

Enwin

- Vision Keeper -

Tampereen kaupunki
Vuores-Projekti

VUORES-projekti

Ilmanlaatu vuonna 2030

30.04.2008

Enwin Oy
Tarja Tamminen
Ari Tamminen

ENWIN OY
Kivipöytälänkuja 2
33920 Pirkkala
Puh/Fax: 03-2664396
www.enwin.fi
ari.tamminen@enwin.fi
puh: 040-5127006
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.

Raja-arvo

Raja-arvot määrittelevät suurimmat hyväksyttävät ilman epäpuhtauksien pitoisuudet, joita ei saa ylittää. Raja-arvoja on annettu sekä terveysthaittojen ehkäisemiseksi alueilla, joissa asuu tai oleskelee ihmisiä, että erikseen kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi laajoilla maa- ja metsätalousalueilla ja luonnonsuojelualueilla. Valtioneuvoston asetuksessa (VNA 701/2001) on säädetty uudet ilmanlaadun raja-arvot ihmisen terveyden suojelemiseksi. Siirtymäajan raja-arvo on raja-arvo, joka on voimassa siihen asti, kunnes uudet asetuksella määrättyt raja-arvot astuvat voimaan. Typpidioksidin siirtymäajan raja-arvo on voimassa vuoden 2009 loppuun.

PM10 (Particulate matter diam.<10 µm)

PM10 tarkoittaa läpimitaltaan alle 10 µm (0.010 mm) hiukkasia. Tämän kokoluokan hiukkasia kutsutaan myös ns. hengitettäviksi 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

VUORES-projekti, Tampere
Projekti-insinööri Sakari Koivisto
p. 040-8407778
sakari.koivisto@tampere.fi
www.vuores.fi

Enwin Oy, puh. 03-2664396
Kivipöytälänkuja 2, 33920 Pirkkala
Ari Tamminen, ari.tamminen@enwin.fi
Tarja Tamminen, tarja.tamminen@enwin.fi
www.enwin.fi

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto	4
2.	Ilmanlaatu	4
2.1	Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot	4
2.2	Ilmanlaadun ja ilmansuojelun lainsäädännön kehitysnäkymiä	5
2.3	Sisäilman laatuavoitteista	7
2.4	Työpaikkojen ilmanlaadun vaatimuksista	7
2.5	Taustapitoisuus ja kaukokulkeutuminen	8
3.	Leviämismallinnuksen lähtötiedot	9
3.1	Leviämismalli	9
3.2	Reseptoriverkosto	10
3.3	Sääaineisto	11
4.	Tieliikenne ja päästöt	14
4.1	Liikenne mallinnuskohteessa ja päästöjen laskenta	14
4.2	Tieliikenteen päästömääräysten kehitys ja Suomen päästöennusteet v. 2025	16
5.	Lämpökeskuksen päästöt	19
6.	Tulokset - Päästöjen leviäminen	19
6.1	Typpidioksidin aluejakaumakuvat	20
6.2	Hiukkasten aluejakaumakuvat	20
7.	Tulosten arviointi ja johtopäätökset	21
7.1	Liikennepäästöt ja lämpökeskuksen päästöt	21
7.2	Typpidioksidin (NO ₂) pitoisuudet v. 2030	21
7.3	PM _{2,5} -pitoisuudet v. 2030	23
6.4	PM ₁₀ -pitoisuudet v. 2030	24
6.5	Johtopäätökset ja suositukset	26
8.	Mallin epävarmuuden arviointi	27
	LIITE 1. Arvioidut tiepäästöt vuonna 2030	I
	LIITE 2. Typpidioksidin leviäminen v. 2030 – Vuores	II
	LIITE 3. PM _{2,5} hiukkaspäästöjen leviäminen v. 2030 – Vuores	III
	LIITE 4. PM ₁₀ hiukkaspäästöjen leviäminen v. 2030 – Vuores	IV

1. Johdanto

Työssä selvitettiin leviämismallin avulla tieliikenteestä peräisin olevien ilman epäpuhtauksien (NO_x, PM_{2.5} ja PM₁₀ hiukkaset) leviämistä ja ilmanlaatua Vuoresen uudella asuinalueella Tampereen ja Lempäälän rajalla. Mallinnustyö tehtiin ennustetuilla vuoden 2030 liikennemäärillä. Työn tarkoituksena oli selvittää, minkälainen on tulevan Vuoreskeskuksen ja Mäyränmäen sekä Lempäälän kunnan puolelle sijoittuvan Anniston kylän ilmanlaatu uuden asuinalueen valmistuttua ja liikenteen kasvaessa alueella. Mallinnuksessa on tieliikenteen päästöjen lisäksi huomioitu myös alueelle sijoitetun 45-50 MW:n vara/huippulämpökeskuksen päästöt.

Malliin on lisätty kokoojakatujen varsille kaavoitetut kerros- ja pientalot, jotta huomioidaan rakennusten vaikutukset päästöjen leviämiseen. Samalla selviää, voidaanko ilmanlaadun puolesta monikerroksiset asuinkerrostalot sijoittaa suunnitelluille paikoilleen niin, että terveysperusteiset ilmanlaadun ohje- tai raja-arvot eivät ylity.

Tilaaajan, Vuores-projektin yhteyshenkilönä selvityksessä on projekti-insinööri Sakari Koivisto. Enwin Oy:ssä mallinnustyön suorittamisesta vastaa tekn. lis. Tarja Tamminen.

2. Ilmanlaatu

2.1 Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot

Ilmanlaadun 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 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.

Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (711/2001) tuli voimaan 15.8.2001. Typpidioksidin (NO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀, alle 10 µm:n hiukkaskoko) uudet ilmanlaadun raja-arvot on esitetty taulukossa 1. Typpidioksidin uudet raja-arvot tulee alittaa vuonna 2010 ja hengitettävien hiukkasten raja-arvot v. 2005 alussa.

Valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvoista (VNp 480/1996) on esitetty ilmanlaadun ohjearvot. Ohjearvojen tarkoituksena on ehkäistä ilman epäpuhtauksista aiheutuvat terveydelliset haitat ja luonnon vaurioituminen sekä vähentää viihtyisyshaittoja. Lyhytaikaispitoisuuksien ohjearvot on annettu ensisijaisesti terveydellisin perustein. 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 2.

Ilmanlaadun raja- ja ohjearvojen tilastolliset määrittelyt poikkeavat toisistaan mm. siirtymäsäännösten, ohjearvojen sekä uusien raja-arvojen osalta. Esimerkiksi ohjearvoissa käytetty aineiston 99.prosenttipiste on se pitoisuusarvo, jota pienempiä tai yhtä suuria pitoisuusarvoja on aineistossa 99%:ia. Uusissa terveyshaittojen ehkäisemiseksi annetuissa ilmanlaadun raja-arvoissa keskiarvon laskenta-aika on tunti, vuorokausi tai kalenterivuosi. Lyhytaikaisissa (tunti- tai vrk-keskiarvoissa) sallitaan tietty määrä ylityksiä kalenterivuoden aikana epäpuhtaudesta riippuen. Esim. PM₁₀ hiukkasten osalta sallitaan 35 vuorokausiraja-arvon lukuarvon ylitystä, kun taas NO₂:n tuntiraja-arvon ylityksiä sallitaan kalenterivuodessa 18 kappaletta.

Taulukko 1. Uudet hengittävien hiukkasten ja typpidioksidin (PM₁₀, NO₂) ilmanlaadun raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Lähde: VNA 711/2001				
Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo, µg/m ³ (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään tulee olla raja-arvoa pienemmät
Hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia kalenterivuosi	50 µg/m ³ *	35	1.1.2005
		40 µg/m ³	-	1.1.2005
Typpidioksidi (NO ₂)	1 tunti kalenterivuosi	200 µg/m ³	18	1.1.2010
		40 µg/m ³	-	1.1.2010
Typen oksidit (NO _x)	kalenterivuosi	30 µg/m ³	-	1.1.2010

*Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Taulukko 2. Ilmanlaadun ohjearvot hengitettävälle hiukkasille (PM₁₀) ja typpidioksidille (NO₂). Lähde: VNp 480/1996		
Aine	Ohjearvo (20 °C, 1atm)	Tilastollinen määrittely
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	70 µg/m ³	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Typpidioksidi (NO ₂)	150 µg/m ³	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 µg/m ³	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

2.2 Ilmanlaadun ja ilmansuojelun lainsäädännön kehitysnäkymiä

Euroopan komissio on julkistanut (21.9.2005) ehdotuksensa *ilmansuojelustrategiaksi*, joka pyrkii parantamaan EU:n ilmanlaatua vuoteen 2020 mennessä. "**Puhdasta ilmaa Euroopalle**" -strategia (CAFE, Clean Air for Europe) määrittelee tulevia ilmanlaatu tavoitteita ja etsii kustannustehokkaita ratkaisuja ilmansaasteista johtuviin terveysongelmiin, jotka johtuvat erityisesti **pienhiukkasista** (hiukkaskoko <2.5 µm, PM_{2.5}) ja alailmakehän otsonista.¹ Hiukkaset ja alailmakehän otsoni ovat terveydelle haitallisimmat ulkoilman epäpuhtaudet Euroopassa tällä hetkellä. Myös ilmansaasteiden haitallisten ympäristövaikutusten, kuten

¹ <http://www.ymparisto.fi>

happamoitumisen ja rehevöitymisen vähentäminen kuuluvat edelleen strategian tavoitteisiin. Happamoittava laskeuma (typen ja rikin oksidit sekä ammoniakki), rehevöittävä laskeuma (typpiravinteet eli typenoksidit ja ammoniakki) sekä alailmakehän otsoni vahingoittavat ekosysteemejä.

Strategiassa on asetettu terveys- ja ympäristövaikutuksille välitavoitteet, jotka tulee saavuttaa vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteisiin pääsemiseksi Euroopan yhteisön rikkidioksidin päästöjä on EU:n tasolla vähennettävä 82 % vuoteen 2000 verrattuna, typenoksidien päästöjä 60 %, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjä 51 %, ammoniakkipäästöjä 27 % ja pienhiukkasten primääripäästöjä 59 %. Osa päästövähennyksistä saavutetaan jäsenmaissa jo hyväksytyin toimenpitein, osa vaatii uusia toimenpiteitä. Periaatteessa kukin maa voi valita itse keinonvalikoimansa päästökattoon pääsemiseksi. Suomen alustavat päästövähennysvelvoitteet tulevat kuitenkin olemaan lievemmat kuin yhteisön keskimäärin, koska ilman laatu on parempi. Noin puolet suomalaisten pienhiukkaskuormituksesta sekä ilman kautta tulevasta happamoittavasta ja rehevöittävästä kuormituksesta tulee kaukokulkeutumaan.

Pienhiukkasten terveysvaikutusten vähentämistavoite konkretisoidaan *ilmanlaatudirektiivin* kahdella uudella elementillä. Näistä pienhiukkasten vuosiraja-arvo (vuosikeskiarvo PM_{2.5} 25 µg/m³) vastaa suurin piirtein jo voimassaolevaa hengittävien hiukkasten sitovaa vuosiraja-arvoa (PM₁₀ 40 µg/m³)². Se vaikuttaa sitovasti kaikkein likaisimmilla alueilla, mutta vähennystoimien vaikutukset heijastuvat kaukokulkeuman takia pitoisuuksiin myös muualla. Toisena tavoitteena pitoisuuksia ehdotetaan alennettavaksi 0 - 20 % vuoteen 2020 mennessä pitoisuudesta riippuen. Pitoisuuksien kehitystä arvioitaisiin kaupunkitaustapitoisuuksien perusteella. Ehdotettu altistumisen vähentämistavoite ei ole sitova, ja siten sillä ei todennäköisesti olisi merkittävää vaikutuksia pitoisuuksiin. Lisäksi pitoisuuksien alenemisen todentaminen on melko vaikeaa. Tässä otettaisiin huomioon mm. eri jäsenvaltioiden erilainen ilmanlaatu ja niiden erilaiset edellytykset vaikuttaa alueensa ilmanlaatuun.

Neuvoston yhteinen kanta vahvistettiin keväällä 2007 ja direktiivi hyväksyttäneen lopullisesti vuonna 2008. Pienhiukkasten sitova vuosiraja-arvo tulee ehdotuksen mukaan alittaa vuonna 2015.

Vuonna 2005 Maailman terveysjärjestö WHO³ on uusinnut ilmanlaadun ohjearvojaan ja antanut PM_{2.5}-ohjearvon 10 µg/m³ pienhiukkasten vuosipitoisuudelle ja 25 µg/m³ vuorokausipitoisuudelle.

Taulukko 3. Pienhiukkasten (PM2.5) EU:n ehdotettu raja-arvo ja WHO:n ohjearvot.		
	Pitoisuus	Ajankohta, jolloin pitoisuuksien viimeistään tulee olla raja-arvoa pienemmät
PM _{2.5} vuosiraja-arvo (EU-ehdotus)	25 µg/m ³	v. 2015 (ehdotus)
WHO / PM _{2.5} vuorokausi ohjearvo	25 µg/m ³	
WHO PM _{2.5} vuosiohjearvo	10 µg/m ³	

² <http://www.hengitysliitto.fi/terveysinfo/hengitysilma/ulkoilma/EUn%20ilmansuojelustrategia.pdf>

³ WHO 2006. Air Quality Guidelines: Global Update 2005. World Health Organization.

2.3 Sisäilman laatutavoitteista

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa D2⁴ (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 PM₁₀-hiukkasille on erikseen annettu arvo 50 µg/m³, mikä on myös PM_{10: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).

2.4 Työpaikkojen ilmanlaadun vaatimuksista

Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta (711/2001), pykälän 2§ määritelmissä mainitaan, että ko. asetuksessa tarkoitetaan **ilmalla ulkoilmaa, lukuun ottamatta ulkoilmaa työpaikoilla**. Ilmanlaadun raja-arvot eivät siten varsinaisesti koske työpaikkojen ulkoilman laatua.

Työntekijän altistumisen arvioimiseksi käytetään ilman epäpuhtausmittauksissa työpaikoilla ohjearvona työhygieenisiä haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia (HTP 2005, Työterveyslaitos). Arvot määritellään lyhytaikaisen altistuksen mukaan (HTP_{15min}) ja koko työpäivän mittaisen altistuksen mukaan (HTP_{8h}). Nämä arvot koskevat kuitenkin lähinnä teollisuustyöpaikkoja. Vertailun vuoksi työpaikkojen HTP -arvot typpidioksidille ja epäorgaaniselle pölylle ja esimerkiksi nokimustalle on esitetty taulukossa 4. Pölyn osalta HTP-arvot on yleensä asetettu standardissa EN 481 *'Workplace atmospheres - Size fraction definitions for measurement of airborne particles'* sovitulle hengitettävälle jakeelle lukuunottamatta joitakin erityispölyjä, joiden HTP-arvot on esitetty alveolijakeelle. Huomioitava on, että HTP-arvot ovat milligrammoja, kun ulkoilman ohje- ja raja-arvopitoisuudet ovat mikrogrammoja (1µg=0.001 mg).

Taulukko 4. Työpaikan haitalliseksi tunnetut pitoisuudet (HTP_{15min} ja HTP_{8h}) – NO₂ ja esimerkit pölyistä <i>Lähde. (HTP 2005, Työterveyslaitos)</i>		
	HTP _{15 min}	HTP _{8h}
Typpidioksidi, NO ₂ (CAS-No10102-44-0)	6 ppm=11 mg/m ³	3 ppm=5.7 mg/m ³
Epäorgaaninen pöly (esim. rakennuspöly)		10 mg/m ³
Nokimusta	7 mg/m ³	3.5 mg/m ³

⁴ Suomen rakentamismääräyskokoelma D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2003

HTP-arvojen lisäksi teollisuustyöympäristön ilmanlaadulle on Teollisuusilmastoinnin suunnitteluoppaassa⁵ esitetty ns. tavoitetasoja. Tavoitetasot on jaettu I-IV luokkaan. Luokka I on erikoistilataso, esim. sähkötilahuoneet ja luokka IV on minimateollisuustaso, missä ylärajana on epäpuhtauden HTP-arvo.

Teollisuustyöympäristön tavoitetasot epäorgaaniselle kokonaispölylle ovat

- | | |
|---------------------------------------|---|
| ○ Luokka I (erikoistila-taso) | $<0.01 \text{ mg/m}^3 = <10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ |
| ○ Luokka II (Hyvä teollisuustaso) | $<0.5 \text{ mg/m}^3 = <500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ |
| ○ Luokka III (Yleinen teollisuustaso) | $0.5\text{-}2.5 \text{ mg/m}^3 = 500\text{-}2500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ |
| ○ Luokka IV (Minimateollisuustaso) | $2.5\text{-}10 \text{ mg/m}^3 = 2500\text{-}10000 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ |

Useimmiten työpaikkojen sisä- ja ulkoilma voi/saa säädösten mukaan olla huonompilaatuista kuin asuinalueiden ulkoilma.

2.5 Taustapitoisuus ja kaukokulkeutuminen

Tamperetta lähinnä oleva ilmanlaadun taustapitoisuuden mittausasema on Ähtärissä. Siellä mitataan mallinnettavista epäpuhtauksista vain typpidioksidia (NO_2). Lähin tausta-asema, jossa on mitattu sekä hengitettäviä hiukkasia (PM_{10}) että pienhiukkasia ($\text{PM}_{2.5}$) sijaitsee Espoon Luukissa. Vuonna 2003 Luukissa mitattiin vielä PM_{10} -pitoisuuksia, minkä jälkeen siellä on siirretty $\text{PM}_{2.5}$ hiukkasten mittaukseen.

Taulukossa 5 on esitetty Ähtärin tausta-aseman typpidioksidin vuosipitoisuus v. 2006 sekä Virolahden ja Luukin tausta-aseman hiukkasten vuosipitoisuudet v. 2003 ja/tai 2006. Lisäksi vertailuna v. 2006 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. Taulukossa 5 on myös otsonipitoisuuden (O_3) vuosikeskiarvo ko. mittausasemilla. Kaukokulkeuman osuus voi erityisesti pienhiukkasissa ($\text{PM}_{2.5}$) olla ajoittain merkittävää.

⁵ Tähti, E. (toim) Teollisuusilmastoinnin opas, 2000, TAKE, Hki

Taulukko 5. Tausta-asemien NO₂- , PM₁₀, PM_{2.5} ja O₃-pitoisuuksia v. 2003 ja 2006 . Vertailuna myös Helsingin Kallion kaupunkitausta-aseman ja Tampereen NO₂- ja PM₁₀/PM_{2.5}-pitoisuudet. (Lähteet: YTV 2004⁶, 2007⁷ ja Treen kaupunki 2007⁸ ja AirView⁹)

	NO ₂ vuosikeskiarvo (RA 40 µg/m ³ , voimaan 2010)	PM ₁₀ vuosikeskiarvo (RA 40 µg/m ³)	PM _{2.5} vuosikeskiarvo (RA 25 µg/m ³ , EU ehdotus)	O ₃ vuosikeskiarvo µg/m ³
Ähtäri 2006	3	-	-	65
Virolahti 2006	6	11	8	60
Luukki 2003	8	12		52
Luukki 2006	8	-	8	58
Helsinki, Kallio 2006	24	17	10	51
Tampere, Pirkankatu 2006	26	17	19*	46 (Niemi 7 kk ka.)
Tampere, Veisu 2006	15	15		

*ulkoilmaELPI-mittaus

3. Leviämismallinnuksen lähtötiedot

3.1 Leviämismalli

Liikennepäästöjen leviämisen mallinnus tehtiin epäpuhtauspäästöjen leviämistä kuvaavalla USEPAN matemaattis-fysikaalisella AERMOD/ISC-PRIME-kaupunkimallilla ja CALINE4 liikennemallilla. 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 soveltuu erityisen hyvin kaavoitustarkasteluun, koska malli huomioi maaston muodon todellisten maastokoordinaattien mukaisesti. Mallinnus sisältää myös 3-D mallin rakennuksineen ja meluaitoineen.

Liikenteen suorat hiukkaspäästöt on käsitelty mallissa PM_{2.5}-hiukkasina ja arvioitu asfalttipöly PM₁₀-hiukkasina. Asfalttipölyn osalta tulosvertailu tehtiin nykyisiin PM10 ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ennakkovertilua tehtiin suorien hiukkaspäästöjen osalta myös pienhiukkasten (PM_{2.5}) WHO:n ohjearvoihin sekä tulevaan EU:n PM2.5 vuosiraja-arvoon (voimaan v. 2015). Hiukkasten nykyiset taustapitoisuudet huomioitiin mallissa eli taustapitoisuus vuonna 2030 arvioitiin nykyisen kaltaiseksi.

⁶ Myllynen M. et al., Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2003, B2004:5, YTV, Hki 2004, p. 93

⁷ Myllynen M. et al., Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2006, YTV, Hki 2007, p. 109

⁸ Tampereen ilmanlaatu 2006- Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset, Tampereen kaupunki Ympäristöpalvelujen julkaisu 2/2007

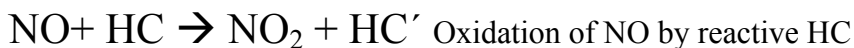
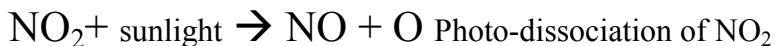
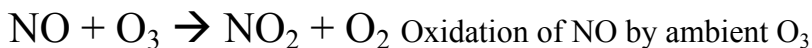
⁹ <http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice>

NO₂-pitoisuuksia laskettaessa arvioitiin v. 2030 taustapitoisuus samanlaiseksi kuin nykyinen alueellinen tausta. Mallinnuksessa noudatettiin US EPA:n ohjeita typenoksidien mallinnuksesta¹⁰. Työssä tehtiin myös NO₂-OLM (ozone limiting method) mallinnus siten, että käytettiin Espoon Luukissa mitattuja otsonipitoisuuksien tuntiarvoja vuodelta 2005. Lisäksi typenoksidien muutunna vaikutuksia NO₂:n lyhytaikaisiin tuntipitoisuuksiin tien lähialueella mallinnettiin CALINE4-mallilla. Tapauskohtaisesti käytetään joko NO_x-OLM, CALINE4 tai NO₂/NO_x kertoimia muutunna huomioimiseksi mallituloksissa.

Osa ajoneuvojen typenoksidipäästöistä on typpimonoksidia (NO) ja osa typpidioksidia (NO₂). Nykytietämyksen mukaan NO₂-osuus päästössä on pienempi heti päästöhetkellä, mutta sen suhteellinen osuus on tulevaisuudessa kasvamassa moottori- ja katalysaattoritekniikan kehityksen takia. Typenoksidien ilmakeiiallinen muutunna liittyy typpimonoksidin muuntumiseen otsonin tai hiilivetyradikaalien vaikutuksesta haitallisemmaksi typpidioksidiksi. Typenoksidien muutunna huomioiminen mallinnuksessa tarkoittaa käytännössä sitä, että jos otsonipitoisuus on alle typpimonoksidipitoisuuden voi otsoni olla rajoittava tekijä NO₂:n muodostumisessa. Typenoksidien ilmakeiia on monimutkaista, koska otsonin lisäksi mm. pakokaasuissa olevat hiilivetyradikaalit osallistuvat myös typenoksidien ilmakeiiaan. Aikaa myöten kaikki typpimonoksidi hapettuu typpidioksidiksi.

Huomioitava on, että typenoksidien ilmakeiian lisääminen malliin pienentää mallinnettuja typpidioksidipitoisuuksia tien lähialueilla, erityisesti n. 0--> 100 metrin matkalla.

Typenoksidien tyypillisiä ilmakeiiallisia reaktioita :

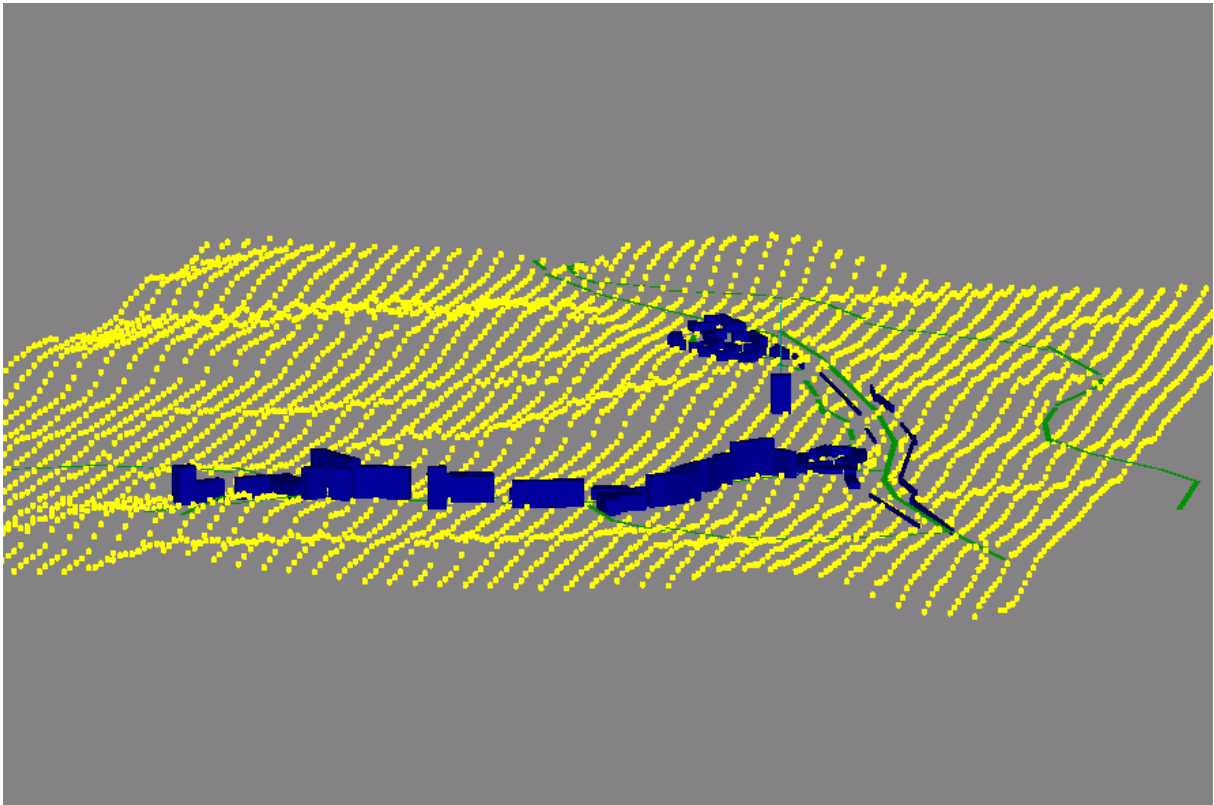


Mallinnus tulee aina verifioida mittaustuloksiin, silloin kun se on mahdollista ja mittaustuloksia on saatavana joko itse kohteessa tai vastaavassa ympäristössä. Tämän ennustemallin epävarmuuden arviointi esitetään kohdassa 7.

3.2 Reseptoriverkosto

Liikennepäästöjen leviämistä ja ulkoilmapitoisuuksien muodostumista tarkasteltiin havaintopistejoukossa (x,y,z), jotka sijoitettiin 30 metrin välein alueelle. Korkeusmalli on Tampereen kaupungin koordinaatistossa samoin kuin leviämismallinnuksen pohjakartta 2008©Tampereen kaupunki. Uuden kaavan havainnepiirros on päivätty 31.01.2008. Kuvassa 1 on 3-D malli maastoreseptoreista ja rakennuksista sekä meluaidasta.

¹⁰ Part III, Environmental Protection Agency, 40 CFR Part 51 Revision to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred General Purpose (Flat and Complex Terrain) Dispersion Model and Other Revisions; Final Rule, Nov. 9, 2005, Federal Register
Use of the ozone limiting method for estimating nitrogen dioxide concentrations; GAQM, US EPA

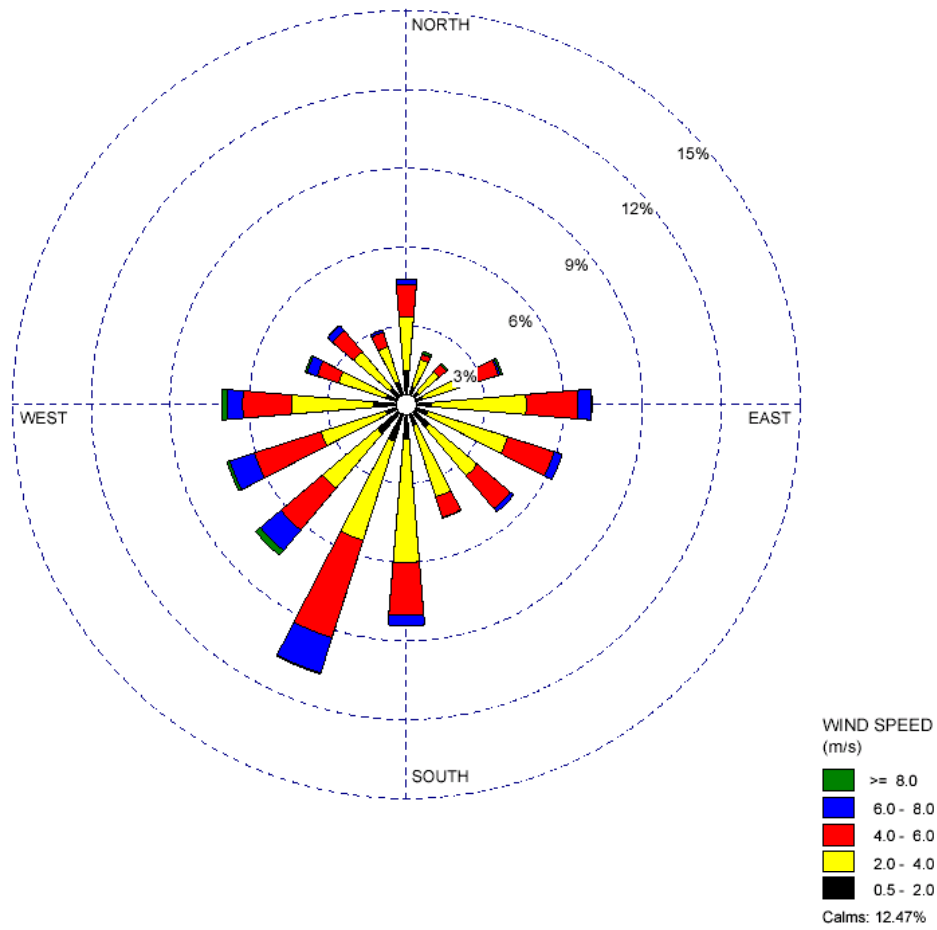


Kuva 1. 3D-malli teistä ja tienvarsirakennuksista sekä maastopisteistä (länsi-lounaasta).

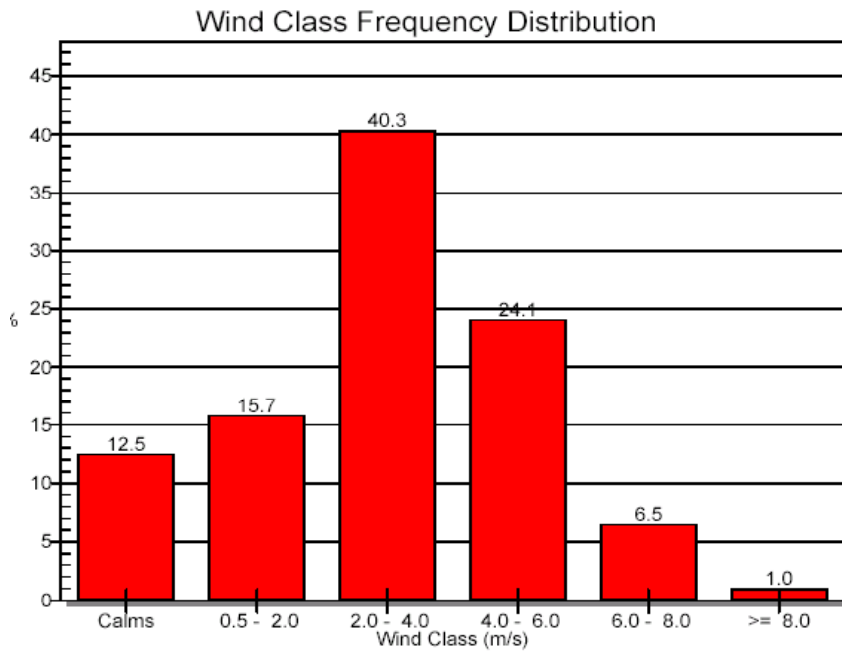
3.3 Sääaineisto

Mallilaskelmien meteorologisenä sääaineistona käytettiin tunnin välein kerättyä vuoden 2006 Tampereen lentosääaineistoa. Meteorologista lähtöaineistoa ja auringon säteilytietoja käyttäen laskettiin leviämislakat ja sekoittumiskorkeudet, jotka kertovat päästöjen leviämisen kannalta ilman sekoittumisolosuhteista. Leviämislakat (*Pasquill-Turner*) laskettiin erikseen lumisen ja lumettoman maan aikana Etelä-Suomessa. Leviämislakista voidaan tehdä karkea jako labiiliin, stabiiliin ja neutraaliin ilmakehän sekoittumisolosuhteisiin. Labiilissa tilanteessa sekoittuminen on voimakasta ja stabiilissa sekoittuminen on vähäistä. Sekoituskorkeuksia laskettaessa on sovellettu julkaisun *Seibert P, et al., "Mixing Height Determination, COST Action 710, Preprocessing of Meteorological Data for Dispersion modelling", (1997)* tietoja.

Päästöjen pääasiallinen leviämssuunta vuoden 2006 tuulitietojen mukaan oli koilliseen (lounaistuuli, Kuva 1). Tyyntä säätä oli noin 12 % tuntiarvoista. Tavanomaisin tuulen nopeus oli 2-4 m/s. 6-8 m/s tuulta esiintyi eniten koilliseen puhaltavan tuulen aikana (tuulee lounaasta =lounaistuuli). Kuvassa 2 on v. 2006 tuuliruusu Tampereen säätiöiden mukaan ja kuvassa 3. tuulen nopeusjakauma tyyni sää huomioiden.

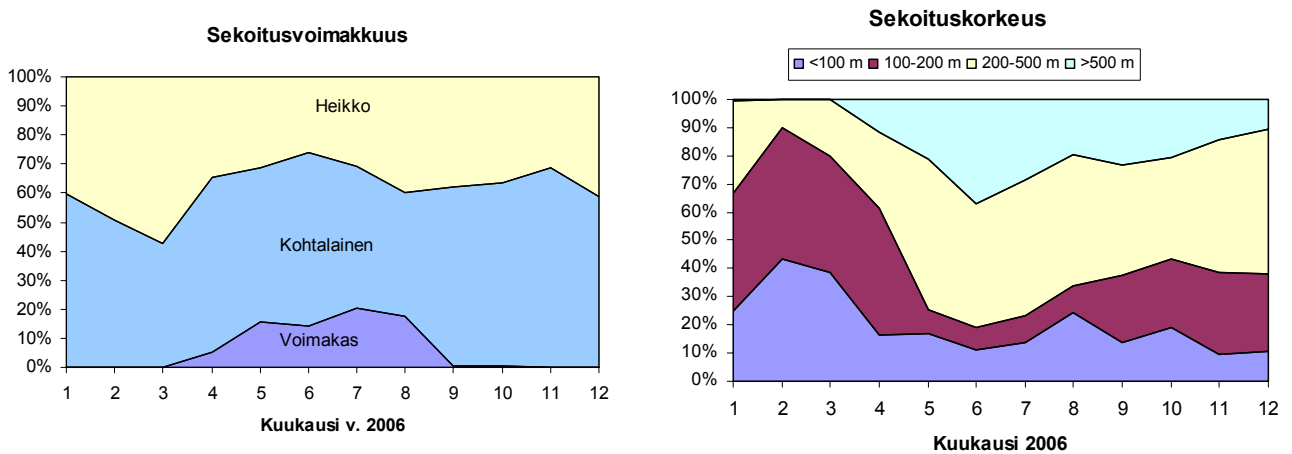


Kuva 2. Tuuliruusu (mistä tuulee=blowing from) v. 2006.



Kuva 3. Tuulen nopeusjakauma v. 2006.

Kuvassa 4a ja b. on esitetty mallinnuksessa käytetyt laskennalliset sekoitusvoimakkuudet ja sekoituskorkeudet v. 2006 tammikuusta joulukuuhun.



Kuva 4a/4b. Sekoitusvoimakkuuden ja sekoituskorkeuden jakautuminen kuukausittain v. 2006 mallinnuksessa.

4. Tieliikenne ja päästöt

4.1 Liikenne mallinnuskohteessa ja päästöjen laskenta

Mallinnuksessa käytetyt tieliikenteen liikennemäärä- ja ominaisuustiedot perustuvat tilaajalta saatuihin keskimääräisiin vuorokausiliikennemääriin (KVL) vuonna 2030 (TALLI-malli)¹¹. Mallinnuksessa huomioitiin vuorokautinen vaihtelu siten, että suurin osa liikenteestä (90% KVL:stä) ajoittuu klo 07-22 välille. Taulukossa 6 on tiekohtaiset liikennemäärät ja raskaan liikenteen osuudet. Pienemmille tonttiteille TALLI-malli ei anna liikenne-ennustetta.

Taulukko 6. Liikennemäärät v. 2030 ennuste (TALLI-malli).		
Liikenne 2030	KVL	Raskas %
Ruskontie Sääksjärvi-Vuoreksen pk	10400	2%
Ruskontie Vuoreksen pk-Mäyränmäki	15500	2%
Ruskontie Mäyränmäki- Hervanta	15500	2%
Vuoreksen puistokatu	7000	1%
Mäyränmäenkatu	3000	1%
Koipitaipaleenkatu	2600	1%
Takamaanrinne	1000	1%
Vanha Hervannantie	3100	1%

Liikenteen typenoksidien (NO_x) ja pienhiukkasten (PM_{2.5}) yksikköpäästöjä laskettaessa lähtötietoina käytettiin VTT:n Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osaston julkaisua: *Mäkelä K., Laurikko J., Kanner H. "Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt - LIISA 2005 laskentajärjestelmä"* Tutkimusraportti VTT-R 00108-07, Espoo 27.12.2006. (<http://vtt.lipasto.fi>). LIISA-laskentajärjestelmä arvioi autoliikenteen päästöt myös nykyhetkestä 20 vuotta eteenpäin. Tiedostoissa eri autotyypeille on esitetty omia yksikköpäästökertoimia (g/km) mm. autojen ikä, maantie/katuajo ja liikennenopeus huomioiden.

Liikennepäästöjä laskettaessa huomioitiin Tampereen katusuoritejakaumat eri autotyypeille vuoden 2005 LIISA- raportin mukaisesti. Lisäksi otettiin huomioon autojen ikäluokkiin jaettu yleinen autotyyppikohtainen suoritejakauma. Taulukossa 7. on esitetty eri autotyypeille käytetyt katusuoritejakaumat Tampereella (kevyt ja raskas liikenne).

Taulukko 7. Katusuoritejakauma autotyypeittäin (Tampere v. 2005, LIISA2005)	
	Kevyet ajoneuvot
Henkilöautot (HA)	88 %
Pakettiautot (PA)	12 %
	Raskaat ajoneuvot
Linja-autot (LA)	47 %
Kuorma-autot (KAIP)	37 %
Perävaunulliset kuorma-autot (KAP)	16 %

¹¹ <http://www.tut.fi/liku/talli2005/>

Henkilöautojen päästöjä laskettaessa huomioitiin lisäksi ei-katalysaattoriautojen, katalysaattoriautojen ja dieselautojen katusuoriteosuudet vuonna 2030 (Taulukko 8).

Taulukko 8. Laskelmissa käytetyt henkilöautojen katusuoriteosuudet kaikista henkilöautoista (VTT/Liisa 2005)		
	v. 2006	v. 2025/2030
Ei-kat-bens. autot	15.5%	-
Kat-bens.autot	65.1 %	76.4%
Diesel-autot	19.4 %	23.6 %

Vuoden 2030 typenoksidien ja ajoneuvojen suorien hiukkaspäästöjen päästökertoimia laskettaessa on huomioitu teknisen kehityksen kerroin ja autojen vanhenemisestä johtuva päästön kasvu. Eri ikäisten autojen ajosuoritteita laskettaessa vuodelle 2030 on käytetty samantyyppisiä ikäjakaumia kuin nykyliikenteelle.

Uudentyyppisten polttoaineiden ja polttoainesekeitusten vaikutuksia ei luonnollisesti otettu mallissa huomioon, koska päästötietoja ei vielä ole riittävästi olemassa.

Tieliikenteen aiheuttamista **epäsuorista hiukkaspäästöistä mallinnettiin karkeasti arvioitu asfalttipölyn osuus**. Asfalttipölyksi laskettiin renkaiden nostattama hienojakoinen pöly tienpinnasta (**resuspensio**). Tämä voi olla tienpintamateriaalista irtoavaa pölyä tai rengas- ja jarrupölyä. Laskelmissa ei ole mukana esim. hiekoituksen aiheuttamaa lisäosuutta katupölyn määrään. Katupölyn vuodenajoista riippuvat päästömäärät riippuvat paikallisista liukkaudentorjuntamenetelmistä (mm. suolaus vs. hiekoitus, käytetyn hiekan ominaisuudet) sekä autoissa käytetyistä rengastyypeistä (nasta/kitka, kesä) ja tienpinnan materiaalista sekä ajonopeuksista. Varsinaiset katupölyepisodit keskittyvät yleensä lyhytaikaisesti keväälle ja niihin voidaan vaikuttaa mm. tien pesulla.

Katu- ja asfalttipölyn ominaispäästötietoa (= kuinka paljon yksi auto aiheuttaa resuspensiota) Suomesta on vielä vähän eikä sitä ole autotyyppikohtaisesti eritelty. Lähtötietoina mallissa on asfalttipölyn osalta käytetty *Tervahattu et al*¹² raporteissa ja *Kaarle Kupiaisen väitöskirjassa*¹³ esitettyjä tutkimustuloksia, missä on mitattu PM₁₀-pitoisuuksia renkaiden vieressä. Tässä mallinnuksessa kaikille autotyypeille (henkilöautot/raskaskalusto) on käytetty samaa ns. ominaispäästömäärää/km ei-hiekoitetulla tiellä. Asfalttipöly/katupöly on hiukkasia, jotka lähtevät liikkeelle tienpinnasta autojen liikkeen seurauksena. Kokonaishiukkaspitoisuus kasvaa liikennetiheyden kasvaessa. Osittain sama pöly voi kuitenkin liikehtiä ilmapirtausten mukana.

Enwin Oy:n mallinnusraporteissa v. 2007 Espoossa verrattiin mallin verifioimiseksi asemakaava-alueilla nykyliikenteen (v. 2006) suorien hiukkaspäästöjen ja asfalttipölyn yhteisen leviämismallinnuksen tuloksia PM₁₀ mittaustuloksiin liikennetiheydeltään samantyyppisten teiden läheisyydessä v. 2006. Mallinnus vastasi hyvin mittaustuloksia ko.

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

¹³ Kupiainen Kaarle, Road dust from pavement wear and traction sanding, Monographs of the Boreal Environment Research No. 26, FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE, FINLAND, Helsinki 2007

kohteissa. Siksi myös karkeasti arvioitua asfalttipölyn osuutta voidaan pitää hyvin realistisena.

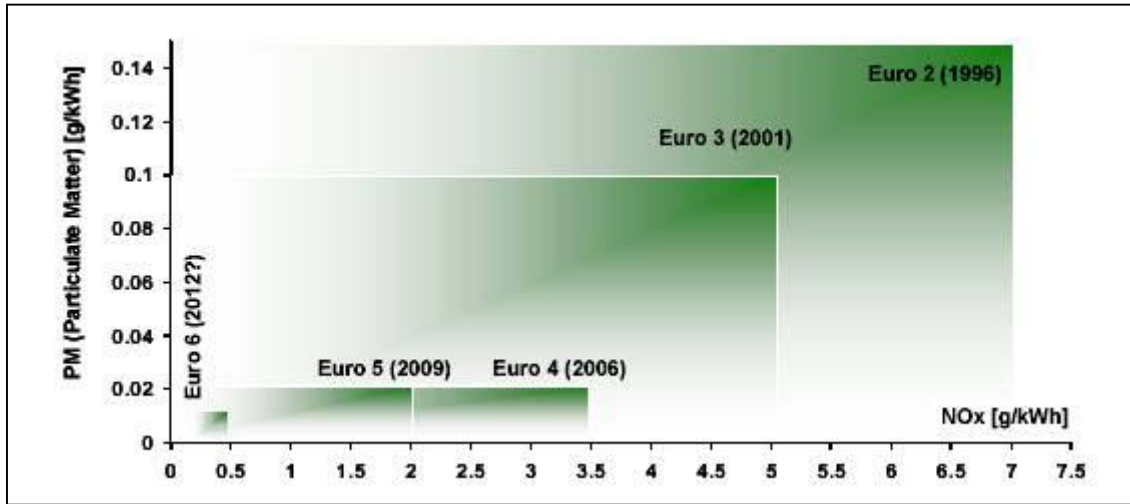
Kokonaisuutena voidaan sanoa, että ns. resuspensio eli epäsuorat ajoneuvojen nostattamat hiukkaspäästöt ovat moninkertaiset verrattuna pelkästään autojen pakokaasuista tuleviin hiukkasten massapäästöihin. Toisaalta ajoneuvojen suorat hiukkaspäästöt ovat nimenomaan pienihiukkasia (<PM_{2.5}), joiden *lukumäärä* voi olla suuri, kun taas katu- ja asfalttipölyssä hiukkaskoko vaihtelee enemmän ja niiden koostumus on erilainen.

4.2 Tieliikenteen päästömääräysten kehitys ja Suomen päästöennusteet v. 2025

Euroopassa vuonna 2006 (EURO4) ja 2009 (EURO5) voimaanastuvien uusien pakokaasujen päästömääräysten täyttäminen edellyttää uusia ratkaisuja niin diesel-moottoreissa, palamisprosesseissa kuin jälkikäsitteletyknikoissa. Lokakuun 1. päivästä 2006 alkaen kaikkien rekisteröitävien ajoneuvojen on täytettävä EURO4 -päästömääräykset. EURO5 astuu voimaan 1.10.2009. Uudet päästömääräykset asettavat vaatimuksia kaikille ajoneuvojen valmistajille.

Kuvasta 5 näkyy raskaiden ajoneuvojen typenoksidien ja hiukkasten päästövähennystarve, jotta täytetään EURO4 ja EURO5 päästömääräykset. Myös EURO6, jossa edelleen tiukennetaan mm. NO_x-päästörajoja, on jo valmistelussa (voimaan mahdollisesti 2015-2016). Erityisesti dieselkäyttöisistä ajoneuvoista peräisin olevien typpioksidipäästöjen huomattava vähentäminen katsotaan tarpeelliseksi ilmanlaadun edelleen parantamiseksi ja ilmanlaadun raja-arvojen noudattamiseksi.

Hiukkaspäästöjen rajoittamiseksi tulevaisuudessa voidaan asettaa 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 pienihiukkasten (PM 2.5) ja ultrapienien hiukkasten terveysvaikutuksista voi muuttaa käsitystä eri moottorityyppien hiukkaspäästöjen haitallisuudesta.



Kuva 5. Raskaan kaluston päästönormit (hiukkaset PM ja typenoksidit NOx EURO4(2006) ja EURO5 (10/2009) ja suunnitteilla oleva EURO6 (2012-2016?).¹⁴

Kuvassa 6. on VTT:n LIISA2006-laskentajärjestelmän ennuste Suomen tieliikenteen NOx-päästöjen (t/a) kehittymisestä vuoteen 2026 asti. Typenoksidien päästöjen ennustetaan vähenevän vuodesta 2006 → 2026 mennessä n. 65 %. Vastaavasti kuvassa 7. on ajoneuvojen suorien hiukkaspäästöjen kehitysenneuste vuoteen 2026. Ajoneuvojen suorien hiukkaspäästöjen arvioidaan vähenevän n. 50-60 % nykytasosta.¹⁵ Ennusteissa koko Suomen keskimääräisen liikennesuoritteen on arvioitu kasvavan n. 1.23 kertaiseksi nykyiseen verrattuna. Liikennepolttoaineiden kehitys vaikuttaa tuleviin päästöihin eikä näin 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.

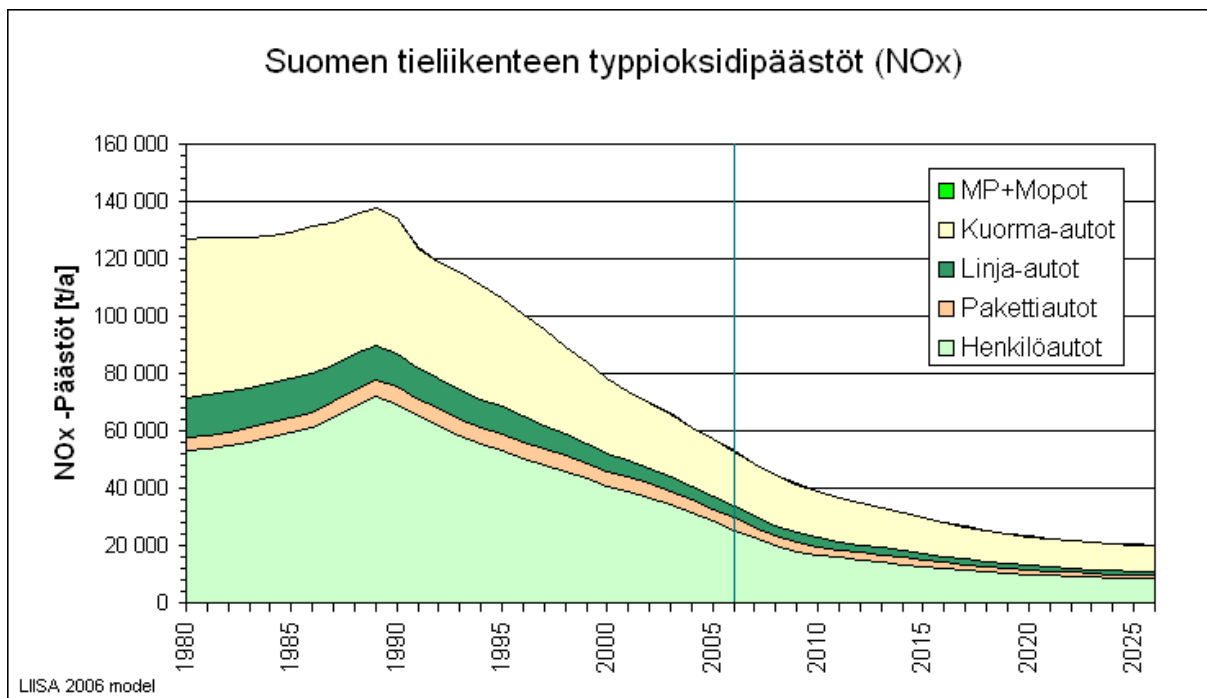
Autoliikenteellä on paikallisesti merkittävä vaikutus paitsi typpioksidin ja hiukkasten pitoisuuksiin myös hiilimonoksidin (CO) ja hiilivetyjen (VOC) sekä kasvihuonekaasuihin lukeutuvan typpioksiduulin (N₂O) pitoisuuksiin. Typpioksiduulin tieliikenneperäisten päästöjen ennustetaan kasvavan seuraavan 20 vuoden aikana lähinnä henkilöautojen määrän kasvun myötä. Katalysaattoriautot tuottavat N₂O päästöjä huomattavasti enemmän kuin katalysaattorittomat autot (kymmenkertaisesti kilometriä kohden). Typpioksiduulin ja metaanin vaikutus kasvihuoneilmiöön lasketaan niiden CO₂-ekvivalenttiosuuksina. Typpioksiduulin CO₂ ekvivalenttikerroin on 310. Typpioksiduulin ekvivalenttinen osuus tieliikenteen kasvihuonekaasuista on noin 4 %, joten suurikaan kasvu ei aiheuta merkittävää vaikutusta tässä suhteessa.

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

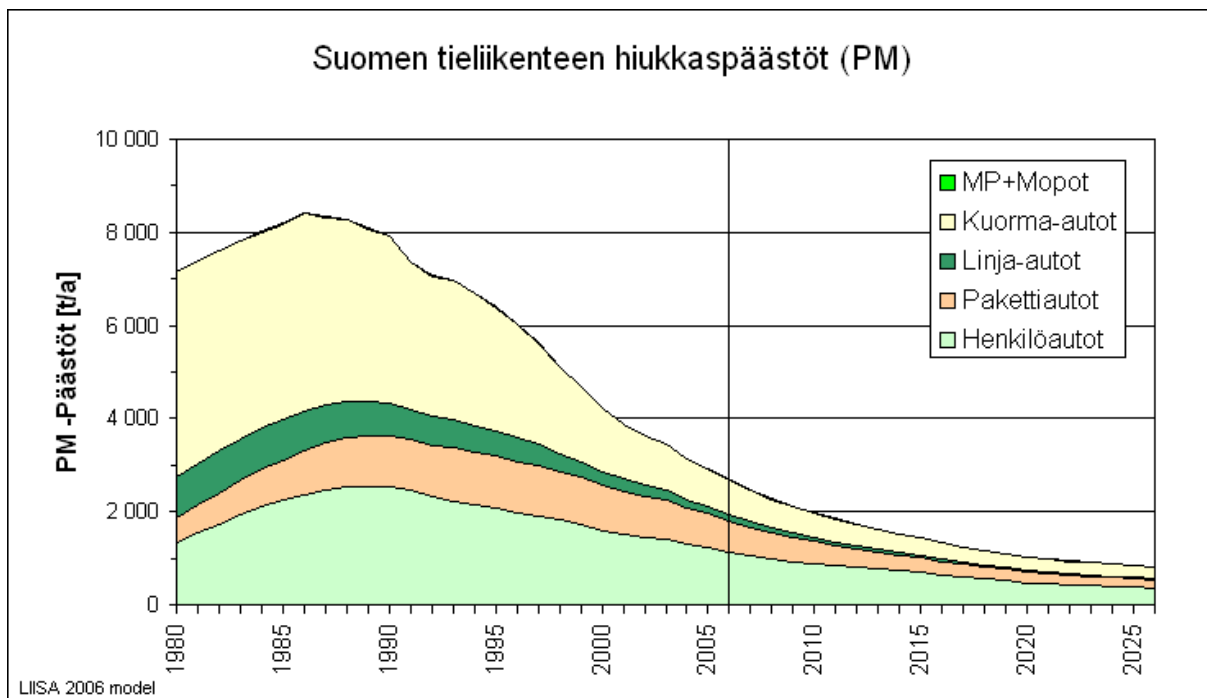
¹⁵ www.lipasto.fi/LIISA2006

Mäkelä K., Laurikko J., Kanner H. ”Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt - LIISA 2005 laskentajärjestelmä” Tutkimusraportti VTT-R 00108-07, Espoo 27.12.2006

Polttoainekemitys, mm. biodiesel ja etanolipohjaiset polttoaineet vaikuttavat vähentävästi fossiilisen hiilidioksidin (CO₂) päästöihin. Mahdolliset muutokset muiden päästökomponenttien (NO_x, PM) suhteissa jäävät tulevaisuudessa nähtäväksi.



Kuva 6. Tieliikenteen NO_x-päästöjen kehitysennuste (t/a) v. 2026. (Lähde VTT, LIISA 2006)



Kuva 7. Tieliikenteen hiukkaspäästöjen kehitysennuste (t/a)vuoteen 2026. (Lähde VTT, Liisa 2006)

5. Lämpökeskuksen päästöt

Vuorekseen on suunniteltu 45-50 MW:n vara/huippulämpökeskus, joka käyttää polttoaineenaan vähärikkistä raskasöljyä (<1 % S). Lämpökeskuksen lähtötietojen pohjana on ollut vastaava laitos Tampereella (Hakametsä 3). Lähtötiedot on saatu Tampereen Energialta (Taulukko 9).

PM₁₀-päästö laskettiin kertoimella kokonaispölypäästöstä (PM₁₀ 86% kokonaispölypäästöstä)¹⁶. Vastaavasti PM_{2,5} päästö arvioitiin maksimissaan yhtä suureksi kuin PM₁₀-päästö.

Taulukko 9. Lämpökeskuksen lähtötiedot / Tampereen Energia		
Vuoreksen lämpökeskus	vara- ja huippulämpökeskus	
Teho	45-50	MW
raskaspolttoöljy	<1% S	
raskasöljysäiliön tilavuus	800-1000	m ³
vuotuinen käyttöaika	500-1500	h
käyttökuukaudet	11,12,1,2,3	
savupiipun halkaisija	1.2	m
savupiipun korkeus	70	m
Savukaasun tilavuusvirta tositilassa	18.7	m ³ /s
Savukaasun lämpötila	160	C
PM päästö	40	mg/MJ
NO _x päästö	210	mg/MJ

6. Tulokset - Päästöjen leviäminen

Leviämismallinnuksessa aluejakaumakuvat osoittavat pitoisuuden, joka voi käyrän sisäpuolisilla alueilla ajoittain ylittyä. Huomioitavaa on, että aluejakaumakuvat eivät kuitenkaan esitä ajallisesti yhtenäistä tilannetta, vaan pitoisuuksien suurimmat arvot esiintyvät todennäköisesti eri laskentapisteissä eri ajankohtina vuoden aikana (mm. tuulen suunnasta ja sekoitusolosuhteista riippuen).

Lyhytaikaisten pitoisuuksien aluejakaumia tulkittaessa on huomattava, että suurimman osan ajasta tunti- ja vuorokausipitoisuudet ovat kaikissa laskentapisteissä esitettyjä korkeimpia vertailuarvoja pienempiä (worst case –mallinnus).

Leviämismallituloksista Vuoreksen alueelta on valittu kolme vertailupistettä, joiden pitoisuudet on taulukoitu kohdassa 7 (Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset), (Taulukot 10-12). Alueen pisteet ovat **Vuoreskeskus** (Vuoreksen puistokadun varsi), **Mäyränmäen ja Ruskontien risteys** sekä **Anniston puoli** Ruskon tien varressa n. 20 metriä tien reunasta. Pisteet on valittu siten, että ne kuvaavat ns. eniten epäpuhtauksille altistuvia kohteita ko. alueilla. Anniston vertailupisteen etäisyys tienreunasta on valittu vuorokausiliikenteen määrän

¹⁶ SYKE- PM10-päästökertoimet

ja YTV:n suositusetaisyyden mukaan (15500 ajoneuvoa/vrk - suojaetaisyyden suositus 22 m)¹⁷. Vertailupisteet on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Alueen vertailupisteet taulukkovertailussa (Vuoreskeskus, Mäyränmäen risteys, Anniston puoli Ruskon tien varressa).

6.1 Typpidioksidin aluejakaumakuvat

Liitteessä 2 on esitetty typpidioksidin (NO₂) ulkoilmapitoisuuksien aluejakaumakuvat v. 2030 liikennetiedoilla Vuoreksen alueella. Liikenteen typenoksidipäästöjen leviäminen laskettiin typpidioksidin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin.

6.2 Hiukkasten aluejakaumakuvat

Liitteessä 3 on esitetty suorista liikennepäästöistä aiheutuvat PM_{2.5} ulkoilmapitoisuudet aluejakaumakuvina v. 2030 liikennetiedoilla Vuoreksen alueella.

Liitteessä 4 on esitetty liikenteen suorista hiukkaspäästöistä ja arvioidusta autojen nostattamasta asfalttipölystä aiheutuvat PM₁₀ ulkoilmapitoisuudet aluejakaumakuvina v. 2030 liikennetiedoilla Vuoreksen alueella.

¹⁷ YTV 2000. Liikenteen jäljet.

Hengitettävien hiukkaspäästöjen (PM₁₀) leviäminen laskettiin PM₁₀:n ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. Ennakkovertailua tehtiin ajoneuvojen suorien hiukkaspäästöjen osalta pienhiukkasten (PM_{2.5}) WHO:n ohje-arvoihin sekä tulevaan EU:n raja-arvoon.

7. Tulosten arviointi ja johtopäätökset

7.1 Liikennepäästöt ja lämpökeskuksen päästöt

Liikennepäästöjen laskentaperusteet on esitetty kohdassa 4. Vuoreksen alueen liikennetiedot v. 2030 perustuvat TALLI2005 malliin. Raskaan liikenteen osuus on alueella pieni 1-2 % liikenteestä tiestä riippuen. Lisäksi liikenne painottuu päiväsaikaan, 07-22 välille (90 % liikenteestä). **Liitteessä 1.** on esitetty mallissa käytetyt tiekohtaiset typenoksidi- ja PM₁₀-hiukkaspäästöt (kg/m/v).

Ajoneuvojen päästökehitys on EURO-normien asteittaisen voimaantulon myötä laskeva. Koko Suomessa arvioidaan maantieliikenteen NO_x-päästöjen laskevan n. 1/3-osaan ja suorien hiukkaspäästöjen n. puoleen nykyisistä päästöistä vuoteen 2025 mennessä. Raskaan liikenteen hiukkaspäästöjen odotetaan pienenevän peräti 80 % tiukempien päästönormien mukaisten autojen yleistyessä liikenteessä. Tämä edellyttää, että ajoneuvopäästöt laskevat EURO5 ja todennäköisesti myös EURO6 tasoihin. Koko Suomen ennusteessa (ks. kuvat 6 ja 7) on huomioitu liikennesuoritteiden kasvu 1.23-kertaiseksi nykyisestä vuoteen 2025 mennessä.¹⁸

Uusien liikennepolttoaineiden kehitys ja ajoneuvokannan muutokset (esim. bens./diesel) tuo kuitenkin epävarmuutta tulevaan liikenteen päästökehitykseen. Biopohjaiset polttoaineet vähentävät *fossiilista* hiilidioksidipäästöä, mutta niiden vaikutusta muiden päästökemikaalien (mm. NO_x, hiukkaset, VOC jne.) määriin ja päästöjen ilmakeemiaan ei vielä täysin tunneta. Kuitenkin periaatteessa riippumatta polttoaineen laadusta ajoneuvojen tulisi saavuttaa säädetyt EURO-päästönormit.

Epäsuorien hiukkaspäästöjen, ns. asfaltti/katupölyn määrä ja kehitys riippuu tulevaisuudessa tienpintamateriaalien, renkaiden ja liukkaudentorjuntamenetelmien kehityksestä. Myös tutkimus tuo tulevaisuudessa lisää tietoa resuspension määrästä luokiteltuna eri ajoneuvotyyppisiin ja mm. vuodenaikavaihtelu huomioiden.

Lämpökeskuksen päästöt ovat ajoittaisia, koska keskus toimii vara/huippulämpökeskuksena. Arvioitu käyttötuntimäärä on 1500 tuntia vuodessa. Keskukselle on alustavasti esitetty 70 m korkea piippu (Tampereen Energia), minkä ansiosta päästöt leviävät laajemmalle alueelle samalla laimentuen. Lämpökeskuksen päästötiedot on esitetty raportin kohdassa 5.

7.2 Typpidioksidin (NO₂) pitoisuudet v. 2030

Taulukossa 10 on esitetty typpidioksidin ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset korkeimmat mallinnetut NO₂-pitoisuudet mallinnusalueen vertailupisteissä (=kuvaavat alueiden eniten

¹⁸ VTTLiisa2005-raportti.

altistuvia kohteita) (vrt. Liite 2 NO₂:n aluejakaumakuvat). Tuloksissa on huomioitu arvioitu taustapitoisuus (3 µg/m³).

Taulukko 10. Korkeimmat mallinnetut ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset NO₂-pitoisuudet v. 2030 vertailupisteissä (Liite 2). Taustapitoisuus huomioitu tuloksissa.			
Korkein NO₂-pitoisuusalue			
Vertailu NO₂ ohje- ja raja-arvoihin:	Vuoreksen puistotie	Mäyränmäen risteys	Anniston puoli Ruskontien varressa n. 20 m
Tuntiohjarvo (150 µg/m ³)	35 µg/m ³ (23 %)	55 µg/m ³ (37%)	35 µg/m ³ (23%)
Vuorokausiohjarvo (70 µg/m ³)	25 µg/m ³ (29-36%)	33 µg/m ³ (36-47%)	20 µg/m ³ (29%)
Tuntiraja-arvo (200 µg/m ³) (19.tunti, v. 2010)	40 µg/m ³ (20%)	50 µg/m ³ (25%)	40 µg/m ³ (20 %)
Vuosiraja-arvo (40 µg/m ³) (v. 2010)	7 µg/m ³ (18%)	10 µg/m ³ (25%)	6 µg/m ³ (15%)

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

* v. 2030 taustapitoisuus pidetty samana kuin v. 2006

- Vuoreskeskuksen, Mäyränmäen ja Anniston alueen typpidioksidipitoisuudet eivät ylitä nykyisiä ilmanlaadun typpidioksidin ohje- ja raja-arvoja vuoden 2030 liikenteen päästöillä suunniteltujen kerrostalojen kohdalla. (Ks. Taulukko 10 ja Liite 2).
- Korkeimmat NO₂-pitoisuudet sijoittuvat Ruskontielle ja sen välittömään läheisyyteen (<20 m tienreunasta). Korkeimmat pitoisuudet eivät kuitenkaan ylitä ohje- ja raja-arvoja.
- Vuoreskeskuksen Vuoreksen puistotien varteen on suunniteltu 5.-7.kerroksisia kerrostaloja, mikä tekee tiestä hieman kuilumaisen. Puistotien nopeusrajoitus on 40 km/h. Pitoisuudet eivät kuitenkaan puistotiellä ylitä ilmanlaadun typpidioksidin ohje- ja raja-arvoja arvioiduilla tulevaisuuden päästöillä. Läpiajoliikenne Lahdesjärveltä Ruskontielle tulee kuitenkin pyrkiä estämään heti alussa liikennejärjestelyin ja ohjaamaan liikenne muuta kautta kuin Vuoreskeskuksen läpi. Näin Vuoreskeskuksen liikenne rauhoitetaan vain alueen omaksi liikenteeksi eikä esim. raskaanliikenteen osuus ainakaan kasvaisi ennustetusta yhdestä prosentista.
- Ruskontien eteläpuolella Anniston alueella pitoisuudet ovat korkeimmillaan aivan Ruskontien reunassa. Pitoisuudet eivät kuitenkaan ylittäneet typpidioksidin ohje- ja raja-arvoja (Taulukko 10).
- Mäyränmäessä eniten altistuva kohde on Ruskontien ja Mäyränmäentien risteysalueella sijaitsevat rakennukset. Pitoisuudet eivät sielläkään ylittäneet NO₂:n ohje- ja raja-arvoja. (Taulukko 10.)
- Tulevaisuudessa v. 2030 ajoneuvojen EURO-normien voimaantulosta ja autokannan uusiutumisesta johtuen liikennepäästöistä aiheutuvat NO₂:n ulkoilmapitoisuudet ovat nykyisiä alhaisempia huolimatta liikennetiheyden kasvusta esim. Ruskontiellä.

- Kaukolämpölaitoksen NO_x-päästöjen vaikutus näkyy samanarvokäyrien muodossa (ks.Liite 2). Koska lämpökeskuksen piippu on arvioitu 70 metriä korkeaksi, päästöt leviävät pitemmälle jättäen lämpökeskuksen lähiympäristöön ns. puhtaamman alueen. Lämpökeskusrakennus ei aiheuta savukaasupainumaa, koska piippu on korkea. Mäkien päällä on havaittavissa tunti- ja vuorokausipitoisuuksien samanarvokäyrissä lämpökeskuksen päästöjen vaikutusta pitoisuuksiin.

7.3 PM_{2,5}-pitoisuudet v. 2030

Taulukossa 11 on esitetty korkeimmat mallinnetut PM_{2,5}-pitoisuudet mallinnusalueen vertailupisteissä (=kuvaavat alueiden eniten altistuvia kohteita) (vrt. Liite 3). Tulokset ovat verrattavissa pienhiukkasten EU:n raja-arvoehdotukseen ja WHO:n pienhiukkasten ilmanlaadun ohjearvoihin. Tuloksissa on arvioitu taustapitoisuus (8 µg/m³) mukana.

Tässä mallinnuksessa on mukana ajoneuvojen suorat hiukkaspäästöt, jotka on arvioitu PM_{2,5}-hiukkaskokoluokkaan sekä arviona lämpökeskuksen hiukkaspäästö yhtä suurena kuin PM₁₀ mallinnuksessa.

Taulukko 11. Korkeimmat mallinnetut PM_{2,5}-pitoisuudet v. 2030 vertailupisteissä (Liite 3). Taustapitoisuus huomioitu tuloksissa.			
Korkein PM_{2,5}-pitoisuusalue			
Vertailu PM_{2,5} ohje- ja raja-arvoihin:	Vuoreksen puistotie	Mäyränmäen risteys	Anniston puoli Ruskon tien varressa n. 20 m
WHO:n pienhiukkasten (PM _{2,5}) vuorokausiohjarvo 25 µg/m ³	10.5 µg/m ³ (42 %)	10.5 µg/m ³ (42%)	10 µg/m ³ (40%)
WHO:n pienhiukkasten (PM _{2,5}) vuosiohjarvo 10 µg/m ³	8.3 µg/m ³ (83%)	8.5 µg/m ³ (85%)	8.3 µg/m ³ (83%)
Tuleva EU:n pienhiukkasten vuosiraja-arvo 25 µg/m ³ (PM _{2,5})	8.3 µg/m ³ (33%)	8.5 µg/m ³ (34%)	8.3 µg/m ³ (33 %)

(suluissa korkein pitoisuus prosentteina ohje- tai raja-arvosta).
v. 2030 taustapitoisuus pidetty samana kuin v. 2006

- Vuoreskeskuksen, Mäyränmäen ja Anniston alueen pienhiukkasten PM_{2,5}-pitoisuudet eivät ylitä WHO:n PM_{2,5}:n ilmanlaadun ohjearvoja tai EU:n vuosiraja-arvoehdotusta v. 2030 päästöillä (vrt. Taulukko 11 ja Liite 3).
- Korkeimmat PM_{2,5}-vuorokausipitoisuudet sijoittuvat mallissa mäkialueille lämpökeskuksesta koilliseen ja luoteeseen sekä Ruskon tielle ja sen välittömään läheisyyteen. Korkeimmat pitoisuudet eivät kuitenkaan ylitä ohje- ja raja-arvoja. Huomioitava on, että lämpökeskuksen päästöt on mukana arviona (= sama hiukkaspäästö määrä kuin PM₁₀). Mäkialueilla korkeimmat mallinnetut

vuorokausipitoisuudet johtuvat arvioiduista lämpökeskuksen päästöistä ja taustapitoisuudesta. (Ks. Liite 3).

- Itse päästölähteistä aiheutuvat PM_{2,5}-pitoisuudet ympäristössä ovat erittäin alhaiset, sillä taustapitoisuus (v. 2006 Luukki 8 µg/m³) aiheuttaa suurimman osan ko. alueen pienhiukkaspitoisuudesta. Taustapitoisuus v. 2030 voi olla myös joku muu kuin nykyinen noin 8 µg/m³. Koska pienhiukkasista suurin osa tulee kaukokulkeumana, ei sen pitoisuuksia pystytä ennalta tarkemmin arvioimaan. Alueen pienhiukkaspitoisuuteen tulee vaikuttamaan jonkin verran myös ns. pienpoltto pientaloalueilla. Tähän on mahdollista vaikuttaa mm. rakentamismääräyksillä, esim. vähäpäästöiset tulisijat.
- Vuoteen 2030 mennessä ajoneuvojen suorat hiukkasten massapäästöt pienenevät nykyisestä. Toisaalta hiukkasten lukumääräpäästöä koskeva EU:n päästöstandardi on todennäköisesti tullut voimaan vuoteen 2030 mennessä (valmistelu EURO6 yhteydessä). Hiukkastutkimus voi muuttaa käsityksiä eri tyyppisten ja kokoisten hiukkasten terveysvaikutuksista ja siten vaikuttaa ilmanlaadun normistoon tulevaisuudessa.

6.4 PM₁₀-pitoisuudet v. 2030

Taulukossa 12 on esitetty korkeimmat mallinnetut PM₁₀-pitoisuudet mallinnusalueen vertailupisteissä (=kuvaavat alueiden eniten altistuvia kohteita) (vrt. Liite 4). Tulokset ovat verrannollisia ilmanlaadun PM₁₀-pitoisuuden ohje- ja raja-arvoihin. Tuloksissa on mukana arvioitu taustapitoisuus (12 µg/m³).

Tässä mallinnuksessa on mukana ajoneuvojen suorat hiukkaspäästöt ja arvioitu asfalttipöly, katupöly eli resuspensio (=autojen nostattama rengas- ja asfalttipöly). sekä arviona lämpökeskuksen PM₁₀-hiukkaspäästö (86% kokonaispölypäästöä).

Taulukko 12. Korkeimmat mallinnetut ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset PM₁₀-pitoisuudet v. 2030 vertailupisteissä (Liite 4). Taustapitoisuus huomioitu tuloksissa.

Korkein PM ₁₀ -pitoisuusalue			
<i>Vertailu PM₁₀ohje- ja raja-arvoihin:</i>	Vuoreksen puistotie	Mäyränmäen risteys	Anniston puoli Ruskon tien varressa n. 20 m
Vuorokausiohje-arvo (70 µg/m ³)	50 µg/m ³ (71%)	70 µg/m ³ (100%)	50 µg/m ³ (71%)
Vuorokausiraja-arvo (50 µg/m ³), (36.vrk)	30 µg/m ³ (60%)	40 µg/m ³ (80%)	30 µg/m ³ (60%)
Vuosiraja-arvo (40 µg/m ³)	20 µg/m ³ (50%)	25 µg/m ³ (25%)	20 µg/m ³ (50%)

(suluissa korkein pitoisuus prosentteina ohje- tai raja-arvosta)
v. 2030 taustapitoisuus pidetty samana kuin v. 2006

- Vuoreskeskuksen, Mäyränmäen ja Anniston alueen PM₁₀-pitoisuudet eivät ylitä PM₁₀:n ilmanlaadun raja-arvoja tai v. 2030 arvioiduilla päästöillä (vrt. Taulukko 12 ja Liite 4).
- PM₁₀-pitoisuuden vuorokausiohjearvo 70 µg/m³ voi ylittyä Ruskontiellä ja välittömästi sen reunassa ja mm. Mäyränmäentien risteysalueella.
- Suorista hiukkaspäästöistä ja asfalttipölystä yhteisesti tehty mallinnus on arvio tulevasta ulkoilman hiukkaspitoisuudesta. Hiukkaspitoisuuden arvioidaan kasvavan teiden läheisyydessä tulevaisuudessa liikennetiheyden kasvaessa. Osittain sama pöly liikehtii ilmapirtausten mukana.
- Koska liikenteen epäsuorien hiukkaspäästöjen eli asfaltti/katupölyn suhteellinen osuus ulkoilman hiukkaspitoisuuksista kasvaa tulevaisuudessa tienvarsien läheisyydessä, asettaa se haasteita mm. tienpintamateriaalien, rengasmateriaalien ja tien puhtaanapidon kehitykselle.
- Lämpökeskuksen hiukkaspäästöjen vaikutus peittyy liikenneperäisten hiukkasten vaikutusten alle, kun mallinnetaan ns. korkeimpia vuorokausipitoisuuksia. Lämpökeskuksen päästöt tulevat korkealta ja ehtivät laimentua ennen maanpintatasoa.
- Läpiajoliikenne Lahdesjärveltä Ruskontielle tulee pyrkiä estämään heti alussa liikennejärjestelyin ja ohjaamaan keskuksen ulkopuolinen liikenne muuta kautta kuin Vuoreskeskuksen läpi. Vuoreksen puistotien varteen on suunniteltu 5.-7.kerroksisia kerrostaloja, mikä tekee tiestä hieman kuilumaisen, jolloin hiukkaspitoisuudet voivat ajoittain nousta, vaikka liikennetiheys ei olisikaan suurempi kuin 7000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

6.5 Johtopäätökset ja suositukset

- Vuoden 2030 liikennetiedoilla mallinnetut ilmanlaadun NO₂:n, PM_{2.5} ja PM₁₀:n ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet eivät ylitä nykyisiä ohje- ja raja-arvopitoisuuksia Vuoreksen alueelle suunniteltujen asuintalojen kohdalla tai niiden pihalla.
- Mallinnuksen mukaan alueelle suunnitellut asuintalot voidaan ilmanlaadun puolesta sijoittaa suunnitelluille paikoilleen Vuoreskeskuksessa ja Mäyränmäessä.
- Koska Vuoreskeskuksessa Vuoreksen puistotie on hieman kuilumainen johtuen 5-7. kerroksisista kerrostaloista, tulee heti alussa suunnittelulla estää läpiajoliikenne Lahdesjärveltä Ruskontielle ja ohjata se selkeästi muille reiteille, jotta mm. raskaan liikenteen osuus ei alueella kasva. Tällä on vaikututusta erityisesti hiukkaspitoisuuteen Vuoreksen puistokadun varrella.
- Suositeltavaa on, että Vuoreskeskuksessa Vuoreksen puistotien varren kerrostalojen raitisilmanottoaukot sijoitetaan sisäpihan puolelle. Hiukkassuodatusta voidaan myös suositella rakentamishjeissa.
- Meluaitojen ympärille Ruskontien varressa on suositeltavaa istuttaa tiheää, ja monikerroksista kasvillisuutta (pensaikkoa, puita), mikä sitoo etenkin isompia katupölyhiukkasia. Epäpuhtauksien pidäytyminen suojavyöhykemetsikköön on kaikkein voimakkainta aivan tien vieressä suunnilleen 10-15 metrin matkalla.¹ Pienhiukkasiin (PM_{2.5}) ja kaasumaisiin epäpuhtauksiin kasvillisuusvyöhykkeen vaikutus on vähäinen.
- Tulevaisuudessa (v. 2030) liikenteen NO₂-päästöjen vähentyessä EURO-päästönormien vaikutuksesta ja autokannan uusituessa, on todennäköistä, että liikennetiheydestä aiheutuva asfalttipöly/katupöly on väylien varrella ilmanlaadun kannalta suurin epäpuhtaustekijä.
- Asfalttipölyn/katupölyn määrä riippuu tienpintamateriaalien, renkaiden ja liukkaudentorjuntamenetelmien kehityksestä. Toisaalta hiukkastutkimus tuo tulevaisuudessa lisätietoa hiukkasten ominaisuuksista ja terveysvaikutuksista millä voi olla vaikutusta myös ilmanlaadun normistoon (mm. nukleatiohiukkaset, musta hiili, hiukkasten koostumus, koko ja lukumäärä¹).
- Kaukokulkeuman osuus pienhiukkaspitoisuuksissa PM_{2.5} on suuri. Alueen pienhiukkaspitoisuuteen tulee vaikuttamaan jonkin verran myös ns. pienpoltto pientaloalueilla. Tähän voidaan vaikuttaa suosituksilla vähäpäästöisistä tulisijoista.
- Anniston puolella erityisesti Ruskontien tienvarsirakentamiseen tulee kiinnittää huomiota. Tulostaulukoissa verrattiin pitoisuuksia n. 20 etäisyydellä Ruskontiestä. Pitoisuudet eivät ylittäneet ohje- ja raja-arvoja, mutta tieliikenteen muut ympäristötekijät mm. melu ja yleinen viihtyvyys tulee ottaa rakentamisessa huomioon. YTV:n julkaisussa esitetty ilmanlaadun kannalta ohjeellinen tieväylien suojaetäisyysuusitus (15500 ajon./vrk - 22 metriä) on periaatteessa ilmanlaadun kannalta riittävä ko. kohteessa.
- Aluejakaumakuvia (Liitteet 2-4) luettaessa on huomioitava, että mallinnus on ns. worst case -mallinnus eli mallinnetut lyhytaikaiset tunti- ja vuorokausipitoisuudet ovat korkeimpia ohje- ja raja-arvopitoisuuksiin verrannollisia ulkoilmapitoisuuksia alueella vuoden aikana.

8. Mallin epävarmuuden arviointi

Tavallisesti leviämismallinnuksen epävarmuusarviointi 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 ennustetuilla tulevaisuuden päästötiedoilla ei vastaavaa vertailua voida tehdä.

Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta (VNA 711/2001, *asetuksen Liite 4*) on esitetty laatuvaatimukset 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. tieosuuksilla.

Yleisesti leviämismallinnuksen tuloksen epävarmuus riippuu seuraavista osatekijöistä:

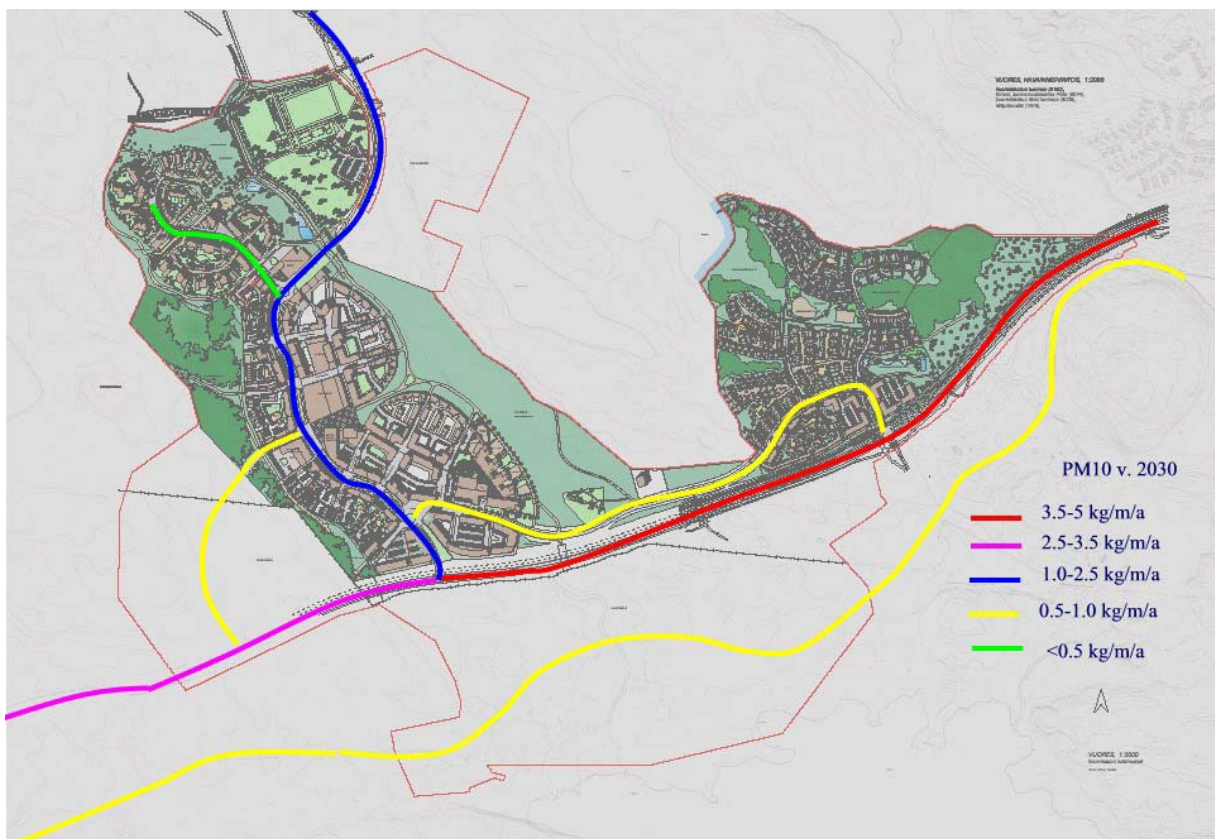
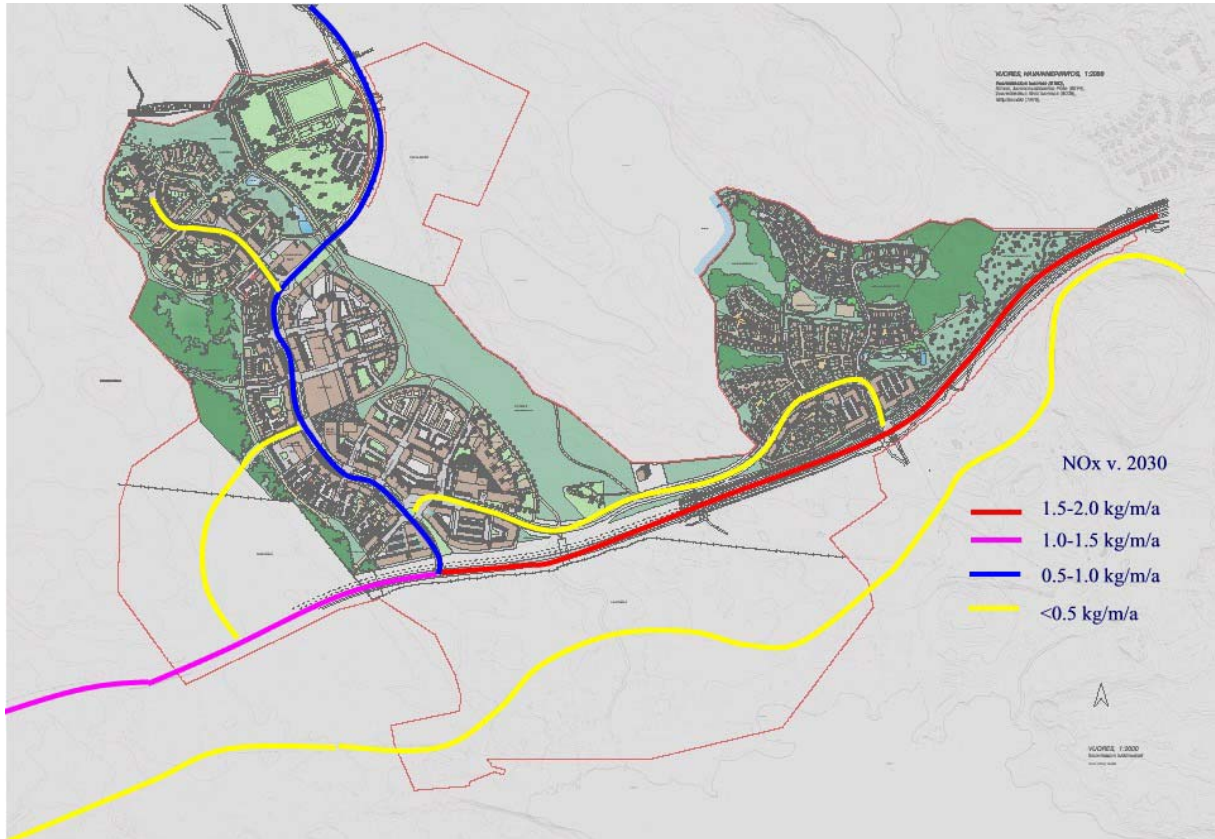
- päästötietojen mittausepävarmuus (10 – 30 %)
- tuulen suunnan mittausepävarmuus (10 %)
- aineiston ajallinen edustavuus (10 –30 %)

Leviämismallinnuksessa lopullisen tuloksen luotettavuus yksittäisessä pisteessä on 10 – 40 % kunkin yksittäisen tuntipitoisuuden osalta ja edustavuus paranee pitempiä aikavälejä laskettaessa¹⁹.

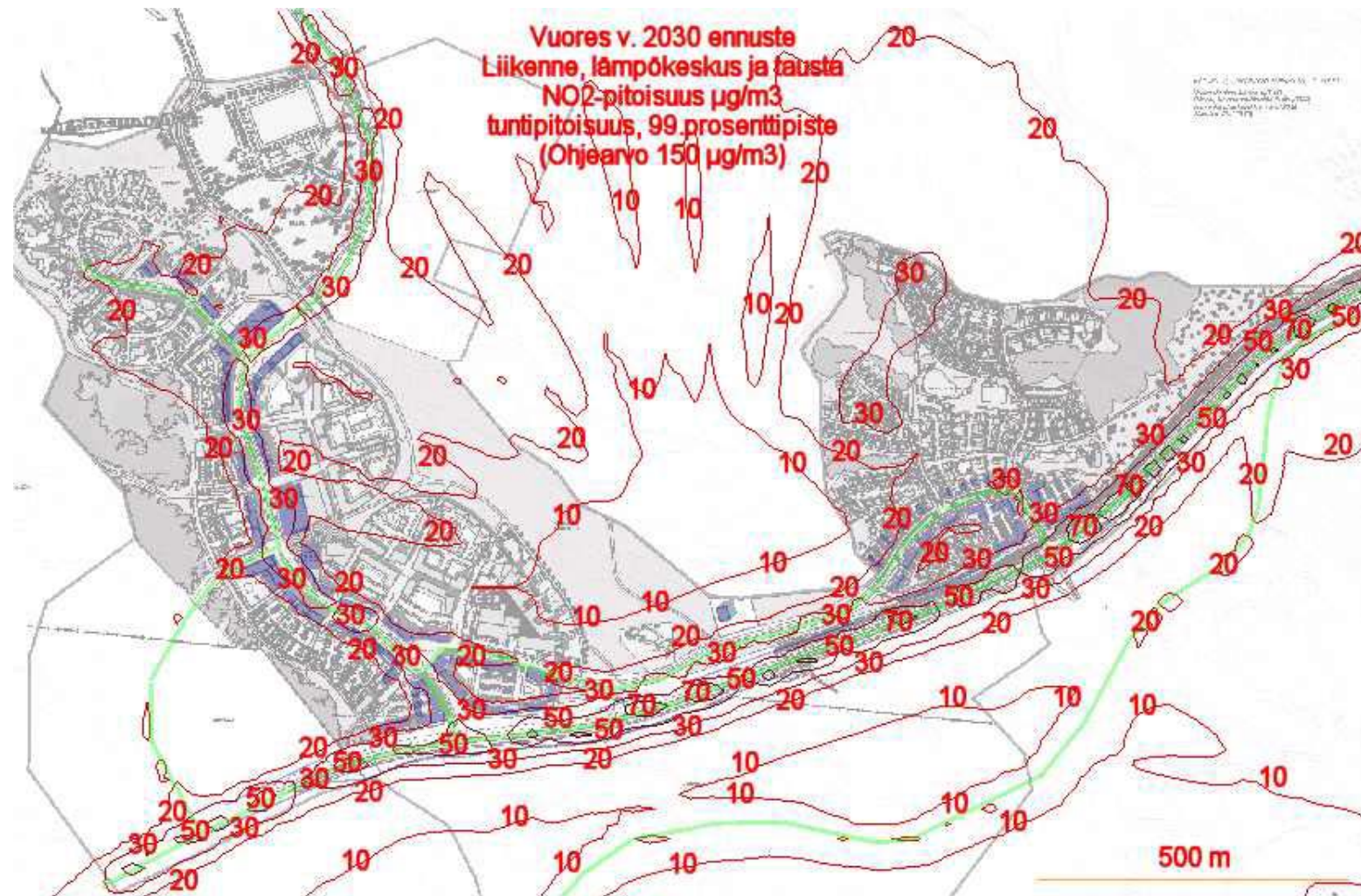
Tulevaisuuden ennustemalleissa myös alueellisen taustan arviointi perustuu ennusteeseen. Taustapitoisuudet on tässä arvioitu nykyisten ilmanlaadun mittaustietojen pohjalta.

¹⁹ Viite: U.S.Environmental Protection Agency Pt. 51, App. W
APPENDIX W TO PART 51—GUIDELINE ON
AIR QUALITY MODELS, 2001 (www.epa.gov)

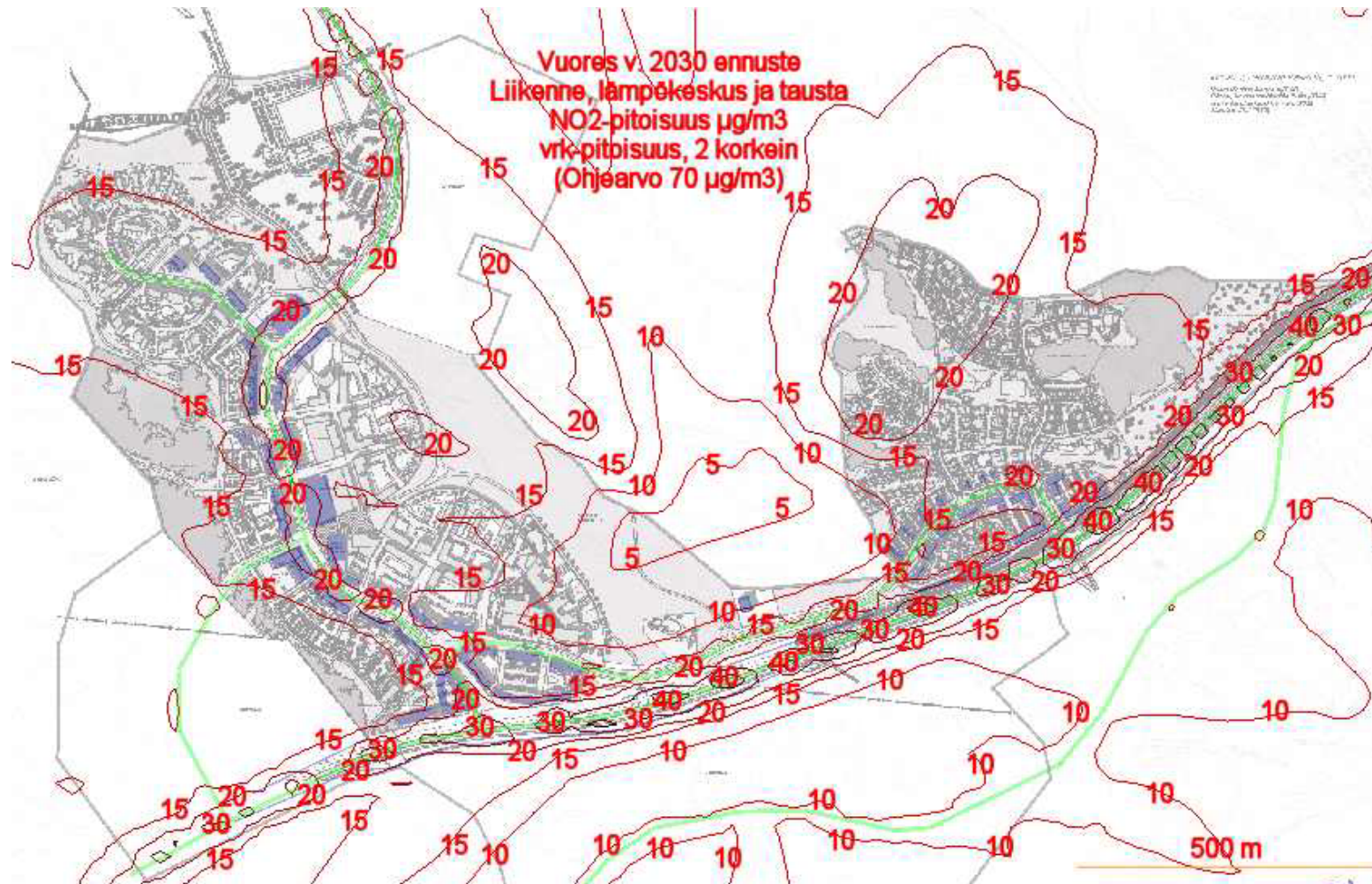
LIITE 1. Arvioidut tiepäästöt vuonna 2030



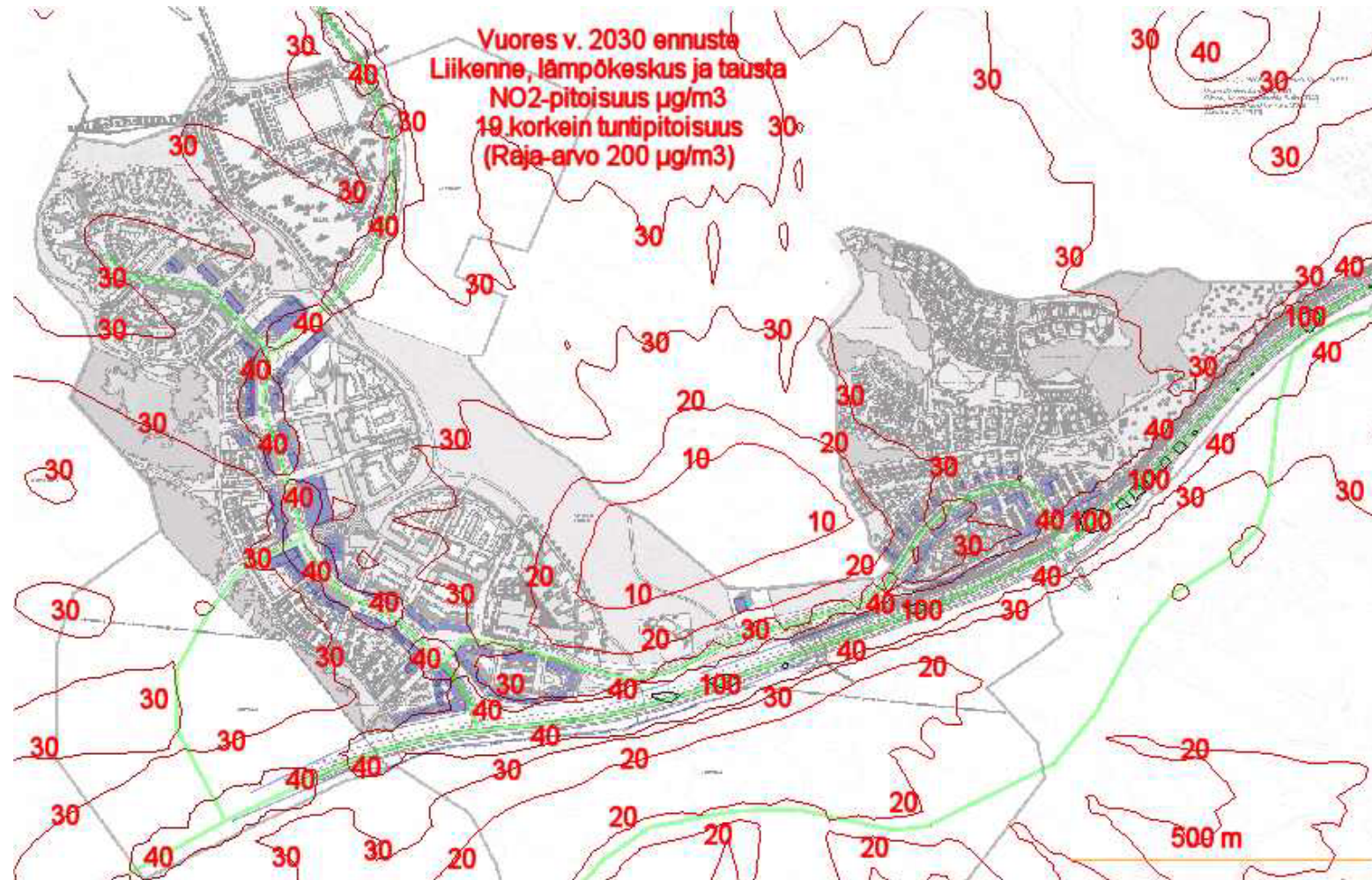
LIITE 2. Typpidioksidin leviäminen v. 2030 – Vuores



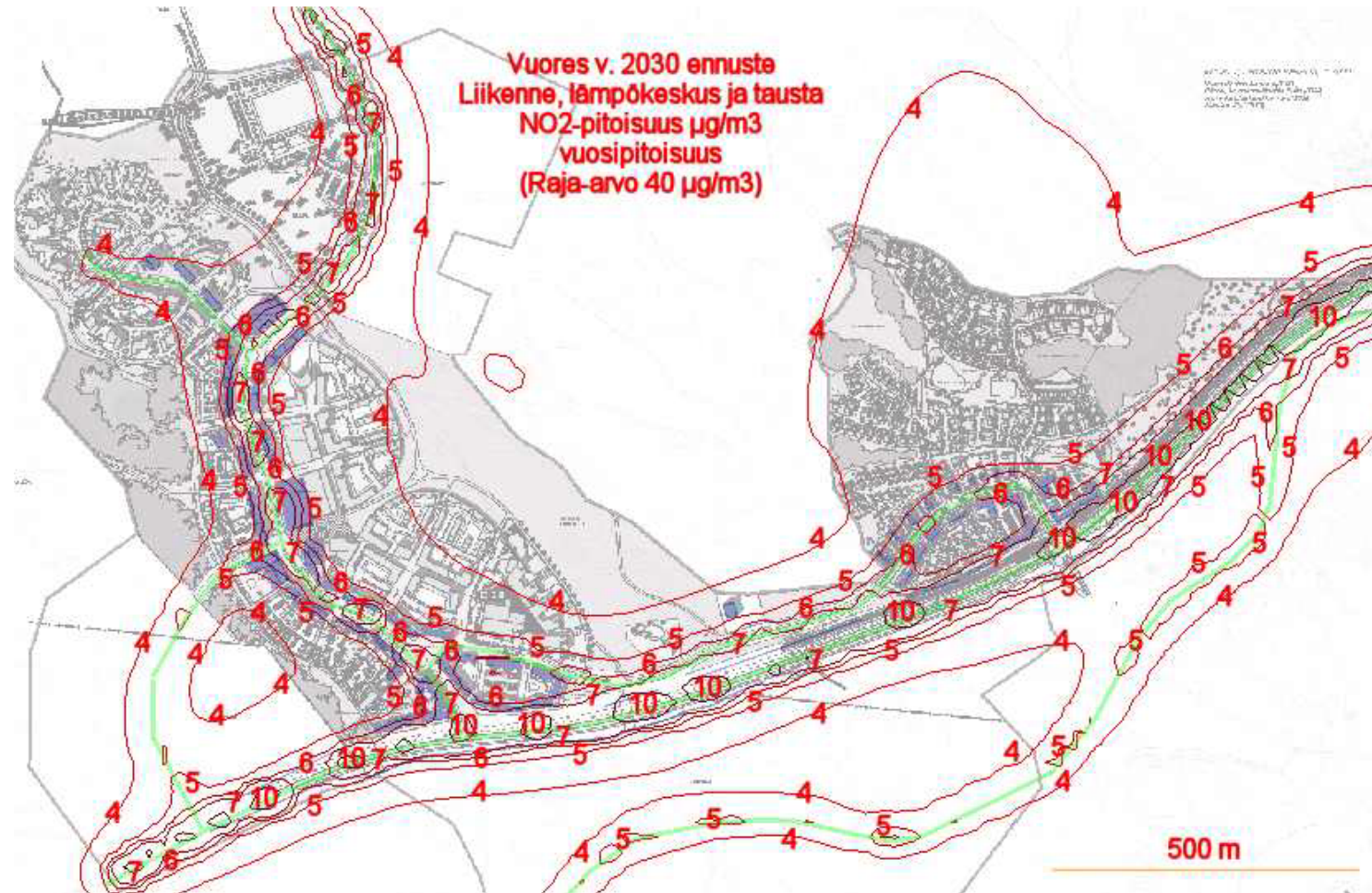
Kuva 1/Liite 2. Ilmanlaadun NO₂:n tuntiohjearvoon (150 µg/m³, 99. prosenttipiste) verrannolliset typpidioksidi-pitoisuudet (**Tulevaisuus 2030+ v. 2006 tausta**).



Kuva 2/Liite 2. Ilmanlaadun NO₂:n vuorokausiohjearvoon (70 µg/m³, 2. korkein vrk) verrannolliset typpidioksidipitoisuudet (**Tulevaisuus 2030 + v. 2006 tausta**).

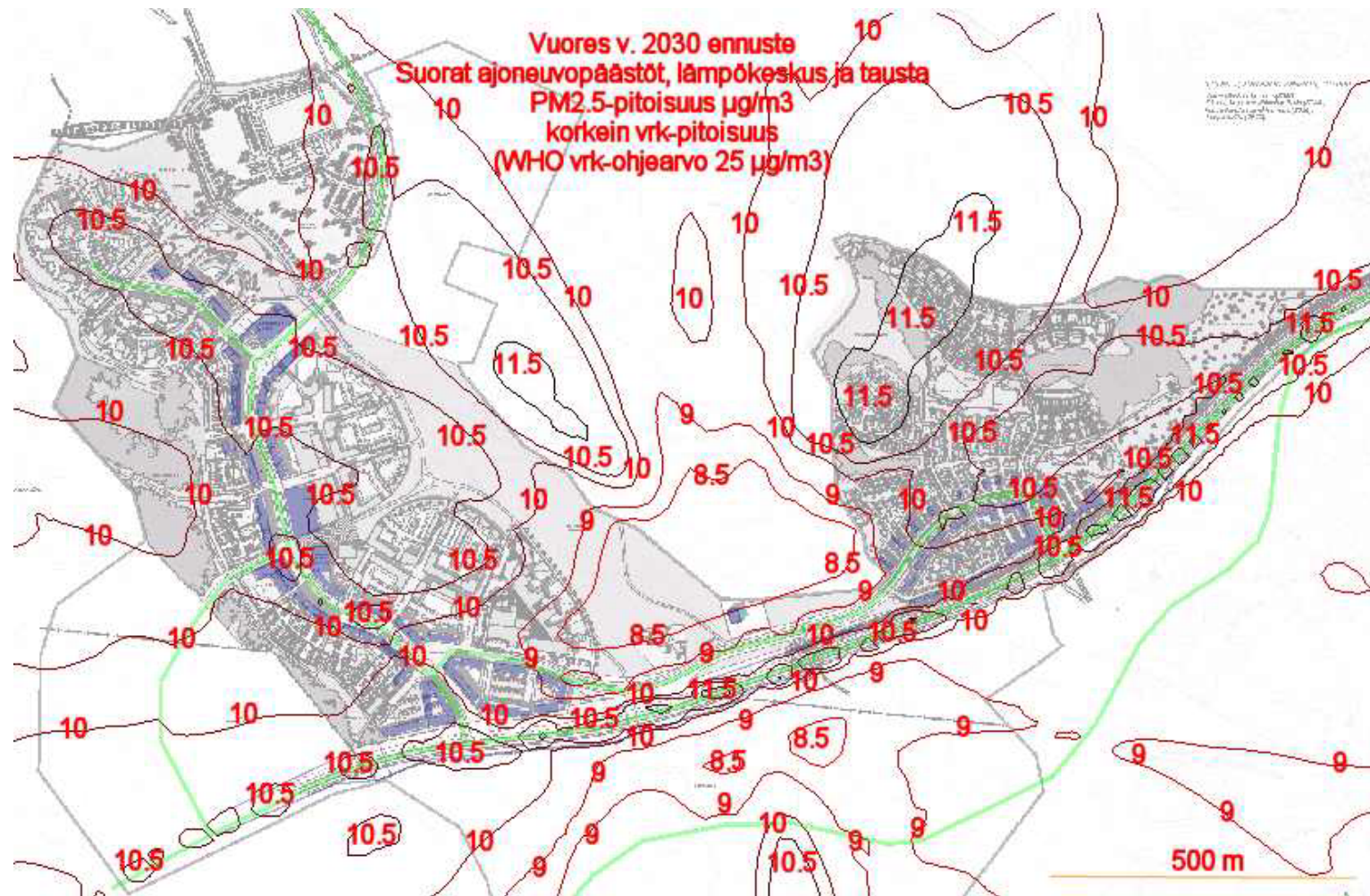


Kuva 3/Liite 2. Ilmanlaadun uuteen NO₂:n tuntiraja-arvoon (200 µg/m³, vuoden 19. korkein tunti, alitettava v. 2010) verrannolliset typpiidioksidipitoisuudet (Tulevaisuus 2030+ v. 2006 tausta).

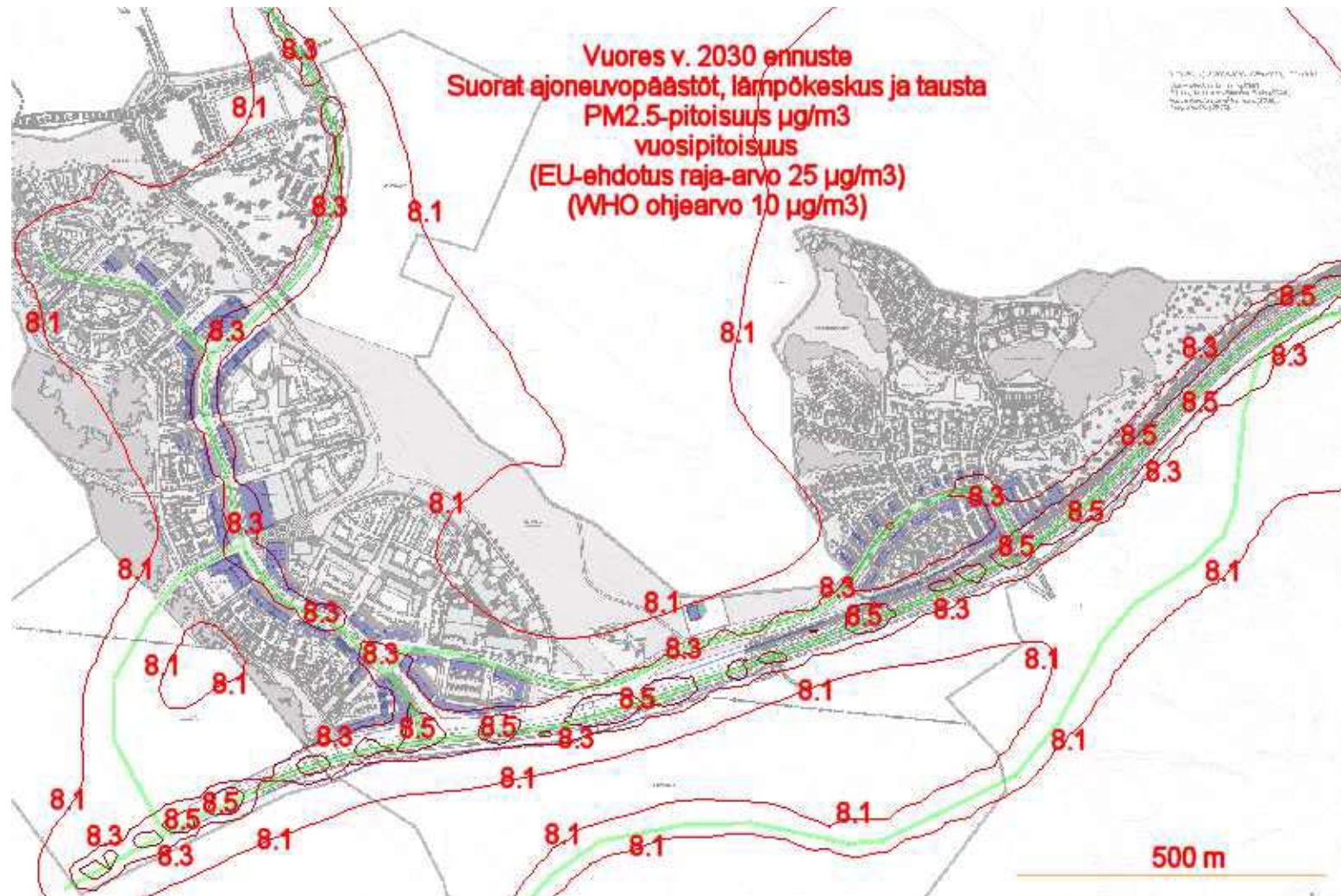


Kuva 4/Liite 2. Ilmanlaadun NO₂:n vuosiraja-arvoon (40 µg/m³, alitettava v. 2010) verrannolliset typpidioksidin vuosipitoisuudet (**Tulevaisuus 2030+ v. 2006 tausta**).

LIITE 3. PM_{2.5} hiukkaspäästöjen leviäminen v. 2030 – Vuores

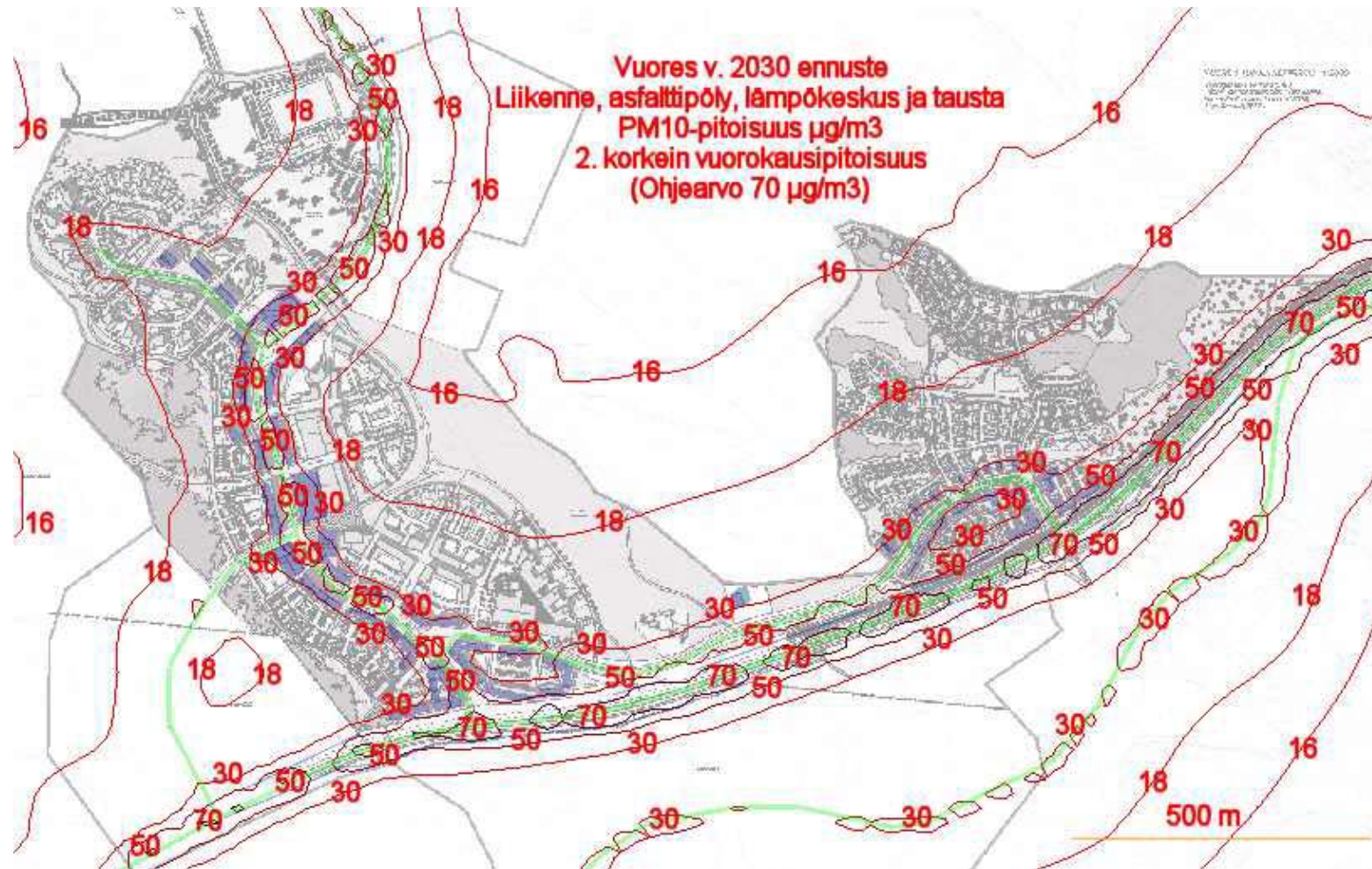


Kuva 5/Liite 3. WHO:n ilmanlaadun PM_{2.5} vuorokauden ohjearvoon (25 µg/m³) verrannolliset PM_{2.5}-pitoisuudet (Tulevaisuus 2030+v. 2006 tausta, suorat hiukkaspäästöt).

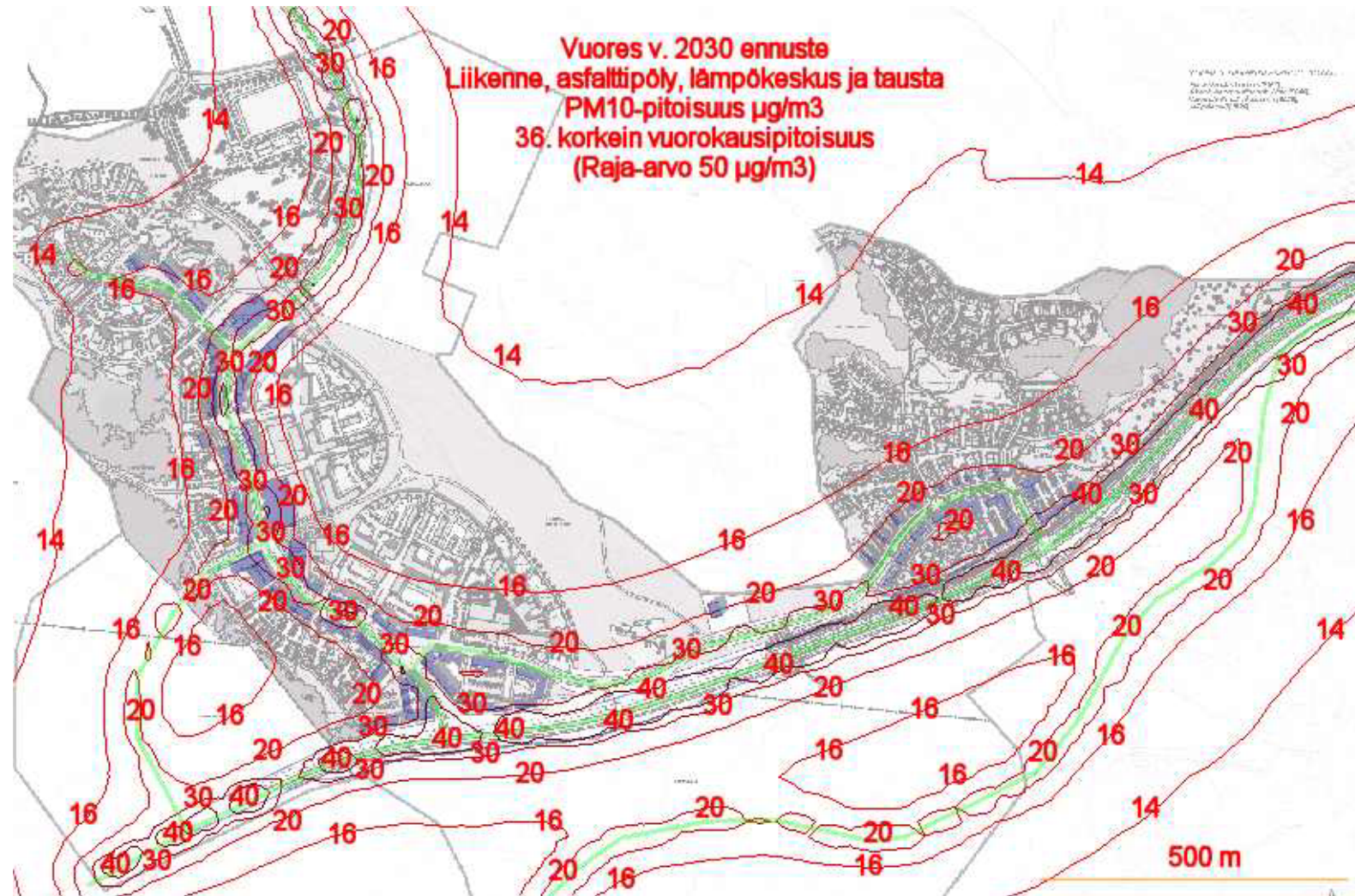


Kuva 6/Liite 3. PM2.5-vuosipitoisuudet – verrannolliset EU:n ehdotukseen ilmanlaadun PM2.5 vuosisaira-arvosta (25 µg/m³) ja WHO:n vuosiohjearvoon (10 µg/m³) (Tulevaisuus 2030+v. 2006 tausta, suorat hiukkaspäästöt).

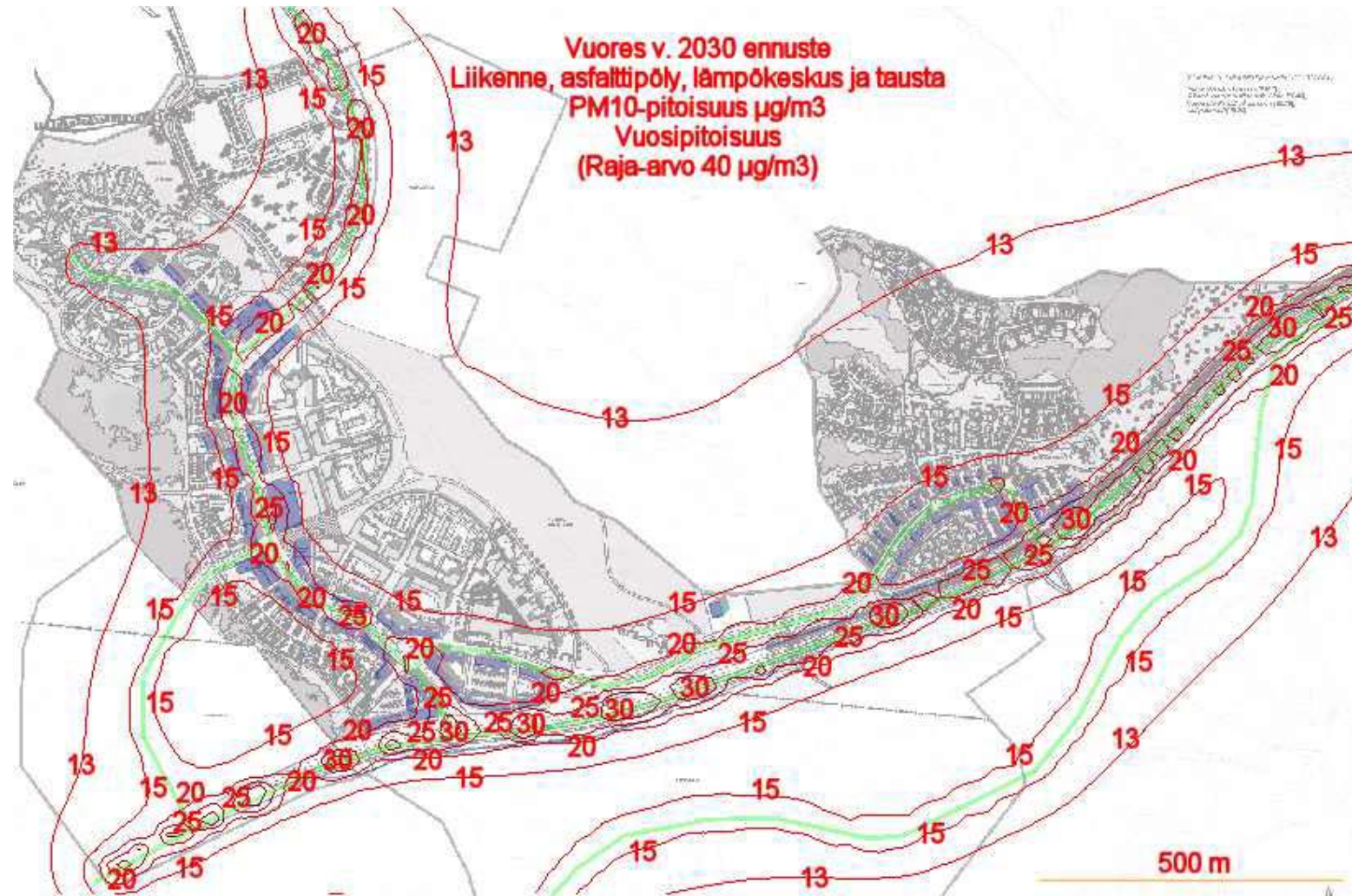
LIITE 4. PM₁₀ hiukkaspäästöjen leviäminen v. 2030 – Vuores.



Kuva 7/Liite 4. Ilmanlaadun PM₁₀ vuorokauden ohjearvoon (70 µg/m³, 2. korkein vrk) verrannolliset PM₁₀-pitoisuudet (Tulevaisuus 2030+v. 2003 tausta, suorat hiukkaspäästöt ja arvioitu asfalttipöly yhteensä).



Kuva 8/Liite 4. Ilmanlaadun PM10 vuorokauden raja-arvoon ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 36.korkein vrk) verrannolliset PM10-pitoisuudet (Tulevaisuus 2030+ v. 2003 tausta, suorat hiukkaspäästöt ja arvioitu asfalttipöly yhteensä).



Kuva 9/Liite 4. Ilmanlaadun PM10 vuosiraja-arvoon ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset PM10-pitoisuudet (Tulevaisuus 2030+v. 2003 tausta, suorat hiukkaspäästöt ja arvioitu asfalttipöly yhteensä).