 µg/m³ nyky- ja ennustetilanteessa molemmilla tutkituilla korkeuksilla. Pitoisuus on alle 40 % raja-arvosta. Vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus on alueella 30–35 µg/m³ nyky- ja ennustetilanteessa molemmilla tutkituilla korkeuksilla lukuun ottamatta muutamia rakennuksien katvealueita, joissa pitoisuus on alle 30 µg/m³. Pitoisuus on noin 60 % raja-arvosta. Vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus on 20–40 µg/m³ nyky- ja ennustetilanteessa molemmilla tutkituilla korkeuksilla. Pitoisuus on noin 40–60 % raja-arvosta. Käytännössä pakokaasupäästöt ovat erittäin pieniä suhteessa taustapitoisuuteen, joten ajoneuvojen pakokaasupäästöjen osalta liikenteellä ei ole merkittävää vaikutusta alueen hiukkaspitoisuuksiin.

Hengitettävien hiukkasten osalta ainoastaan pakokaasupäästöjen mallinuksella ei voida tuottaa todellisuudessa alueella vallitsevia pitoisuuksia. Erityisesti keväisin merkittävän osan ilmassa olevista hengitettävistä hiukkasista aiheuttaa katupöly. Valitettavasti toistaiseksi ei ole luotettavaa menetelmää, jolla katupöly voitaisiin ottaa huomioon leviämismallinuksissa. Karkeita arvioita mallinuksissa huomioimatta jääneen hiukkaspitoisuuden suuruudesta voidaan tehdä mm. vertaamalla mittausdataa mallinnustuloksiin sekä käyttämällä katupölystä tehtyjä tutkimuksia.

Santalahdessa oli vuonna 2008 siirrettävä ilmanlaadun mittausasema, jossa mitattiin mm. hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia alueella. Mittausaseman keräämään aineiston mukaan hengitettävien hiukkasten keskimääräinen vuosipitoisuus oli 17 µg/m³. Vuorokausiraja-arvotaso ylittyi 14

kertaa. Korkein vuorokausiohjeeseen verrannollinen pitoisuus oli noin $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja toiseksi korkein noin $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kevätkuukausia lukuun ottamatta vuorokausiohjeeseen verrannollinen pitoisuus oli keskimäärin $20\text{--}40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Näin ollen katupölykauden ulkopuolella mallinnustulokset ovat samassa linjassa mittaustulosten kanssa. Mittaustulosten perusteella hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjeeseen voi ylittyä katupölykauden eli kevätkuukausina tutkimusalueella erityisesti Paasikiventien läheisyydessä. Pahimpana katupölykauden hengitettävien hiukkasten pitoisuus voi nousta moninkertaiseksi mallinnustuloksiin verrattuna.

4.4 Pienhiukkaset $\text{PM}_{2,5}$

Pienhiukkasten osalta työssä tutkittiin keskimääräistä vuosipitoisuutta tarkastelualueilla. Mallinuksissa otettiin huomioon ainoastaan ajoneuvojen pakokaasuperäiset päästöt sekä taustapitoisuus. Mallinuksien perusteella nyky- ja ennustetilanteessa pienhiukkasten keskimääräinen vuosipitoisuus on alueella 0-3 metrin korkeudella maanpinnasta korkeimmillaan noin $10\text{--}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on noin 40–60 % raja-arvosta. 6-9 metrin korkeudella maanpinnasta pitoisuus on alle $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ koko alueella.

Pienhiukkasten mallinnustulos ei vastaa todellisuudessa alueella vallitsevaa pitoisuutta. Pispalan alueella sijaitsee paljon omakotitaloja, joiden puun pienpoltto nostaa pienhiukkaspitoisuutta. Käytännössä puun pienpoltto nostaa pienhiukkaspitoisuuksia alueella lähinnä iltaisin ja viikonloppuisin. YTV:n mukaan pienpoltto tuottaa noin neljänneksen kaikista pienhiukkaspäästöistä. Tämän perusteella pienhiukkasten vuosipitoisuus olisi alueella korkeimmillaan noin $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, eli tällöinkään terveysperusteinen vuosiraja-arvo ei ylity.

4.5 Epävarmuustekijät

Tieliikenteen päästöjen leviämisen mallintamiseen liittyy aina epävarmuutta. Merkittävimmät epävarmuustekijät liittyvät päästökertoimiin erityisesti tehtäessä mallinuksia ennustetilanteesta. Autokannan kehitystä noin 20 vuoden päähän on käytännössä mahdotonta ennustaa, joten mallinuksissa on käytetty tämän hetkisen parhaan tietämyksen mukaisia kertoimia. Päästökertoimet ovat laboratorio-olosuhteissa saatuja keskimääräisiä tuloksia lukuisten eri ajoneuvo- ja moottorityyppien yhdistelmistä, joten ne eivät täysin vastaa todellista ajoa. Epävarmuutta sisältyy myös liikenne-ennusteisiin sekä sääaineistoon. Tämän työn mallinuksissa käytetty kahden vuoden sääaineisto ei kata kaikkia mahdollisia sääolosuhteita, joten todellisuudessa pitoisuudet voivat mm. tuulen suunnasta riippuen vaihdella paljonkin. Kaiken kaikkien mallintamalla saatujen tuloksien epävarmuus on noin 10–30 %.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä tehtyjen mallinuksien perusteella tarkastelualueen ilmanlaatu on pitkällä aikavälillä tarkasteltuna hyvä sekä nyky- että ennustetilanteessa. Typpidioksidin ja hiukkasten keskimääräiset vuosipitoisuudet ovat selkeästi vuosiraja-arvojen alapuolella. Typpidioksidin keskimääräinen vuosipitoisuus asutusalueella on noin 50–70 % raja-arvosta, hengitettävien hiukkasten alle 40 % ja pienhiukkasten 40–60 %.

Ilmanlaatudirektiivissä (2008/50/EY) on määritelty typpidioksidin mallintamiselle tunti- ja vuorokausiarvoille sallittu 50 % epävarmuus ja vuosiarvoille 30 % epävarmuus. Hiukkasten mallinnustuloksille vuosipitoisuudelle sallittu epävarmuus on 50 %. Mallinnustuloksien vertailu Santalahdessa sijainneen mittausaseman pitoisuuksiin osoittaa, että mallinnustulokset vastaavat hyvin mittaus-tuloksia ilmanlaatudirektiivissä sallittuun epävarmuuteen nähden.

Typpidioksidin tuntiraja-arvon sekä hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvon ylittyminen asutusalueella on epätodennäköistä. Typpidioksidin tuntiraja-arvon ylittymiseen tarvitaan 18 raja-arvotason ylitystä vuodessa. Nykytilanteessa typpidioksidin tuntiraja-arvo ei ylity koko alueel-

la. Ennustetilanteessa raja-arvo voi ylittyä ainoastaan Paasikiventien ajoradan vieressä, mutta mallinnuksen mukaan raja-arvo ei ylity muulla alueella eikä asuinrakennuksien kohdalla nyky- ja ennustetilanteessa. Pakokaasuperäisten hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus on nyky- ja ennustetilanteessa selkeästi alle raja-arvon. Käytännössä liikenteen pakokaasupäästöjen osuus alueen hengitettävien hiukkasten määrästä on hyvin pieni verrattuna taustapitoisuuteen ja kevätkuukausina katupölyyn.

Mallinnustulosten perusteella hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvon ylittyminen on epätodennäköistä. Tuloksissa on tärkeää ottaa huomioon, että lähtötietoina on käytetty ainoastaan pakokaasuista aiheutuvia päästöjä ja taustapitoisuutta. Mallinnustulosten vertaileminen Santalahden mittausaseman keräämään aineistoon osoittaa, että mallinnetut pitoisuudet ovat kevätkuukausia lukuun ottamatta samassa tasossa mittausaineiston kanssa. Sen sijaan kevätkuukausina, jolloin katupöly vaikuttaa merkittävästi alueen ilmanlaatuun, ja pitoisuudet voivat sen johdosta nousta moninkertaisiksi muuhun ajankohtaan verrattuna, voi vuorokausiohjearvon ylittyminen todellisuudessa olla lähellä tai jopa ylittyä. Katupölyn haitallisia vaikutuksia ilmanlaatuun voidaan ehkäistä oikea-aikaisella ja tehokkailla toimenpiteillä, kuten kastelulla ja hiekoitushiekan siivouksella.

Tässä raportissa esitettyjen tulosten perusteella tarkastelualueen asukkaat eivät altistu typpidioksidin raja-arvojen tai hiukkasten raja- tai ohjearvojen ylityksille nykytilanteessa. Myöskään ennustetilanteessa asuinalueilla ei ole ylityksiä. Ainoastaan hengitettävien hiukkasten pitoisuus voivat alueelta olevan mittausaineiston perusteella hetimitään nousta haitallisen korkeaksi, mutta tämä johtuu katupölystä, jota ei voi ottaa huomioon leviämismallinnuksissa. Tämän työn tulosten perusteella Pispalan ja Santalahden alueella voidaan lisätä maankäyttöä altistamatta asukkaita haitallisille määrille ilmansaasteita.

Nyky- ja ennustetilanteen välillä ei ole erityisen merkittäviä eroja ilmanlaadun kannalta. Ennustetilanteessa Paasikiventien liikennemäärä kasvaa jonkin verran, jolloin myös päästöt lisääntyvät. Tätä saattaa kompensoida mahdollisesti tulevaisuudessa kehittyvä ajoneuvojen pakokaasujen puhdistustekniikka. Pispalan valtatie liikennemäärän on ennustettu pienentyvän vuoden 2030 tilanteessa, joten tien ympäristön ilmanlaatu hieman paranee verrattaessa nykytilanteeseen. Pitoisuudet ovat selkeästi pienempiä 6-9 metrin korkeudella maanpinnasta kuin aivan maanpinnan tasossa, sillä lähellä maanpintaa vapautuvat ajoneuvojen tuottamat päästöt laimenevat nopeasti ylöspäin mentäessä.

Selvityksessä tarkastellun alueen ilmanlaatuun voidaan tulevaisuudessa vaikuttaa mm. maankäyttöisin ratkaisuin. Kasvillisuuden ja puuston sijoittamisella liikenneväylien ja asuinrakennuksien väliin voidaan paitsi lisätä alueen viihtyisyyttä, myös parantaa ilmanlaatua, sillä tiheä ja riittävän korkea kasvillisuus estää jonkin verran päästöjen kulkeutumista. Rakennusten massoitteilla voidaan parantaa asukkaiden kokemaa ilmanlaatua. Mikäli ulko-oleskelualueet, parvekkeet ja tuuletusikkunat sijoitetaan liikenneväylistä katsottuna asuinrakennuksien suojapuolelle, voidaan säästää merkittäviäkin parannuksia ilmanlaadun suhteen. Lisäksi mm. sisäilmanottoaukkojen sijoittaminen mahdollisimman korkealle parantaa ilmanlaatua rakennuksissa, sillä lähellä maanpintaa vapautuvat pakokaasupäästöt laimenevat etäisyyden kasvaessa maanpintaan. Tunnelin rakentaminen parantaa ennustetilanteen ilmanlaatua Santalahden itäpäässä.

LÄHTEET

EEA (2007). *Air pollution in Europe 1990-2004*. EEA Report No 2/2007. Copenhagen. 80 s.

Karppinen (1998). A. Karppinen, J. Kukkonen, G. Nordlund, E. Rantakrans, I. Valkama. *A dispersion modelling system for urban air pollution*. Finnish Meteorological Institute, Publications on Air Quality 28. Helsinki. 58 p.

Tampereen kaupunki (2009). *Tampereen ilmanlaatu 2008, päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset*. Tampereen kaupunki, Ympäristönsuojelun julkaisuja 4/2009. 66 s.

WHO (2006). *Air Quality Guidelines Global Update 2005 Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide*. World Health Organisation. 484 s.

YTV (2008a). *Iltanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2007*. YTV:n julkaisuja 8/2008. Helsinki. 124 s.

9.8.2001/711. *Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta*.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010711>

LIITTEET

Liite 1.

